

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

**НАУЧНЫЕ РАБОТЫ
УЧАСТНИКОВ КОНКУРСА
«МОЛОДЫЕ УЧЕНЫЕ НИУ ИТМО»
2013 ГОДА**



Санкт-Петербург

2014

Научные работы участников конкурса «Молодые ученые НИУ ИТМО» 2013 года. – СПб: Университет ИТМО, 2014. – 264 с.

Издание содержит результаты научных работ молодых ученых, которые приняли участие в конкурсе «Молодые ученые НИУ ИТМО» в 2013 году.

Конкурс проводится в рамках реализации программы развития Университета ИТМО, а также в рамках программы повышения его конкурентоспособности среди ведущих международных научных и образовательных центров.

ISBN 978-5-7577-0466-1



© Университет ИТМО, 2014

© Авторы, 2014

ВНУТРЕННЕЕ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВО КАК ФОРМА СУЩЕСТВОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ В КОНКУРЕНТНОЙ СРЕДЕ

Е.И. Алексашкина

Научный руководитель – д.э.н., профессор В.Л. Василёнок

В работе рассматриваются концепции конкурентоспособности экономики страны. Акцентируется внимание на повышении конкурентоспособности экономики страны, в общем, с точки зрения деятельности международных компаний, и, в частности, с точки зрения внутреннего предпринимательства.

Конкурентоспособность экономики страны стала одним из центральных предметов озабоченности правительства и отрасли в каждом государстве. Но, несмотря на все дискуссии на эту тему, до сих пор не существует внятной теории, объясняющей суть национальной конкурентоспособности.

Некоторые исследователи рассматривают конкурентоспособность страны как явление макроэкономики. Она проявляется в самом общем виде, в способности страны как геополитического субъекта к самостоятельному политическому развитию и успешному отстаиванию национальных интересов в противостоянии с другими странами. Конкурентоспособность страны зависит от таких факторов, как степень ее внешней политической независимости и безопасности, внутренняя политическая и социальная стабильность, региональная согласованность в политической и экономической сферах, соотношение между объемными и удельными показателями в экономике и социальной сфере данной страны и показателями в других странах, уровень жизни населения и его дифференциация по социальным группам [1].

Другие высказывают соображение, что конкурентоспособность – результат избытка дешевой рабочей силы. Однако Германия, Швейцария и Швеция достигли процветания даже при высоких зарплатах и нехватке рабочей силы [2].

Еще один взгляд на данный вопрос связывает конкурентоспособность с наличием богатых природных ресурсов. Но успехи, достигнутые Германией, Японией, Швейцарией, Италией и Южной Кореей – странами с ограниченными природными ресурсами – говорят нам об обратном. Обилие базовых факторов производства в стране – природные и трудовые ресурсы – может стать ловушкой. Дешевые сырье и энергоносители, как правило, побуждают к нерациональному их использованию. Когда производители сталкиваются с нехваткой сырья, рабочей силы или земли, выходом из положения для них становятся инновации. Прогрессивные ресурсо- и энергосберегающие технологии позволяют превратить неблагоприятные факторы в конкурентные преимущества [1].

Майкл Э. Портер считает, что единственная разумная концепция конкурентоспособности на национальном уровне – это производительность. Основная цель любого государства состоит в достижении высокого и постоянно растущего уровня жизни своих граждан. Способность реализовывать эту цель зависит от производительности, которую, в свою очередь, обеспечивают задействованные трудовые ресурсы и капитал страны. Производительность – это объем продукции, производимый единицей затраченного труда или капитала, зависящий от качества и свойств продукции (определяющих цену, которую можно на нее установить), а также от эффективности производства. Производительность, обеспечиваемая людскими ресурсами, обуславливает уровень заработной платы; а эффективность использования капитала определяет доход, получаемый его владельцами. Таким образом, данный показатель является главным в определении долгосрочного уровня жизни в стране, от которого зависит доход на душу населения.

Уровень жизни в конкретной стране зависит от способности национальных

компаний достичь высокого уровня производительности и продолжить это повышение. Неуклонный рост производительности требует постоянного развития экономики. Национальные компании должны постоянно совершенствовать производство в существующих отраслях посредством повышения качества продукции, придания ей желательных потребительских свойств, совершенствования технологии изготовления продукции, повышения эффективности производства. Они должны развивать необходимые качества для конкуренции во все более усложняющихся промышленных сегментах, в которых производительность обычно бывает высокой. И, наконец, они должны развивать способность к конкуренции в принципиально новых сложных отраслях [2].

Повсюду в мире компании, добившиеся лидерства в международных масштабах, используют стратегии, которые отличаются друг от друга во всех отношениях. Однако в то время как каждая успешная компания применяет свою собственную стратегию, глубинные принципы деятельности, характер и эволюция всех успешных компаний оказываются в своей основе одинаковыми.

Компании добиваются конкурентных преимуществ посредством инноваций. Они подходят к пониманию нововведений в самом широком смысле, используя как новые технологии, так и новые методы работы. Они осваивают новые принципы конкуренции или находят лучшие средства конкурентной борьбы при использовании старых способов. Инновации могут быть заявлены в новом дизайне продукта, в новом процессе производства, в новом подходе к маркетингу или в новой методике повышения квалификации работников [2]. Также к инновации можно отнести и такое явление как внутреннее предпринимательство или интрапренерство.

Необходимо обратить внимание на то, что внутреннее предпринимательство следует рассматривать как внутренний переменный ситуационный фактор, который задается руководителем организации, исходя из анализа внешней среды, и используется для достижения организацией конкурентных преимуществ.

Термин «интрапренерство» введен в научный оборот Г. Пиншо в 1988 г. и под ним «понимается развитие духа предпринимательства и его осуществление внутри существующей организации или так называемое внутреннее предпринимательство» [3]. Интрапренерство подразумевает использование творческого потенциала работников, следовательно, ключевой фигурой является интрапренер. Интрапренер – это наемный работник, который проявляет инициативу, отличается особым духом предпринимательства, генерирует новые идеи, организует бизнес таким образом, чтобы предприятие получало прибыль. Следует отметить, что интрапренеру присущи микрополитические способности при воплощении своей предпринимательской деятельности в рамках сложившегося, действующего предприятия. Таким образом, это «человек экономический», имеющий статус, образование, обладающий здоровыми амбициями для реализации своих идей, избегая и разрешая внутрифирменные конфликты.

Возникновение интрапренерства (рис. 1), во-первых, обусловлено объективными тенденциями социально-экономического развития общества, когда доминирующими для многих становятся социальные аспекты мотивации деятельности человека, когда люди стремятся к самостоятельности, самовыражению. Они хотят реализовать эти потребности, получить больше самостоятельности в своей организации в рамках ее организационной структуры. Недооценка этих желаний может привести к снижению интереса к выполняемой работе и уходу из организации наиболее способных и перспективных работников в поисках возможности для самореализации и творчества.

Во-вторых, причиной интереса к интрапренерству стала тенденция необходимости внедрения новых технологий с целью увеличения конкурентных преимуществ [4].

Предпринимательские структуры, которые приветствуют развитие внутреннего предпринимательства, относят его к альтернативному варианту карьерного роста. Предприниматель как экономический субъект, склонный к инновационной деятельности использует эффект рычага, т.е. пользуется всеми ресурсами своей организации. В этом случае инновационный подход подразумевает применение нечего нового, ранее неизвестного. Таким образом, предпринимателем может быть смелый или предприимчивый человек, самостоятельно принимающий ответственные решения в ситуации выбора и уверенный в их положительном исходе, своих действий.



Рис. 1. Потребности, формирующие предпосылки для возникновения интрапренерства

В научных исследованиях выявлено, что внутреннее предпринимательство – это предпринимательство адекватное современному крупному бизнесу (либо государственной корпорации), и для него характерны все компоненты феномена предпринимательства в целом, такие как:

1. личностный компонент – как способность к инновационной рискованной деятельности;
2. экономический компонент – как повышение эффективности;
3. организационно-управленческий компонент – как инновационный стиль менеджмента.

Эти три компонента находятся в неразрывном единстве (рис. 2). Личностные или социально-личностные характеристики представляют собой некую философию предпринимательства, т.е. практическую философию, реализация которой приобретает конкретные организационно-управленческие и экономические формы. Деятельность предпринимателя должна основываться на стартовой базе, эффективность которой повышается за счет налаженной системы, имеющей свои традиции, постоянных клиентов и т.п.

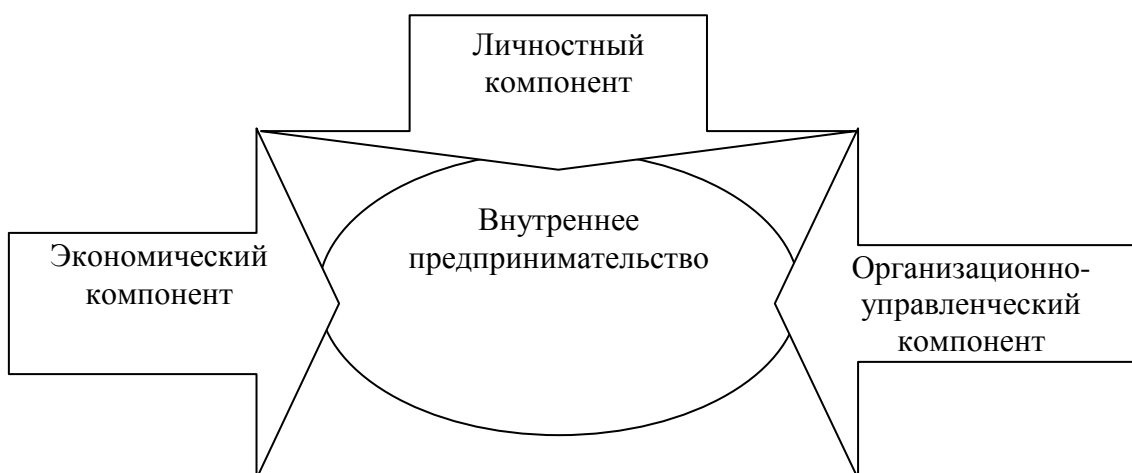


Рис. 2. Единство основных компонентов внутреннего предпринимательства

В условиях жесткой конкуренции рынок нуждается в талантливых, инициативных предпринимателях, которые, соответственно, создают новую добавленную стоимость, например, медийные компании, предприятия из сферы высоких и информационных технологий. Формирование конкурентоспособных предпринимательских структур повышает требования к воспитанию современного менеджера, предпринимателя, к основным функциям которого относят следующие: поиск инновационных подходов к выбору формы внутреннего предпринимательства и ресурсной базы; разработка концептуально новых идей ведения бизнеса или переработка уже существующих форматов в соответствии с требованиями рынка; внедрение новых подходов к организации и развитию предпринимательских структур.

Организация внутреннего предпринимательства проходит в два этапа:

1. составление концептуального базиса новой предпринимательской структуры;
2. реализации теоретических разработок в практической деятельности компании.

На втором этапе фиксируются результаты деятельности компании, эффективность внедренных подходов и идей. Здесь учитываются как количественные показатели (размер чистой прибыли предприятия, его рентабельности и т.д.), так и качественные (оценка правильности организации системы управления предпринимательской структурой). Данный этап выявляет очевидные ошибки и несоответствия предпринимательской структуры заданным рыночным условиям. Подбор идеальной организации предпринимательской деятельности с первой попытки, при первом выходе на рынок не представляется возможным. В связи с этим этап реализации идей почти всегда требует корректировки предпринимательской деятельности – т.е. возвращает нас на первый этап предпринимательства – к поиску ресурсов и идей по модернизации деятельности компании.

Но все перечисленные подходы хороши для предприимчивых, инициативных предпринимательских структур. В хозяйствующих субъектах, обладающих консервативным характером, например, банки, процесс развития внутреннего предпринимательства замедляется в силу специфики организации.

В экономической литературе (П. Друкер, Т. Парсонс, Т. Веблен, Е.Г. Чернова) стиль управления предпринимателя связан с личностью человека-предпринимателя, который осуществляет бизнес как новое дело, реализуя важные для него нововведения, используя венчурный капитал, т.е. создает предпринимательскую структуру, эффективность и гибкость которой достигается путем непосредственности руководства и координации, осуществляемой самим менеджером-предпринимателем. Он мобилизует коллектив на реализацию инновационных идей, сам оценивает любую инициативу подчиненных с точки зрения воплощения собственного замысла.

Предпринимательский стиль управления предполагает внедрение инноваций в

сам процесс управления, т.е. социальные процессы, например, в осуществление маркетинга, в управление персоналом и пр. Внедрение социальных инноваций является внутренним фактором улучшения деятельности предприятия, который, в конечном счете, послужит повышению конкурентоспособности предприятия на рынке в целом. Такие инновации являются внутренним фактором потому, что достигнутый положительный результат не существует сам по себе, он неразрывно вписан в контекст данного предприятия, его трудно продать и получить предпринимательскую прибыль именно за данное нововведение. Когда такая инновация будет осмыслена, выведена на уровень технологии, методических рекомендаций по внедрению, и может быть тиражирована, она уже будет не инновацией, а «массовым производством». Кроме того, успех социальных инноваций всегда связан с их уникальностью или, по крайней мере, ограниченностью в применении. Однажды найденные эффективные варианты управления не всегда возможно удачно повторить. Успешный результат социальной инновации часто связан с «тонкой настройкой» управления к внешней или внутренней среде. Причина успеха кроется часто в индивидуальных способностях менеджера-предпринимателя, а не в технологии самой по себе. В такой ситуации следует «перекупать» не социальные технологии, а менеджера, обладающего особым социально-психологическим чутьем, как например, «покупают» тренеров футбольных команд.

Кроме стиля управления в организационно-управленческий компонент внутреннего предпринимательства входят следующие характеристики:

1. собственность и законоуложение по формам и субъектам предпринимательства. Например, «закон о предпринимательской деятельности», «закон о приватизации», «закон об акционерных обществах»;
2. организационно-правовые отношения предпринимательских фирм с государством, такие как порядок регистрации, юридическая ответственность, лицензирование, антимонопольные действия;
3. комплексы организационных процедур создания, расширения, ликвидации предпринимательских фирм, например: слияние предприятий, выкуп, ликвидация, банкротство и др.;
4. не регламентируемые организационные аспекты предпринимательской деятельности во внешней среде фирмы, таких как хозяйственные связи, конкурентное поведение, создание новых финансово-коммерческих структур;
5. внутрифирменная организация предпринимательской деятельности, например, создание производственных структур, менеджмент, организационные технологии и т.п.

Высший менеджмент компаний с мировым именем ставит вопрос о собственной культуре управления. Управляющие и владельцы, а не только гуманистически ориентированные отделы организации и развития кадров, занимаются вопросом о реальных ценностях, которые принесли успех предприятию. Проведенные исследования показали ярко выраженную прямую зависимость эффективности работы предприятия от степени развитости в его менеджменте культуры управления [1].

Таким образом, можно сделать вывод, что конкурентоспособность страны зависит от компаний, которые ведут свою деятельность на международном уровне. Эти предприятия добиваются конкурентных преимуществ на мировом рынке посредством инноваций. Они подходят к пониманию нововведений в самом широком смысле, используя как новые технологии и новые методы работы, так и интрапренерство, которое обеспечивает интересы предприятия и интерес интрапренера, выдвинувшего и реализовавшего предпринимательскую идею.

Литература

1. Горев В.П. Уровни формирования конкурентного преимущества национальных экономик // Известия ИГЭА. – 2006. – № 1 (46). – С. 4–10.
2. Портер М.Э. Конкуренция: Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2005. – 608 с.
3. Томилов В.В., Крупанин А.А., Хакунов Т.Д. Маркетинг и интрапренерство в системе предпринимательства. – СПб: СПбГУЭФ, 1998. – 130 с.
4. Асаул А.Н., Войнаренко М.П., Ерофеев П.Ю. Организация предпринимательской деятельности. Учебник / Под ред. д.э.н., проф. А.Н. Асаула. – СПб: Гуманистика, 2004. – 448 с.
5. Алексашкина Е.И. Характеристика внутреннего предпринимательства в единстве его основных компонентов // Экономика, социология и право в современном мире: проблемы и поиски решений. 17-я Международная научно-практическая конференция, часть 1, г. Пятигорск, 7–8 июня 2013 г. – Пятигорск: Изд-во МАФТ, 2013. – С. 16–21.

УДК 622.7, 621.383.8, 528.854.4, 004.932.2

ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ МИНЕРАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

А.А. Алёхин

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

В данной работе рассмотрены особенности построения оптико-электронной системы для экспресс-анализа минерального сырья, позволяющей проверить руду на предмет полезности, провести технологическую оценку обогатимости руды. Приведены результаты экспериментальных исследований системы регистрации подобной системы и предложена методика оценки степени обогатимости руд твердых полезных ископаемых при использовании подобного комплекса.

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

Введение. Постановка задачи

Оптический метод обогащения руд твердых полезных ископаемых (в зарубежной практике известен как «color sorting») в данный момент является наиболее развивающимся среди радиометрических методов и успешно используется в горнодобывающей промышленности при добыче золота [1], алмазов [2], никеля [3], кальцитов [4], полевых шпатов [5]. Обогащение минерального сырья данным методом основывается на селекции минералов по их оптическим характеристикам, таким как блеск, цвет, отражательная способность, прозрачность и т.д.

На рынке обогатительного оборудования в настоящее время широко представлены оптические сепараторы различных фирм, например, ALIUD GmbH (сепараторы Optosort), Mogensen GmbH (сепараторы MikroSort), «Commodas GmbH – UltraSort» и др. Однако существует проблема, препятствующая развитию и расширению границ применимости оптического метода в целом.

Проблема заключается в отсутствии методики для оценки обогатимости руд без прямого опробования на существующих сепараторах. Кроме того, следует отметить отсутствие критериев в пользу выбора того или иного производителя (и модели) оптических сепараторов. Прямым следствием данной ситуации является «непрозрачность» метода и относительная незаинтересованность потенциальных заказчиков.

Оптический сепаратор может использоваться для обработки получаемых изображений минеральных объектов различные системы цветных координат и разнообразные алгоритмы обработки [6]. Используемые в сепараторах блоки регистрации (основанные, как правило, на цифровых камерах) зачастую различаются по своим техническим характеристикам [6]. В то же время, все без исключения оптические сепараторы реализуют принципы анализа цветных изображений. Следовательно, возможно создание оптико-электронной системы (ОЭС), которая, на основании результатов обработки снимков нескольких минеральных образцов (как содержащих полезных компонент, так и «пустых»), может выработать решение о возможности (или невозможности) разделения минералов оптическим методом. При этом решение может быть принято для набора возможных условий проведения анализа, например, для ряда источников освещения (белых светодиодов, люминесцентных ламп, галогенных ламп и т.п.) и систем цветных координат, используемых для оцифровки изображения (RGB, Yuv, Lab и т.п.).

Предлагаемое решение

В ходе исследований указанных проблем была разработана схема ОЭС экспресс-анализа минерального сырья. Она представлена на рис. 1. В ней содержатся блоки регистрации (БР), блоки освещения объектов (БО), блок синхронизации (БС) и блок управления и анализа данных (БУА). При этом БО создает необходимый уровень освещенности на поверхности анализируемого объекта. БР получает изображения объекта по сигналу его наличия в зоне регистрации от БС. БУА координирует работу всей ОЭС и выработывает решение о возможности или невозможности разделения исследуемых образцов оптическим методом, а также определяет значения порогов выделения полезных областей и величин порогов разделения.

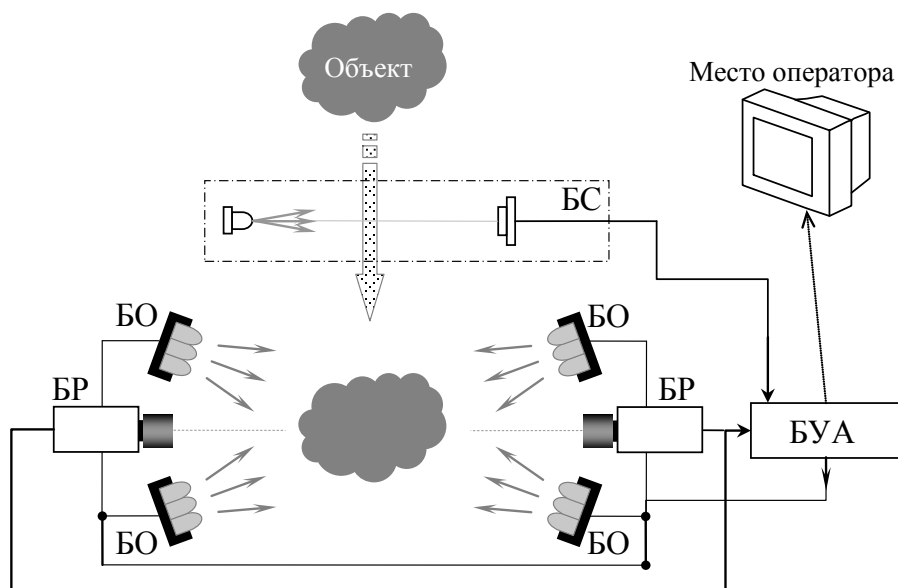


Рис. 1. К пояснению принципа работы ОЭС экспресс-анализа руд твердых полезных ископаемых оптическим методом

На кафедре оптико-электронных приборов и систем НИУ ИТМО (г. Санкт-Петербург) был разработан экспериментальный образец ОЭС для экспресс-анализа руд твердых полезных ископаемых оптическим методом. Экспериментальные исследования ОЭС проводились на базе научно-производственного предприятия «ГеоТестСервис» (г. Москва) в условиях, максимально приближенных к условиям добычи и предварительного обогащения минерального сырья.

В качестве анализируемых минеральных объектов были выбраны образцы дубликатов руды попутной добычи класса крупности $-60+30$ золотоносного месторождения «Коневинское». Изображения наиболее характерных минеральных образцов пробы представлены на рис. 2 в порядке уменьшения содержания в них золота (более всего золота содержит кварц, в то время как гранодиориты фактически не содержат золота и считаются пустой породой).

Визуальный анализ минералов показал, что наличие областей определенных цветностей на поверхности образцов является наиболее эффективным селективным признаком (по которому специалист-минералог определяет степень полезности каждого образца): кварцу соответствуют белые и светло-желтые оттенки; окисленный березит представлен различными оттенками оранжевых и коричневых оттенков; березит отличается болотно-зелеными оттенками; к гранодиоритам отнесли остальные цветовые оттенки.

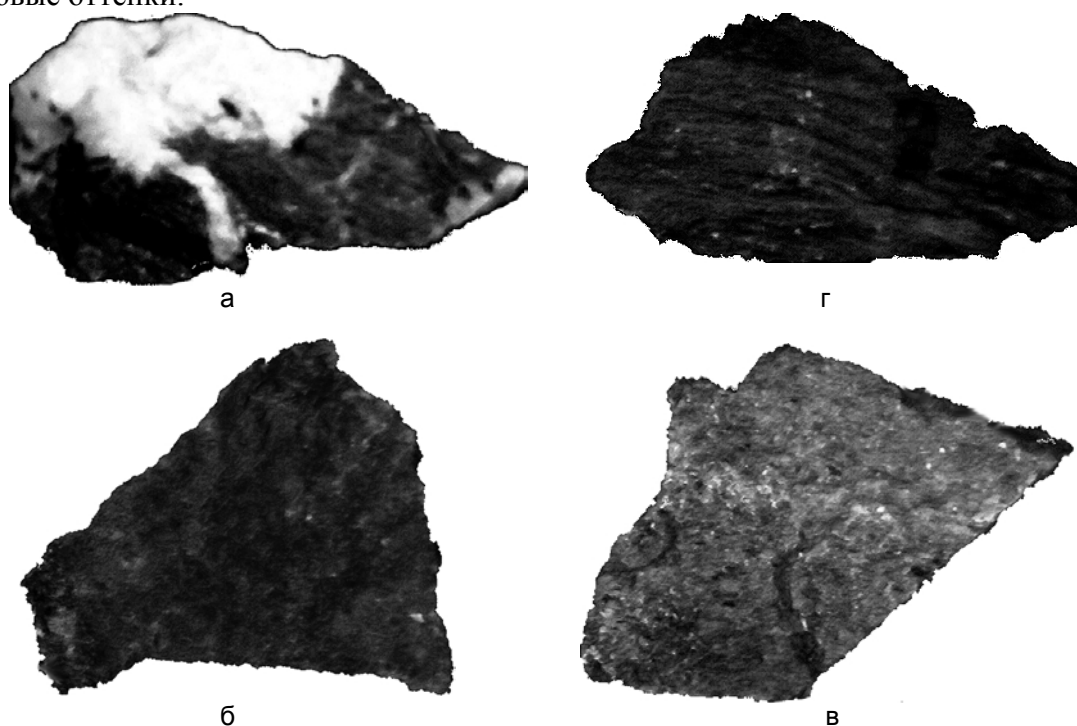


Рис. 2. Наиболее характерные образцы руды месторождения «Коневинское»: кварц (а); окисленный березит (б); березит (в); гранодиорит (г)

По результатам проведенных исследований предложена следующая методика определения степени обогатимости руд твердых полезных ископаемых оптическим методом. Сначала вычисляются границы определяемых областей цветности и их относительные площади S_{r_i} для выбранных систем цветовых координат

$$S_{r_i} = \frac{S_{im}}{S_{ca_i}} \cdot 100\% ,$$

где S_{im} – площадь изображения объекта; S_{ca_i} – площадь i -ой области цветности.

Далее оценивается полезность A каждого минерального образца

$$A = \begin{cases} 1 & \text{if } (100 - \sum_{i=1}^N S_{r_i}) \leq P \\ 0 & \end{cases} ,$$

где N – количество анализируемых областей цветности; P – величина порога разделения. Минеральный образец считается полезным при $A=1$. О принадлежности минерального образца к пустой породе говорит $A=0$.

Заключение

Таким образом, показана возможность реализации ОЭС, обеспечивающей оценку обогатимости руд оптическим методом без прямого опробования на существующих сепараторах. Также предлагаемая ОЭС экспресс-анализа позволяет оценить результаты применения оптического метода сепарации при использовании различных источников излучения для нескольких систем цветовых координат и разнообразных селективных признаках. Это позволяет выбрать среди представленных типов сепараторов наиболее подходящих для обогащения руды конкретного месторождения. По результатам исследований и данной работы в целом была подана заявка на изобретение № 2013134058 от 19.07.2013 г., название заявки: «Способ оценки степени обогатимости минерального сырья оптическим методом и устройство для его реализации».

Литература

1. Von Ketelhodt L. Viability of optical sorting of gold waste rock dumps // World Gold Conference 2009, The Southern African Institute of Mining and Metallurgy. – 2009. – P. 271–277.
2. Обзор алмазодобывающей отрасли России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.advisers.ru/file/advisers/almaz.pdf>, своб.
3. Dehler M. Optical Sorting of Ceramic Raw Materials // Tile & Brick Internat. – 2003. – V. 19. – P. 248–251.
4. Harbeck H. Optoelectronic Separation in Feldspar Processing at Maffei Sarda // Aufbereitungs Technik. – 2001. – V. 42. – № 9. – P. 438–444.
5. Tako P.R. de Jong. The Economic Potential of Automatic Rock Sorting // The Netherlands, Delft University of Technology, Department of Geotechnology. – 2005.
6. Рябкин В.К., Литвинцев Э.Г., Тихвинский А.В., Карпенко И.А., Пичугин А.Н., Кобзев А.С. Метод полихромной фотометрической сепарации золотосодержащих руд // Горный журнал. – 2007. – № 12. – С. 88–93.

УДК 604.4, 637.5

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ МОДИФИКАЦИЯ ПИЩЕВОГО СЫРЬЯ И ПРОДУКТЫ ДЛЯ ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ НА ЕГО ОСНОВЕ

Д.А. Бараненко

Научный консультант – д.т.н., профессор В.С. Колодязная

В работе рассматриваются вопросы изменения свойств и обогащения различного пищевого сырья средствами биотехнологии – ферментами и микроорганизмами. Подробно описаны цель и задачи проводимых исследований и представлена часть полученных результатов: обоснованные параметры режимов обработки с помощью ферментного препарата СГ-50 и пробиотических микроорганизмов *L. acidophilus* штаммов Д75 и Д76, изменения ферментативной активности исходного мясного сырья при различной холодильной обработке и хранении, общие характеристики получаемых пищевых продуктов.

Ключевые слова: биотехнология, ферменты, пробиотики, протеазы, мясо.

Введение

В современных условиях жизни человека невозможно адекватное обеспечение потребности организма всеми необходимыми для поддержания его жизнедеятельности макро- и микронутриентами за счет традиционного питания [1]. Необходимость изменения структуры питания человека XXI века связана с ухудшением экологии, высоким уровнем компьютеризации, автоматизации и механизации в производственной

сфере и быту, способствующих гиподинамии и снижению, как следствие, энергозатрат более чем в два раза [2]. Кроме того, проблема современного питания заключается в том, что в продукты повседневного рациона вводится необоснованно большое количество различных синтетических пищевых добавок на фоне растущего дефицита жизненно необходимых биологически активных компонентов, эссенциальных факторов питания, особенно таких, как незаменимые аминокислоты, полиненасыщенные жирные кислоты, водо- и жирорастворимые витамины, биофлавоноиды, макро- и микроэлементы и другие нутрицевтики и парафармацевтики [3]. Организация здорового питания населения России в соответствии с государственной политикой страны предполагает создание конкурентоспособных пищевых продуктов, обогащенных природными биологически активными веществами, способными корректировать метаболизм в организме человека, снижать риск воздействия радиации, пестицидов, токсичных элементов и микотоксинов в условиях неблагоприятной экологии и, как следствие, исключать алиментарно-зависимые заболевания [4]. В качестве альтернативных источников эссенциальных факторов питания могут выступать продукты биотехнологической модификации сырья животного и растительного происхождения.

Биотехнологическая модификация пищевого сырья позволяет: создавать мало- и безотходные, экологически безопасные технологии; использовать вторичное и малоценное пищевое сырье, а также сырье традиционных и нетрадиционных видов животных с высоким содержанием соединительной ткани; повышать качество, пищевую и биологическую ценность готовых продуктов заданного химического состава в соответствии с целевым назначением; увеличивать продолжительность хранения [5, 6].

Эффективным современным научно признанным способом обогащения пищевого рациона населения незаменимыми макро- и микронутриентами является потребление функциональных продуктов питания [7]. Используемые для их производства технологические приемы и функциональные ингредиенты позволяют создавать продукты, регулярный прием в пищу которых сводит к минимуму вероятность возникновения различных заболеваний [8]. Производство доступных продуктов для здорового питания становится основной задачей пищевой индустрии. Поступление нутриентов из естественных источников оказывается более предпочтительным, чем употребление биологически активных добавок.

В настоящее время исследовательские группы University of Illinois, London King's College, The Norwegian University of Life Sciences, Feed Research Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences, МГУПП, ВГУИТ, КГТУ, Института питания и др. изучают процессы модификации пищевого сырья и создания продуктов питания. Однако механизмы этих процессов еще не совсем ясны, отсутствуют также их модельные описания.

Отечественными и зарубежными исследователями для биологической модификации пищевого сырья животного и растительного происхождения используются ферментные препараты микробиального, растительного и животного происхождения, а также пробиотические культуры различных таксономических групп, родов, видов и штаммов [9, 10]. Ограничена научная информация по применению пробиотических культур в технологии функциональных продуктов на мясной основе [11, 12].

Неясны вопросы, связанные с определением продолжительности ферментирования пищевого сырья с участием пробиотических культур и ферментов растительного и микробиологического происхождения, лимитирующей образование пептидов различной молекулярной массы, свободных аминокислот, которые могут

подвергаться дезаминированию и декарбоксилированию, а также низкомолекулярных азотистых и безазотистых соединений и биологически активных веществ.

В тоже время эта информация крайне необходима для определения качественного и количественного состава макро- и микронутриентов биомодифицированного пищевого сырья с целью использования его при моделировании суточного рациона питания, сбалансированного по основным пищевым и биологически активным веществам для профилактического питания различных групп населения.

Исходя из этого, оптимизация технологических параметров биомодификации свойств пищевого сырья в зависимости от химической природы последнего, типа ферментных препаратов, рода, вида и штаммов пробиотических культур является важной задачей при создании функциональных продуктов заданного химического состава, предназначенных для профилактики алиментарно-зависимых заболеваний.

Следует отметить, что важной особенностью наших исследований является использования для модификации исходного сырья не только охлажденного, но и замороженного, что требует дополнительных исследований по выявлению закономерностей процесса биомодификации свойств сырья.

Цель и задачи исследования

Цель работы – разработка инновационных ресурсосберегающих технологий биомодификации пищевого сырья с применением пробиотических культур и ферментных препаратов протеолитического, амилалитического и липолитического действия для получения пищевых продуктов, обогащенных биологически активными веществами для профилактики алиментарно-зависимых заболеваний различных групп населения.

При проведении исследований по модификации свойств пищевого сырья необходимо решить следующие задачи:

- обосновать выбор ферментов и (или) ферментных препаратов протеолитического, липолитического и амилалитического действия в зависимости от вида сырья животного и растительного происхождения, а также способов получения ферментов микробиологическим путем, из растительной и животной ткани, рода, вида и штамма пробиотических культур и их композиций;
- оптимизировать технологические параметры биомодификации пищевого сырья: температуру, концентрацию ферментов и (или) ферментных препаратов, пробиотических культур, продолжительность их воздействия на растительную и животную ткань;
- исследовать кинетику ферментативных реакций при биомодификации пищевого сырья в зависимости от химической природы, структуры и свойств исходного пищевого сырья, типа ферментных препаратов и пробиотических культур;
- выявить кинетические закономерности протеолиза белков соединительной ткани под действием ферментных препаратов растительного и микробиологического происхождения;
- изучить динамику продуктов протеолиза белков мышечной и соединительной ткани мясного сырья, а также определить в модифицированном сырье биологически активные вещества (нутрицевтики и парафармацевтики), образующиеся на стадии ферментации животной ткани;
- рассчитать пищевую и биологическую ценность биомодифицированного сырья; на основании полученной информации по количественному и качественному составу макро- и микронутриентов разработать рекомендации по применению продуктов модификации в технологии функциональных пищевых продуктов при составлении суточного рациона для различных групп населения;

- обосновать и выбрать макро- и микронутриентный состав биомодифицированного сырья и моделировать функциональные пищевые продукты профилактического назначения, способствующие сохранению здоровья и повышению качества жизни населения.

Основные результаты

Мясо и мясные продукты являются весьма благоприятной средой для развития молочнокислых бактерий [13]. В мясе они находят все необходимые для нормальной жизнедеятельности вещества – источники углерода, азота, витамины, минеральные соли: рН и влажность мяса также способствует их росту. В связи с этим молочнокислые палочки *Lactobacillus acidophilus* имеют большое промышленное значение. Их применяют при производстве многих молочных и полусухих сырокопченых колбас. Устойчивость их к кислоте и соли, способность развиваться при различных температурах, наличии и отсутствии воздуха способствует распространению молочнокислых палочек. Эти микроорганизмы – активные кислотообразователи. Культуре *Lactobacillus acidophilus* свойственен гомоферментативный тип молочного брожения. Установлено, что высокая ацидофильность молочнокислых палочек, рН 3,0–3,5, зависит от накопления в клетках бактерий большего количества рибофлавина, способствующего процессам дыхания клетки. Также *Lactobacillus acidophilus* обладают высокой протеолитической активностью. В отличие от молочнокислых стрептококков молочнокислые палочки обладают более выраженной ферментативной протеолитической системой, имеют развитый комплекс пептидаз и протеиназ.

Молочнокислые бактерии являются биологической основой формирования колбасы как пищевого продукта, важнейшим консервирующим фактором. Посредством молочнокислых бактерий происходит осуществление биохимических превращений основных компонентов мяса с образованием соединений, обуславливающих вкус и аромат, консистенцию; изменение физико-химических параметров мясного фарша в направлении, неблагоприятном для развития микробов, которые способны вызвать порчу мяса; подавление развития технически вредной и патогенной микрофлоры путем образования различных веществ, обладающих антимикробным действием.

Целенаправленное использование микроорганизмов способствует получению стабильного качества готового продукта. Технологическое действие микроорганизмов связано с образованием специфических биологически активных компонентов: органических кислот, бактериоцинов, ферментов, витаминов и других, что способствует улучшению санитарно-микробиологических, органолептических показателей готового продукта, а также позволяет интенсифицировать производственный процесс.

В результате исследования показано, что применение симбиоза молочнокислых бактерий *L. acidophilus* штаммов Д75 и Д76, обладающих протеолитическими и антагонистическими свойствами по отношению к патогенной и условно-патогенной микрофлоре, наиболее целесообразно для биотехнологической модификации свойств сырья животного происхождения с повышенным содержанием соединительной ткани.

Предложена рациональная схема активации сухой закваски пробиотических культур в молоке и способ внесения ее в мясной фарш. Показано, что добавление закваски с кислотностью не менее 65°Т обеспечивает содержание жизнеспособных клеток в мясном фарше через 6 ч выдержки 10^7 КОЕ/мл.

На примере телятины показано изменение аминокислотного состава белков, полученного методом жидкостной хроматографии, в процессе биомодификации мясного сырья с помощью пробиотических культур. Рассчитан аминокислотный скор. Для оценки сбалансированности незаменимых аминокислот по отношению к эталону

рассчитан коэффициент утилитарности K_i . Расчетное значение коэффициента рациональности $R=0,55$.

Проведены исследования по применению ферментного препарата животного происхождения СГ-50, состоящего из сериновых протеаз химотрипсина и пепсина, для которых характерен механизм ковалентного катализа, когда ковалентная связь образуется между белками мышечной (актин, миозин) или соединительной ткани (коллаген) и аминокислотным остатком серина активного центра фермента. Механизм ковалентного катализа протеолиза белков пищевого сырья связан с разрывом пептидных связей пептидов, содержащих аминокислоты с ароматическими и циклическими гидрофобными радикалами (Фен, Тир, Три), что свидетельствует об участии гидрофобных сил в формировании фермент-субстратного комплекса. При дальнейшем мономолекулярном превращении фермент-субстратного комплекса образование продуктов гидролиза зависит от типа и активности ферментов, вида сырья и технологических параметров биомодификации.

Определены константы скорости реакции псевдопервого порядка при концентрации ферментного препарата 0,03% при температуре 23°C и 30°C, составившие соответственно 0,154 ч⁻¹ и 0,178 ч⁻¹ для мышечной ткани; для соединительной ткани – 0,215 ч⁻¹ и 0,235 ч⁻¹.

Для формирования функционально-технологических свойств готовой продукции важным является состояние исходного мясного сырья и активность его эндоферментов. В таблице представлены изменения протеолитической активности экстрактов 1 (саркоплазматические бели и экстрагированные вещества, растворимые при малой ионной силе $\mu=0,08$ и $pH=7,4$) и 2 (фибрилярные белки актомиозинового комплекса, растворимые при $\mu=0,6$ и $pH=8,6$) в процессе хранения замороженного мяса при -10°C, -18°C и -28°C.

Таблица. Изменение протеолитической активности белковых экстрактов при хранении мяса в замороженном состоянии, $\gamma_{\text{тир}}/\text{мг N}$

Температура хранения		-18°C					-10°C					-28°C				
Исходное состояние мяса	Экстракт	Продолжительность хранения, мес.														
		0	1	2	5	7	0	1	2	5	0	1	2	5	7	
Парное	1	17,0	18,0	28,1	21,6	19,4	11,0	9,7	25,6	23,2	21,0	24,2	22,5	40,4	27,5	
	2	22,8	23,4	23,1	23,6	9,8	17,6	15,3	13,0	19,8	26,7	27,3	16,9	38,3	13,1	
Ферментированное	1	34,4	43,6	26,7	30,6	25,5	20,9	21,5	22,3	20,9	26,1	27,5	25,3	26,5	25,7	
	2	–	24,4	18,0	15,7	13,1	14,5	11,8	6,3	13,0	14,8	11,2	9,2	18,1	14,9	

Как видно из таблицы, протеолитическая активность ферментов (предположительно, в основном, катепсина D) экстракта саркоплазматических белков в мясе, замороженном в парном состоянии, увеличивается до определенного максимума в процессе хранения, а затем уменьшается. Подобное изменение характерно для процесса созревания мяса, когда катепсины высвобождаются вследствие изменения проницаемости мембраны лизосом и перераспределяются внутри мышечной клетки

[14]. Активность протеолитических ферментов и характер ее изменения зависит от состояния мяса до замораживания, продолжительности и температуры хранения.

Заключение

Оптимизированы технологические параметры инкубации мясного фарша с ферментным препаратом СГ-50 и определены кинетические параметры реакции протеолиза белков с участием этих ферментов, что позволило совершенствовать действующие и разработать новые технологии мясных продуктов с высокой пищевой и биологической ценностью.

Получены кинетические уравнения для оптимизации технологических параметров инкубации ферментного препарата СГ-50 в мясном фарше. Методом крутого восхождения (наискорейшего спуска) оптимизировали технологические параметры протеолиза белков. Для мышечной ткани рекомендуется температура 23°C, С=0,04%, время выдержки 6 ч. Для соединительной ткани рекомендуемая температура 25°C, концентрация ферментного препарата 0,05%, время выдержки 8 ч.

В результате ферментации фарша наблюдается накопление свободных аминокислот, что способствует формированию специфического вкуса и аромата готового продукта. В аминокислотном составе преобладают глицин, гистидин, глутаминовая кислота и глутамин, лейцин. Кроме того, частичный протеолиз мышечной ткани под воздействием пробиотических микроорганизмов способствует повышению усвояемости и улучшению консистенции продукции.

С целью обогащения готовых изделий минеральными элементами, пищевыми волокнами, витаминами, антиоксидантами, полиненасыщенными жирными кислотами: омега-3 и омега-6 в качестве наполнителей использовали растительные компоненты. При составлении рецептур использовали метод планирования для смеси, состоящей из трех и более компонентов.

На основании данных о химическом составе продукции следует, что мясопродукты, изготовленные по разработанным рецептурам, обладают высокой пищевой ценностью и функциональными свойствами, которые формируются за счет различных комплексов биологически активных веществ. Изделия, изготовленные по данным рецептурам, рекомендуются для детского и диетического питания за счет низкой калорийности телятины и большого содержания пищевых волокон, улучшающих деятельность желудочно-кишечного тракта. Продукт также богат калием и железом, поэтому полезен для стабильной работы сердца и при анемии.

Использование биомодифицированного мясного сырья открывает широкие возможности для производства полноценных высококачественных пищевых продуктов. Повышение доступности сырья для пищеварительной системы человека и улучшение консистенции продукции дают возможность применять такое сырье при конструировании продуктов согласно теории рационального питания и пищевой комбинаторики. При последующих исследованиях следует особое внимание уделить подавлению развития нежелательной микрофлоры в процессе ферментации, а также увеличению сроков годности готовой продукции.

Литература

1. Shils M.E. Modern nutrition in health and disease. – Lippincott Williams & Wilkins, 2006. – 2069 p.
2. Schneider K., Hoffmann I. Nutrition Ecology – A Concept for Systemic Nutrition Research and Integrative Problem Solving // Ecol. of food and nutr. – 2011. – № 1. – P. 1–17.

3. Safety Evaluation of Certain Food Additives: 71 Report of the Joint FAO/Who Expert Committee on Food Additives. – World Health Organization, 2010. – Т. 956. – 80 p.
4. Решение «О Концепции продовольственной безопасности Евразийского экономического сообщества». – Совет ЕврАзЭС. – СПб, 11.12.2009. – № 464.
5. Бараненко Д.А. Биотехнологические аспекты решения проблемы экологической и продовольственной безопасности РФ // V Меж н.-т. конф. «Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке». – СПбГУНиПТ, 2011. – С. 16–18.
6. Baranenko D., Kolodyaznaya V., Zabelina N. Effect of composition and properties of chitosan-based edible coatings on microflora of meat and meat products // Techn. Alim. ACTA Scientiarum Polonorum. – 2013. – V. 12. – № 2. – P. 149–157.
7. Espinosa-Martos I., Rupérez P. Soybean oligosaccharides. Potential as new ingredients in functional food // Nutricion Hospitalaria. – 2006. – V. 21. – № 1. – P. 92–96.
8. Hasler C.M. et al. Position of the American Dietetic Association: functional foods // Journal of the American Dietetic Association. – 2009. – V. 109. – № 4. – P. 735–746.
9. Петров Л.Н. и др. Бактериальные пробиотики: биотехнология, клиника, алгоритмы выбора. – СПб: НИИОЧБ, 2008. – 136 с.
10. Хамагаева И.С., Ханхалаева И.А., Заиграева Л.И. Использование пробиотических культур для производства колбасных изделий. – Улан-Удэ: ВСГТУ, 2006. – 204 с.
11. Grajek W., Olejnik A., Sip A. Probiotics, prebiotics and antioxidants as functional foods // Acta Biochimica Polonica. – 2005. – V. 52. – № 3. – P. 665–671.
12. Laparra J.M., Sanz Y. Interactions of gut microbiota with functional food components and nutraceuticals // Pharmacological Research. – 2010. – V. 61. – № 3. – P. 219–225.
13. Колодязная В.С., Бройко Ю.В., Бараненко Д.А. Пробиотические культуры в технологии мясных полуфабрикатов из телятины // Мясная индустрия. – 2011. – № 10. – С. 33–36.
14. Jung S., Ghoul M., de Lamballerie-Anton M. Changes in lysosomal enzyme activities and shear values of high pressure treated meat during ageing // Meat Science. – 2000. – V. 56. – P. 239–246.

УДК 538.9

ОБ УПРАВЛЕНИИ МАГНЕТСОПРОТИВЛЕНИЕМ С ПОМОЩЬЮ СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ МАКРОМОЛЕКУЛ ТИПА ЦЕПОЧКИ С ИЗЛОМОМ

И.Ю. Попов, И.В. Блинова

Показана возможность управления магнетосопротивлением с помощью воздействия света на макромолекулы типа цепочек с изломом, внедренные в заполненное проводящим полимером пространство между магнитными нанослоями. Свет вызывает изменение угла излома молекул и, следовательно, толщины слоя, что приводит к изменению типа магнитной упорядоченности и, соответственно, электрического сопротивления.

Ключевые слова: магнетосопротивление, наноструктура, проводящие полимеры.

Введение

Использование гигантского магнетосопротивления в слоистых магнитных наноструктурах (см., например, [1, 2]) позволило добиться огромного прогресса в области компьютерной памяти. В подобных наносистемах с тонкими магнитными слоями, разделенными немагнитными проводящими слоями, наблюдается зависимость электронного транспорта от спина электрона. Приведем краткое пояснение. Магнитные слои могут иметь как ферромагнитную, так и антиферромагнитную упорядоченность. Пусть энергия электрона такова, что все соответствующие уровни в магнитных

нанослоях при ферромагнитной упорядоченности заняты, а при антиферромагнитной упорядоченности в слоях с противоположной упорядоченностью есть свободные уровни. Тогда при ферромагнитной упорядоченности магнитные слои будут преградой для электрона, и мы имеем распространение электрона по слоям (волноводам шириной в одну толщину немагнитной прослойки). Если же упорядоченность антиферромагнитная, то тонкие магнитные слои с противоположной упорядоченностью не являются преградой, и реально электрон распространяется по слою удвоенной толщины. Количество распространяющихся мод в таком волноводе больше, чем в более узком, поэтому электрическое сопротивление существенно ниже. Этот скачок и есть гигантское магнетосопротивление. Управление переходом от антиферромагнитной к ферромагнитной упорядоченности производится обычно приложением внешнего магнитного поля. В настоящей работе предлагается другой (оптический) способ управления магнетосопротивлением.

Управление магнетосопротивлением

В качестве отправной точки возьмем тот известный факт, что характер упорядоченности магнитных слоев зависит от толщины немагнитной прослойки (см., например, [3, 4], где рассмотрены структуры из слоев кобальта и меди и [5], где изучаются системы слоев «железо–ванадий»). Эта зависимость возникает из-за обмена электронами между магнитными слоями через немагнитную прослойку. Потому прослойка должна иметь электронную проводимость. Изменение толщины прослойки достигается введением в немагнитный слой атомов другого вещества, например, водорода [5]. А изменение толщины, в свою очередь, приводит к изменению упорядоченности, следовательно, к изменению сопротивления. Однако этот процесс чрезвычайно медленный и неудобный в реализации, поэтому он не может использоваться в реальных устройствах для управления магнетосопротивлением. Рассмотрим другой способ управления, основанный на использовании светочувствительных макромолекул типа цепочки с изломом. Таких молекул известно довольно много. В частности, молекула азобензола, которая имеет транс-изомер (молекула типа стержня) и цис-изомер (молекула типа стержня с изломом). При этом освещение ультрафиолетовым светом длиной волны 365 нм приводит к переходу «транс-цис», а светом с длиной волны 465 нм – к обратному переходу «цис-транс». Это свойство активно используется в жидких кристаллах [6–8]. В частности, внедрение таких молекул в жидкий кристалл позволяет за счет перехода «транс-цис» осуществлять фазовый переход от нематика к изотропному жидкому кристаллу [9]. Имеются и другие молекулы с аналогичными свойствами, например, спиропиран [10–12].

Детальный экспериментальный анализ молекулы полиимида, имеющей форму цепочки с изломом, проведен в [13, 14]. Фотомеханический отклик (изменение угла излома) наблюдался при освещении светом длин волн 442 нм, 488 нм и 514 нм. Угол излома менялся в широком диапазоне (до 70°). Эффективность процесса изомеризации оказалась около 10%, т.е. около 10% энергии фотона ($4 \cdot 10^{-19}$ Дж) трансформировалось в механическую работу ($4,5 \cdot 10^{-19}$ Дж).

Что касается механического напряжения, оно зависит от концентрации соответствующих молекул. Авторы получили модуль упругости ($E=3,8-6,2$ ГПа), и напряжение до 260 кПа. Такого напряжения, конечно, недостаточно для изменения толщины металлического немагнитного слоя (наша основная цель) – ионная связь существенно сильнее. Чтобы добиться нужного эффекта, требуется использовать другой материал. В частности, внедрение таких молекул в слой полимера привело бы к желаемому изменению толщины. Однако есть важное, упомянутое выше, условие, при котором тип магнитной упорядоченности зависит от толщины немагнитной прослойки

– эта прослойка должна иметь свободные электроны, т.е. электронную проводимость как в металле [1]. К счастью, имеются проводящие полимеры с металлоподобной проводимостью. Известно, что полиацетилен обладает проводимостью, аналогичной проводимости меди [15]. Этот полимер неустойчив к воздействию окружающей среды, что препятствует его широкому использованию в электротехнике, но для наших целей это не является определяющим моментом. Итак, немагнитная прослойка между магнитными слоями в нашем случае будет состоять из проводящего полимера (полиацетилена) с внедренными в него макромолекулами с изломом, размещенными в нем ориентировано (рисунок).

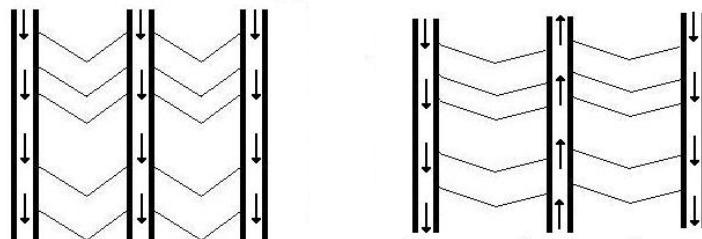


Рисунок. Схема изменения толщины немагнитной прослойки при воздействии светом на фоточувствительные макромолекулы

Технология размещения макромолекул в слое полимера ориентированным образом известна (см., например, [16]). Управление магнетосопротивлением осуществляется по описанной выше схеме. Освещение светом определенной длины волны (она определяется выбранным типом уголкового макромолекулы) приводит к изменению угла излома, а, следовательно, и расстояния между магнитными слоями. Благодаря проводимости прослойки (подобной меди) достигается изменение типа магнитной упорядоченности, а, следовательно, и электрического сопротивления. Таким образом, мы имеем оптическое управление гигантским магнетосопротивлением.

Работа поддержана ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (контракт 16.740.11.0030), грантом РФФИ 11-08-00267, ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научного и технологического комплекса России 2007–2013» (Гос. контракт 07.514.11.4146) и грантами Президента РФ (Гос. контракт 14.124.13.2045-МК и грант МК-1493.2013.1).

Литература

1. Grunberg P. Layered magnetic structures: facts, figures, future // *J. Phys.: Condens. Matter.* – 2001. – V. 13. – P. 7691–7706.
2. Gortinskaya L.V., Popov I.Yu., Tesovskaya E.S., Uzdin V.M. Electronic transport in the multilayers with very thin magnetic layers // *Physica E.* – 2007. – V. 36. – P. 12–16.
3. Uzdin V.M., Yartseva N.S., Adamowicz L. Phase shift of exchange coupling oscillations in magnetic multilayers // *J. Magn. Magn. Mater.* – 1999. – V. 203. – P. 283–285.
4. Ounadjela K., Zhou L., Wigen P., Stamps R. Controlled phase shifts in interlayer magnetic coupling with the doping of the magnetic layer // *Europhys. Lett.* – 1997. – V. 39. – № 2. – P. 213–218.
5. Ostanin S., Uzdin V.M., Demangeat C., Wills J.M., Alouani M., Dreyse H. Effect of hydrogen on the interlayer exchange coupling in FeOV superlattices // *Phys. Rev. B.* – 2000. – V. 61. – № 7. – P. 4870–4876.
6. Ichimura K. Photoalignment of Liquid-Crystal Systems // *Chem. Rev.* – 2000. – V. 100. – P. 1847–1874.
7. Yu Y.L., Ikeda T. Alignment modulation of azobenzene-containing liquid crystal systems by photochemical reactions // *J. Photochem. Photobiol. C.* – 2004. – V. 5. – P. 247–265.

8. Ikeda T. Photomodulation of liquid crystal orientations for photonic applications // *J. Mater. Chem.* – 2003. – V. 13. – P. 2037–2057.
9. Hogan P.M., Tajbakhsh A.R., Terentjev E.M. UV manipulation of order and macroscopic shape in nematic elastomers // *Phys. Rev. E.* – 2002. – V. 65. – P. 041720.
10. Kurihara S., Ikeda T., Tazuke S., Seto J.E. Isothermal phase transition of liquid crystals induced by photoisomerization of doped spiropyrans // *J. Chem. Soc., Faraday Trans.* – 1991. – V. 87. – P. 3251–3254.
11. Cabrera I., Krongauz V. Dynamic ordering of aggregated mesomorphic macromolecules // *Nature.* – 1987. – V. 326. – P. 582–585.
12. Cabrera I., Dittrich A., Ringsdorf H. Thermally Irreversible Photochromic Liquid Crystal Polymers // *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* – 1991. – V. 30. – P. 76–78.
13. Lee K.M., Wang D.H., Koerner H., Vaia R.A., Tan L.-S., White T.J. Enhancement of Photogenerated Mechanical Force in Azobenzene-Functionalized Polyimides // *Angew. Chem.* – 2012. – V. 124. – P. 4193–4197.
14. Wang D.H., Lee K.M., Yu Z., Koerner H., Vaia R.A., White T.J., Tan L.-S. Photomechanical Response of Glassy Azobenzene Polyimide Networks // *Macromolecules.* – 2011. – V. 44. – P. 3840–3846.
15. Angelopoulos M. In: *Handbook of Conducting Polymers.* eds. Skotheim T.A., Elsenbaumer R.L., Reynolds J.R. (Marcel Dekker, Inc. New York. 1998). – 921 p.
16. Wang L.-Yu., Tsai H.-Yi, Lin H.-Ch. Novel Supramolecular Side-Chain Banana-Shaped Liquid Crystalline Polymers Containing Covalent- and Hydrogen-Bonded Bent Cores // *Macromolecules.* – 2010. – V. 43. – P. 1277–1288.

УДК 678.027.74:678.029.983

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ ОПТИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ ПО ТЕХНОЛОГИИ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

С.Д. Васильков

При изготовлении полимерных оптических изделий, в частности, линз, важной задачей является их точное изготовление. Для этого предлагается использовать подход с применением систем компьютерного моделирования и натурные эксперименты на основе робастного подхода. Полученные данные формируют базу знаний в единой интегрированной системе. Таким образом, можно сократить общее время проектирования изделий и проведения экспериментальных исследований.

Ключевые слова: полимерные оптические изделия, литье под давлением, метод Тагути, компьютерное моделирование.

Введение

Прогресс последних лет в области оптических технологий и оптоэлектроники повысил требования к различным оптическим изделиям наряду с увеличением продаж соответствующей продукции. Наибольшее распространение получили полимерные линзы, которые серийно производятся для различных приборов, а также цифровых камер, смартфонов и пр. Поскольку изделия становятся более компактными, то полимерные линзы выгоднее изготавливать по технологии литья под давлением из-за прочностных и размерных характеристик, которые превосходят линзы из стекла, а также дешевле в производстве. Если технологические параметры настроены неверно, то может возникать коробление, усадка, утяжины и появляться трещины. Эти проблемы могут привести к увеличению допусков, ухудшению точности размеров и понижению качества изделия. В данной работе изучается подход для оптимизации

режимов литья для улучшения размерных характеристик полимерных оптических изделий.

Основная часть

При разработке и проектировании новых изделий из полимерных оптических материалов (ПОМ) и полимерных композиционных материалов (ПКМ) необходимо принимать во внимание особенности сложных и разнообразных процессов, которые происходят на разных стадиях производства изделия. Возникают задачи по быстрой оценке свойств материала, проверки возможности применения соответствующих технологических методов, анализе требований, предъявляемых к изделию. Такой комплекс задач может быть решен с использованием методов и технологий компьютерного проектирования и моделирования с дальнейшим производством и контролем. При этом требуется единая интегрированная система для обеспечения обмена данными между различными системами проектирования и базами данных (БД) о свойствах материалов и изделий, сохранности и актуальности информации [1].

За время исследований коллективом кафедры ТПС НИУ ИТМО был создан прототип информационно-телекоммуникационной платформы (ИТП) для проектирования новых ПКМ, изделий из него и компьютерного анализа изделий при литье пластмасс под давлением [2]. Разработанная функциональная схема ИТП показана на рис. 1. При помощи подсистемы (ПС) управления (на базе SmarTeam) реализуется автоматизация сбора и классификация требований к изделию и материалам, наполняются БД для хранения, поиска, идентификации полимерных и ПКМ и их компонентов, формируется единая среда для поддержки процессов разработки новых материалов и изделий на их основе с обеспечением безопасного обмена математическими моделями материалов между поставщиками и потребителями. Осуществляется комплексный анализ характеристик изделий на базе компьютерных систем для расчета технологических параметров и для расчета характеристик изделий.

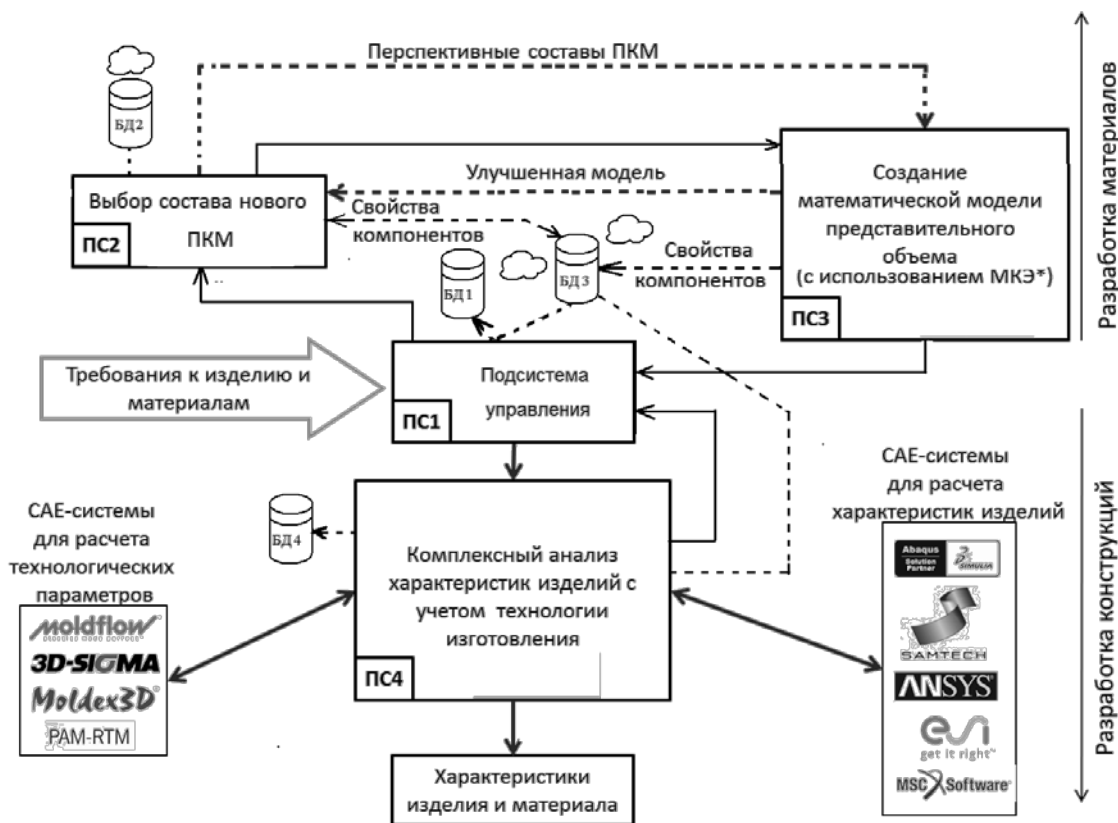


Рис. 1. Схема проектирования изделий из ПКМ

Применительно к оптическим изделиям, схема, показанная на рис. 1, позволила разработать методики в области технологий проектирования и производства изделий из полимерных материалов. На основе этих методик были определены геометрические размеры (с учетом усадки, коробления и пр.) и режимы литья при изготовлении линзы (рис. 2, а) по технологии литья пластмасс под давлением [3]. Также коллективом кафедры ТПС была спроектирована и изготовлена формообразующая деталь (рис. 2, б) для литьевой формы [4, 5].

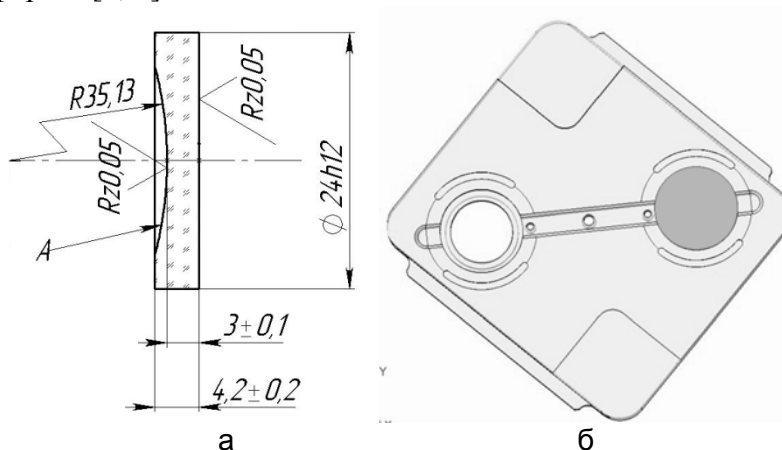


Рис. 2. Чертеж исследуемой линзы (а) и модель формообразующей детали для линзы (б)

Рассчитанные в системе моделирования параметры режимов литья (табл. 1) не всегда позволяют достичь наилучших показателей качества. При изготовлении реальных изделий возможно появление различных неточностей, например, отклонение от заданных размеров, поэтому требуется дополнительная оптимизация режимов литья с целью улучшения качества поверхности линзы. Качество поверхностного слоя можно определить с помощью параметров шероховатости, например R_t или R_{max} . Для оптимизации режимов литья применяется робастный подход по методу Тагути, позволяющий провести небольшое количество многофакторных экспериментальных исследований [6, 7].

Существует несколько факторов, влияющих на качество изделия. Эти факторы показаны в табл. 2, наиболее значимые выделены жирным шрифтом.

Таблица 1. Режимы литья, определенные при компьютерном моделировании

Параметр	Значение
А. Температура расплава (°С)	235
В. Скорость шнека (м/мин)	10
С. Скорость впрыска (мм/с)	70
Д. Давление впрыска (бар)	234,5
Е. Давление выдержки (бар)	234,5
Ф. Время выдержки (с)	9,3
Г. Температура литьевой формы (°С)	70
Н. Время охлаждения (с)	30

Таблица 2. Связи факторов, влияющих на качество полимерных изделий

Термопласт-автомат (ТПА)	Формообразующая деталь (ФОД)	Режимы литья	Материал	Оператор
Тип впрыска	Каналы охлаждения	Температура расплава	Влажность	Настроение

Термопласт-автомат (ТПА)	Формо-образующая деталь (ФОД)	Режимы литья	Материал	Оператор
Диаметр шнека	Температура ФОД	Скорость вращения шнека	Состав	Халатность
Поставщик	Материал ФОД	Скорость впрыска	Свойства	Особенности характера
Сила смыкания	Точность	Давление впрыска		Осведомленность
Объем	Твердость	Давление выдержки		
		Время выдержки		
		Время охлаждения		

Полный план эксперимента с применением дисперсионного анализа для определения оптимальных режимов состоит в следующей последовательности:

- определение факторов и уровней;
- построение ортогональной матрицы;
- поиск соотношения сигнал/шум;
- построение таблицы и диаграммы откликов;
- применение дисперсионного анализа;
- нахождение оптимальных условий;
- проверка экспериментом.

Применение вышеизложенного подхода дает существенные преимущества во времени. Например, в случае из указанных 8 параметров с тремя уровнями потребуется провести 18 экспериментов вместо $3^8=6561$ при простом переборе.

Таким образом, для наилучшей оптимизации режимов литья получаем подход, состоящий из двух механизмов: компьютерное моделирование технологии литья пластмасс под давлением и уточняющие натурные эксперименты по методу Тагути.

Заключение

Рассмотренный метод с применением интегрированной системы и систем компьютерного моделирования, а также робастного подхода по методу Тагути позволяет наиболее эффективным образом оптимизировать режимы литья при изготовлении оптических полимерных изделий. В дальнейшем планируется расширить подход на оптические изделия сложной формы (например, асферические линзы), а также малых размеров (микролинзы).

Литература

1. Яблочников Е.И., Васильков С.Д., Фомина Ю.Н. Интегрированные технологии проектирования изделий из полимерных композиционных материалов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – СПб: НИУ ИТМО. – 2012. – № 2 (78). – С. 109–113.
2. Барвинский И.А., Барвинская И.Е. Компьютерный анализ литья: подходы и модели // Пластикс. – 2009. – № 3. – С. 50–54; № 4. – С. 63–66.

3. Брагинский В.А., Барвинский И.А. Регулирование усадки при литье термопластов под давлением // Химический журнал. – 2011. – № 12. – С. 51–53.
4. Яблочников Е.И., Пирогов А.В., Васильков С.Д., Восоркин А.С., Кушнаренко А.А. Принципы проектирования литьевых форм для производства пилотных серий деталей оптических приборов из термопластичных полимерных материалов // Современное машиностроение. Наука и образование: Материалы 3-й Международной научно-практической конференции. – СПб: Изд-во СПбГПУ, 2013. – С. 409–417.
5. Казмер Д.О. Разработка и конструирование литьевых форм / Пер. с англ. под ред. В.Г. Дувидзона – СПб: ЦОП «Профессия», 2011. – 464 с.
6. Леон Р., Шумейкер А., Тагути Г. и др. Управление качеством. Робастное проектирование. Метод Тагути: Пер с англ. – М.: СЕЙФИ, 2002. – 384 с.
7. Lo W.C., Tsai K.M., Hsieh C.Y. Six Sigma approach to improve surface precision of optical lenses in the injection-molding process // International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2009. – V. 41. – P. 885–896.

УДК 330, 101

КАДРОВАЯ ПОЛИТИКА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Ю.Д. Волкова

Научный руководитель – д.э.н., профессор В.Л. Василёнок

В условиях развития коллективных форм собственности и привлечения работников к управлению кадровой политикой мотивации персонала нацелена на расширение сотрудничества работников с администрацией для достижения общих целей. Это непосредственно побуждает персонал к развитию потенциальных способностей, более интенсивному и продуктивному, творческому отношению к труду. Соответственно, требования творческого подхода работников к производству обусловили повышение их самостоятельности и ответственности за выполняемую работу; активное участие в принятии управленческих решений; непосредственную заинтересованность в результатах труда. Современные условия рынка требуют радикально пересмотреть подход к кадровой политике, к ее формированию и реализации, так как кадровая политика в условиях развития экономики приобретает важное значение в функционировании организаций.

Ключевые слова: кадровая политика, персонал, экономика, управление, организация, управление персоналом, сотрудники, труд.

Эффективное и успешное управление деятельностью организации зависит от грамотного управления человеческими ресурсами, использовании набора инструментов, методов и принципов, которые в совокупности представляют кадровую политику организации. Кадровая политика – это сознательная, целенаправленная деятельность по созданию трудового коллектива, который наилучшим образом способствовал бы совмещению целей и приоритетов организации и его работников. При этом следует отметить, что общепринятого определения кадровой политики пока не выработано, что говорит о больших трудностях разработки этой проблемы.

Управление предприятием осуществляется через человека: через людей вносятся определенные коррективы в техническую, технологическую и организационную стороны процесса организации. Но и сами работники являются объектом управления. Это касается, прежде всего, количества и качества рабочей силы, формирования трудового потенциала, его развития и использования, мотивации трудового поведения, трудовых и личностных отношений и т.д.

Объект управления – это отдельный работник, а также некая их совокупность, выступающая как трудовой коллектив. Совокупность работников может включать как весь персонал предприятия (организации, фирмы), на который распространяются

управленческие решения общего характера, так и персонал структурного подразделения (отдела, цеха) или производственной ячейки (бригады).

В качестве субъектов управления персоналом выступают группа специалистов, выполняющих соответствующие функции в качестве работников кадровой службы, а также руководители всех уровней, выполняющие функцию управления по отношению к своим подчиненным [1].

Вместе с тем сегодня можно считать, что кадровая политика является составной частью всей управленческой и производственной политики фирмы. Она имеет целью создать сплоченные, ответственные и высокопроизводительные человеческие ресурсы. При этом необходимо учитывать соответствующие соглашения и правила в области производственных отношений [2].

В настоящее время кадровая политика – это сознательная, целенаправленная деятельность по созданию трудового коллектива, который наилучшим образом способствовал бы совмещению целей и приоритетов предприятия и его работников.

Комплексное понимание кадровой политики складывается как внутреннее единство обеспечения всех участков производства необходимыми человеческими ресурсами и создание мотивации персонала на высокоэффективную трудовую деятельность. Особенность кадровых решений заключается в том, что они почти всегда отражаются на мотивации сотрудников и моральном климате в коллективе. В идеале они должны соотноситься с общей системой ценностей, принятой в организации, с установками и ожиданиями каждого работника.

Общие требования к кадровой политике в современных условиях сводятся к следующему:

1. кадровая политика определяется стратегией развития бизнеса, т.е. обусловлена целями на текущий и дальнейший период жизни. Затем необходимо выбрать модель построения отношений с персоналом, которые будут способствовать его эффективному развитию;
2. не допускать противоречия характеров людей, задействованных в проекте. Данный принцип обусловлен тем, что личность, индивидуальность руководителя являются центром, вокруг которого строится кадровая политика;
3. принцип разделенной мотивации заключается в том, что мотивационные подходы сотрудников, выполняющих различные функции, не должны совмещаться. Необходимо детально разработать систему взысканий и поощрений, с которой сотрудник должен быть ознакомлен;
4. максимальная формализация обязанностей представляет собой четкую формализацию обязанностей сотрудника и формализацию его прав в организации по отношению к руководству, другим сотрудникам и клиентам фирмы, т.е. видеть результат деятельности [3].

Таким образом, кадровая политика в новых условиях направлена на формирование такой системы работы с кадрами, которая ориентировалась бы на получение не только экономического, но и социального эффекта при условии соблюдения действующего законодательства, нормативных актов и правительственных решений.

В целом кадровая политика как система управления человеческими ресурсами охватывает подсистемы, показанные на рисунке [4].



Рисунок. Комплексная система управления человеческими ресурсами

Целевая задача кадровой политики может быть решена по-разному, и выбор альтернативных вариантов достаточно широк:

- увольнять работников или сохранять; если сохранять, то каким путем лучше:
 - переводить на сокращенные формы занятости;
 - использовать на несвойственных работах, на других объектах;
 - направлять на длительную переподготовку и т.п.;
- подготавливать работников самим или искать тех, кто уже имеет необходимую подготовку;
- набирать со стороны или переучивать работников, подлежащих высвобождению с предприятия;
- набирать дополнительно рабочих или обойтись имеющейся численностью при условии более рационального ее использования;
- вкладывать деньги в подготовку «дешевых», но узкоспециализированных рабочих или «дорогих», но маневренных и т.п.

Поскольку формирование кадров предприятия связано не с однозначным решением, а с альтернативностью возможных путей с выбором наиболее эффективного из них, то правомерна постановка вопроса и о выборе стратегии трудоустройства с учетом всех факторов и обстоятельств, характерных для настоящего и будущего.

При выборе кадровой политики учитываются факторы, свойственные внешней и внутренней среде предприятия, такие как:

- требования производства, стратегия развития предприятия;
- финансовые возможности предприятия, определяемый ими допустимый уровень издержек на управление персоналом;
- количественные и качественные характеристики имеющегося персонала и направленность их изменения в перспективе и др.;

- ситуация на рынке труда (количественные и качественные характеристики предложения труда по профессиям предприятия, условия предложения);
- спрос на рабочую силу со стороны конкурентов, складывающийся уровень заработной платы;
- влияние профсоюзов, жесткость в отстаивании интересов работников;
- требования трудового законодательства, принятая культура работы с наемным персоналом и др. [5].

В реализации кадровой политики возможны альтернативы: она может быть быстрой, решительной (в чем-то на первых порах, возможно, и не очень гуманной по отношению к работникам), основанной на формальном подходе, приоритете производственных интересов, либо, наоборот, основанной на учете того, как ее реализация скажется на трудовом коллективе, к каким социальным издержкам для него это может привести [6].

Кадровая политика реализуется через кадровую работу. Исходя из этого, выбор кадровой политики связан не только с определением основной цели, но и с выбором средств, методов, приоритетов и т.д.

Кадровая работа базируется на системе правил, традиций, процедур, комплексе мероприятий, связанных непосредственно с осуществлением подбора кадров, необходимой их подготовки, расстановки, использования, переподготовки, мотивации, продвижения и т.д.

В связи с этим содержание кадровой политики не ограничивается наймом на работу (выбор источников пополнения кадров, требования к исполнителям и т.п.), а касается принципиальных позиций предприятия в отношении подготовки, развития персонала, обеспечения взаимодействия работника и организации. В то время как кадровая политика связана с выбором целевых задач, рассчитанных на дальнюю перспективу, текущая кадровая работа ориентирована на оперативное решение кадровых вопросов. Между ними должна быть, естественно, взаимосвязь, которая бывает обычно между стратегией и тактикой достижения поставленной цели.

Кадровая политика носит и общий характер, когда касается кадров предприятия в целом, и частный, избирательный, когда ориентируется на решение специфических задач (в пределах отдельных структурных подразделений, функциональных или профессиональных групп работников, категорий персонала). Кадровая политика формирует:

- требования к рабочей силе на стадии ее найма (к образованию, полу, возрасту, стажу, уровню специальной подготовки и т.п.) [7];
- отношение к «капиталовложениям» в рабочую силу, к целенаправленному воздействию на развитие тех или иных сторон занятой рабочей силы;
- отношение к стабилизации коллектива (всего или определенной его части);
- отношение к характеру подготовки новых рабочих на предприятии, ее глубине и широте, а также к переподготовке кадров;
- отношение к внутривозовскому движению кадров и т.д.

В настоящее время актуальность вопроса грамотного и компетентного управления персоналом вообще и кадровых технологий, в частности, на предприятии ни у кого не вызывает сомнений. Кадровая служба предприятия является основным функциональным подразделением по управлению персоналом. Возрастание роли кадровых служб и кардинальная перестройка их деятельности вызваны коренными изменениями экономических и социальных условий, в которых ныне действуют предприятия в рамках общего становления рыночных отношений в стране в целом.

Так как в современных условиях персонал является основой предприятия, следовательно, необходимо максимально адаптировать саму кадровую политику к внешним условиям. Кадровая политика, выполняя все возложенные на нее функции,

обеспечивает оптимальный баланс процессов обновления и сохранения численного и качественного состава кадров в его развитии в соответствии с потребностями самой организации, требованиями действующего законодательства, состоянием рынка труда.

Литература

1. Маслов Е.В. Управление персоналом предприятия: Учебное пособие / Под ред. П.В. Шеметова. – М.: ИНФРА-М; Новосибирск: НГАЭиУ, 2009. – 312 с.
2. Вотякова И. Компетенция и мобильность персонала в условиях инновационного развития кадрового потенциала организации // Управление персоналом. – 2011. – № 4. – С. 75.
3. Федосеев В.Н., Капустин С.Н. Управление персоналом организации. – М.: Экзамен, 2008. – 368 с.
4. Романенко А. Принципы эффективной кадровой политики // Журнал «Результат». – № 8 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rezultat.com/mag/archive/136.html>, своб.
5. Деркач А.А. Стратегия подбора и формирование управленческой команды. – М.: Инфра-М, 2009. – 349 с.
6. Авдеев В.В. Управление персоналом: технология формирования команды: Учебное пособие. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 544 с.
7. Блинов А.О., Василевская О.В. Искусство управления персоналом: Учебное пособие. – М.: ГЕЛАН, 2001. – 411 с.

УДК 53.097

ЭФФЕКТ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ В ГРАНУЛИРОВАННЫХ ПЛЕНКАХ СЕРЕБРА НА ПОВЕРХНОСТИ САПФИРА

И.А. Гладских

Научный руководитель – д.ф.-м.н., ст.н.с. Т.А. Варганиян

Экспериментально исследованы электрические свойства гранулированных пленок серебра на поверхности сапфировых подложек при напылении и термическом отжиге. Установлены зависимости сопротивления пленок от толщины и скорости напыления. У напыленных с разной скоростью пленок толщиной от 5 нм сопротивление менялось самопроизвольно на 3–4 порядка при комнатной температуре по-разному: оно росло у напылявшихся медленно и падало у напылявшихся быстро. Сопротивление увеличивались при слабых отжиге, причем пленки, напыленные с высокой скоростью также становились высокоомными, но имели отличные электрические свойства. Под напряжением >5 В сопротивление резко падало на 5–7 порядков. Эти изменения сопротивления могут быть как обратимыми, так и необратимыми в зависимости от толщины пленки.

Ключевые слова: гранулированные металлические пленки, металлические наночастицы, переключение сопротивления.

Введение

Интерес к проводимости тонких островковых пленок связан в настоящее время, в основном, с техническими задачами миниатюризации устройств микро- и оптоэлектроники. При этом в научных исследованиях физики электропроводности пленок остается много белых пятен, несмотря на их долгую историю [1]. Их электрические свойства определяются как природой металла, так и, в еще большей степени, их морфологией. Сплошные пленки обладают металлическим типом проводимости, для которого характерно низкое сопротивление и положительный

температурный коэффициент. Сопротивление металлических пленок, состоящих из отдельных гранул, намного больше сопротивления объемного металла и зависит от материала подложки и расстояний между гранулами. Проводимость такой системы характеризуется отрицательным температурным коэффициентом сопротивления и является активационной, с энергией активации порядка десятых эВ.

При вакуумном напылении металлических пленок на диэлектрические подложки вначале обычно образуются гранулированные пленки, которые по мере накопления материала на поверхности превращаются в сплошные. Появление непрерывного металлического пути между электродами, отстоящими друг от друга на макроскопическое расстояние, происходит задолго до формирования сплошной пленки и называется перколяционным переходом. После перколяционного перехода электрические свойства пленки становятся подобными свойствам сплошного металла.

Наиболее интересными являются электрические свойства металлических пленок на пороге перколяции, когда расстояния между частицами очень мало, и небольшие изменения в количестве или распределении металла вызывают относительно большие изменения проводимости пленок. Получить такую структуру можно прогревом пленки, имеющей низкое сопротивление, при котором из-за диффузии происходит перераспределение металла с образованием отдельных гранул, при этом толщина пленок может варьироваться в широком диапазоне [2, 3].

Эксперимент

Исследовавшиеся пленки создавались в вакуумной установке фирмы Kurt Lesker с безмасляной откачкой методом осаждения паров термически испаренного серебра в сверхвысоком вакууме (10^{-7} торр) на сапфир при комнатной температуре. На подложки наносились предварительно серебряные контакты толщиной около микрометра. Расстояние между контактами было $L=0,4$ см, а их ширина $H=1,8$ см. Количество напыленного материала определялось с помощью кварцевого измерителя толщины. В ходе напыления измерялось сопротивление образующихся пленок пикоамперметра Keithley – 6487. Были исследованы пленки толщиной 5–15 нм при напылении со скоростью 0,1–1 Å/с.

Результаты измерения сопротивления пленок во время напыления при двух скоростях 0,1 и 0,6 Å/с представлены на рис. 1. Видно, что зависимости сопротивления от толщины осевшего металла близки к экспоненциальным. Причем при одинаковой толщине пленок, образующихся за разное время, сопротивления были меньше у напыляемых быстро.

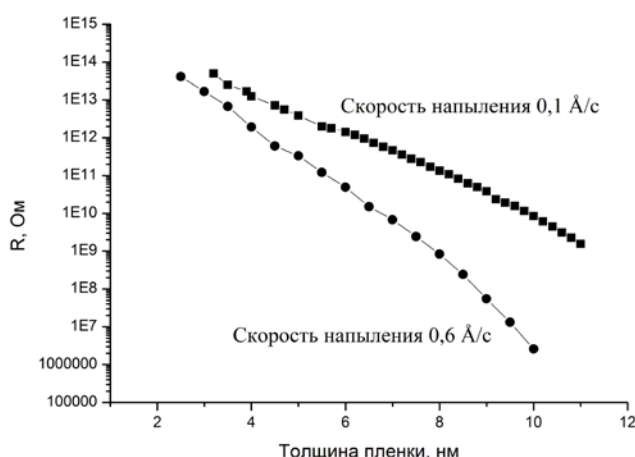


Рис. 1. Зависимость сопротивления пленок от ее толщины в ходе напыления с разными скоростями напыления

После напыления сопротивление пленки продолжает быстро изменяться и через час может отличаться на 3–4 порядка. Типичные изменения сопротивления пленок после напыления толщиной 10 и 15 нм представлены на рис. 2. У напылявшихся медленно сопротивление пленок увеличивалось, а у напылявшихся быстро – уменьшалось. Эти изменения происходили, в основном, за десятки минут. Потом темп изменений замедлялся, и спустя сутки первые становились высокоомными, а вторые – проводящими с сопротивлениями около 10^{12} и 10^3 Ом соответственно. Отметим, что пленки становились проводящими при толщинах больших 5 нм.

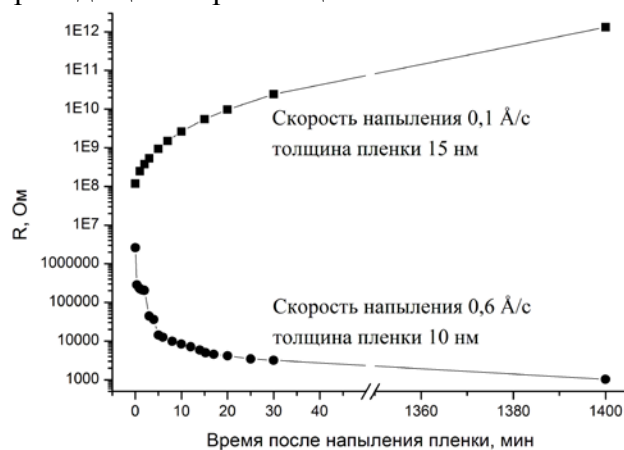


Рис. 2. Изменение сопротивления пленок во времени после напыления

Пленки одинаковой толщины, полученные при разных скоростях термического напыления, различались по виду малозаметно. На снимках, полученных на растровом электронном микроскопе (рис. 3), видны вытянутые червеобразные островки, разделенные разветвленной сетью каналов. При напылении со скоростью $0,5 \text{ \AA/c}$ и более, пленки толщиной больше 5 нм представляют собой бесконечную проводящую лабиринтную структуру, состоящую из соединенных друг с другом частиц неправильной формы, имеющих поперечный размер около 30 нм. При медленном напылении успевают образовываться отдельные крупные частицы неправильной формы размером около 200–300 нм.

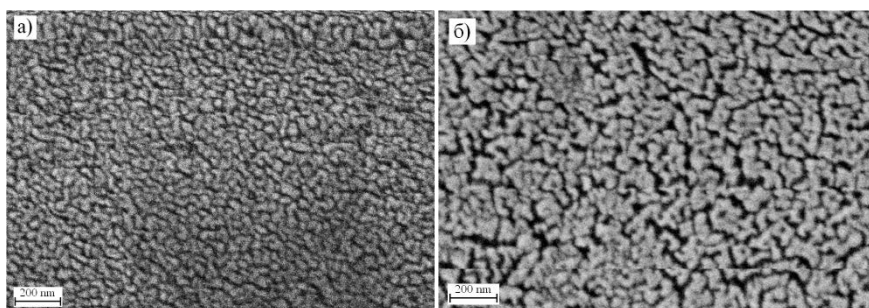


Рис. 3. Микрофотографии гранулированных пленок серебра на поверхности сапфировой подложки толщиной 10 нм, напыленные со скоростью $0,6 \text{ \AA/c}$ (а) и $0,1 \text{ \AA/c}$ (б)

После напыления гранулированные пленки серебра подвергались термической обработке при $100\text{--}120^\circ\text{C}$. При слабом отжиге сопротивление высокоомных и проводящих пленок увеличивалось, но по-разному. У первых – высокоомных, сопротивление увеличивалось от 10^{12} до 10^{14} Ом за несколько десятков минут. Причина увеличения сопротивления, очевидно, та же, что при глубоком отжиге: обособление островков, проходящее из-за их автокоалесценции. Другие, проводящие пленки, становились высокоомными с сопротивлением около 10^3 Ом примерно за 30–60 мин (рис. 4), в зависимости от толщины пленки. Сам процесс перехода из проводящего в

высокоомное состояние был немонотонным. Через 15–30 мин после начала прогрева появлялись нерегулярные всплески на зависимости сопротивления от времени. Далее всплески нарастали, и пленка становилась стабильно высокоомной за секунды. После этого отжиг сразу прекращался.

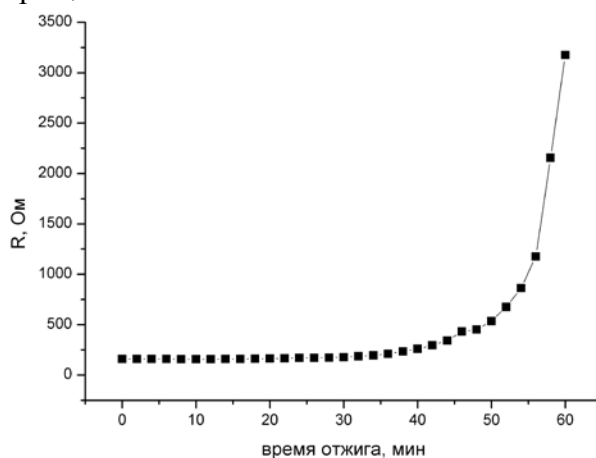


Рис. 4. Изменения сопротивления проводящей пленки во время ее слабого отжига при температуре 110°C

Результаты и обсуждение

После прогрева снимались вольт-амперные характеристики (ВАХ). У разных пленок ВАХ отличались количественно, но по виду зависимости были схожими. После прогрева высокоомных пленок ВАХ практически линейна в интервале до 300 В. Проводящие пленки приобретали свойство переключения сопротивления. На рис. 5 представлены ВАХ для таких пленок различной толщины.

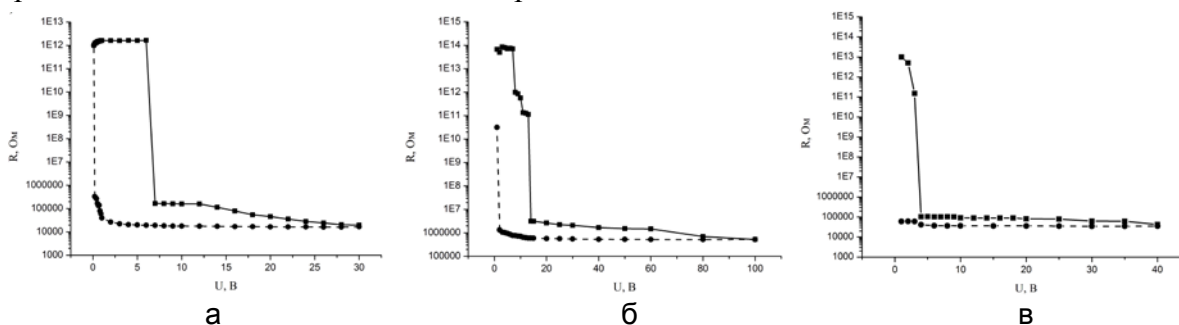


Рис. 5. Зависимости сопротивления слабо отожженных пленок при повышении (сплошная линия) и понижении (пунктирная линия) приложенного к ним напряжения: пленка толщиной 5 нм (а); пленка толщиной 8,5 нм (б); пленка толщиной 11,5 нм (в)

Видно, что при приложении порогового напряжения сопротивление резко падает до сотен кОм. Причем пороговое напряжение возрастало при дальнейшем отжиге пленок. Дальнейшее увеличение напряжения снижало сопротивление примерно на порядок. Уменьшение напряжения до порогового не меняло установившееся сопротивление.

Однако есть некоторые отличия в ВАХ для пленок разной толщины. Для пленки толщиной 5 нм при приложенном напряжении ниже порогового (7 В) ток растет практически линейно. При понижении напряжения ВАХ имеет омический характер, но при напряжении 0,1 В пленка переходит в свое изначальное, высокоомное состояние. При последующих измерениях пленка ведет себя стабильно с небольшими флуктуациями напряжения, требующегося для перехода пленки в проводящее состояние.

Иначе дело обстоит для более толстых пленок. Для этих пленок наблюдался нелинейный рост тока от прикладываемого напряжения в области напряжений до порогового, при этом наблюдались заметные флуктуации сопротивления. При последующих измерениях ВАХ пленки толщиной 8,5 нм напряжение, при котором происходит переход пленки из высокоомного состояния в проводящее, сильно уменьшается, а после 3-го цикла пленка осталась в проводящем состоянии. Пленка толщиной 11,5 нм, после первого переключения сопротивления осталась в проводящем состоянии. Если пленку, ставшую проводящей слабо, отжечь, как описано выше, то она становилась снова высокоомной.

Похожие переключения сопротивления описаны для подобных тонкопленочных материалов. Они могут быть разделены на две категории: материалы, для которых требуется постоянное питание, для поддержания пленки в низкоомном (включенном) состоянии; материалы с эффектом памяти, в которых выключенное и включенные состояния могут поддерживаться без постоянного питания [4–6]. Изменения проводимости, рассматриваемые в этих работах, связывают либо со структурными изменениями, т.е. с образованием каналов проводимости под действием приложенного напряжения, так и электронными, т.е. вызванными инжекцией электронов под действием высоких электрических полей, возникающих между наночастицами в местах разрыва пленки.

Однако наши пленки толщиной более 8,5 нм, ставшие проводящими под напряжением, не возвращаются в высокоомное состояние при снятии электрического напряжения. Такая необратимость свидетельствует именно о структурных изменениях, производимых электрическим действием в лабиринтных пленках [7]. Вместе с этим, возврат в высокоомное состояние пленок, ставших проводящими после действия электрического напряжения, возможен посредством слабого отжига. Это указывает на малость структурных изменений, произведенных электрическим напряжением в пленке.

Возможность управлять локальной электропроводностью лабиринтных пленок посредством создания и изменения в них мелких структур электрическим напряжением делает эти пленки перспективными элементами для нанoeлектронных устройств.

Выводы

В работе приведены результаты исследований проводимости гранулированных пленок металлического серебра различной толщины, напыленных на поверхность сапфировых подложек. Пленки получены стандартным методом термического напыления пучка атомов на холодную подложку. Измерены зависимости изменения сопротивления во время напыления и сразу после. Обнаружено, что после термической обработки в пленках наблюдается эффект переключения сопротивления под действием приложенного напряжения, причем структура пленки практически не изменяется. Величина резкого скачка сопротивления может достигать 10^7 Ом, а напряжение, необходимое для перехода структуры во включенное (проводящее) состояние, может варьироваться в широком диапазоне в зависимости от времени прогрева.

Литература

1. Чопра К.Л. Электрические явления в тонких пленках. – М.: Мир, 1972. – 435 с.
2. Simrick N.J., Kilner J.A., Atkinson A. Thermal stability of silver thin films on zirconia substrates // *Thin Solid Films*. – 2012. – V. 520. – P. 2855–2867.
3. Dufourcq J., Mur P., Gordon M.J., Minoret S., Coppard R., Baron T. Metallic nanocrystals for flash memories // *Materials Science and Engineering C*. – 2007. – V. 27. – P. 1496–1499.

4. Kiesow A., Morris J.E., Radehaus C., Heilmann A. Switching behavior of plasma polymer films containing silver nanoparticles // J. Appl. Phys. – 2003. – V. 94. – № 10. – P. 6988–6990.
5. Baker O., Shedd Brian, Tseng Ricky J., Martinez-Morales Alfredo A., Ozkan Cengiz S., Ozkan Mihri, Yang Yang, Kaner Richard B. Size Control of Gold Nanoparticles Grown on Polyaniline Nanofibers for Bistable Memory Devices // ACS NANO. – 2011. – V. 5. – № 5. – P. 3469–3474.
6. Fujiwara K., Nemoto T., Rozenberg M.J., Nakamura Y., Takagi H. Resistance Switching and Formation of a Conductive Bridge in Metal/Binary Oxide/Metal Structure for Memory Devices // Jpn. J. Appl. Phys. – 2008. – V. 47. – № 8. – P. 6266–6271.
7. Вартанян Т.А., Гладских И.А., Леонов Н.Б., Пржибельский С.Г. Тонкие структуры и переключение электропроводности в лабиринтных пленках серебра на сапфире // Физика твердого тела. – 2014. – Т. 54. – № 4. – С. 783–789.

УДК 535.21

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ПРОСТРАНСТВЕННО-ПЕРИОДИЧЕСКИМИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНО ИНДУЦИРОВАННЫМИ СТРУКТУРАМИ В ОПТИЧЕСКИ ТОНКОЙ СРЕДЕ

М.Ю. Гордеев

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор Ю.В. Рождественский

В работе теоретически исследовано перераспределение интенсивности поля пробного излучения при рассеянии на пространственно-периодических решетках атомных населенностей и когерентностей в среде с tripod-конфигурацией атомных состояний. Найденны условия, при которых возникает заметное перераспределение интенсивности поля пробной волны и формируется «дифракционная» картина с относительной эффективностью в первых порядках дифракции, близкой к 15%. Исследованы условия возникновения побочных максимумов для эффективной перекачки энергии пробного поля в максимумы высших порядков.

Введение

В работе рассматривается интерференционный эффект когерентной оптики, который мы описали для tripod-схемы. Рассеяние лазерного излучения на электромагнитно индуцированной решетке (ЭМИР) представляет собой оптическое явление интерференции, где интерференционная картина используется для построения пространственной «дифракционной структуры» в материи. Другими словами, поле изменяет равновесное распределение населенностей в атомах, оно становится пространственно-зависимым, и пробное поле «дифрагирует» на этой решетке населенностей. Этот эффект взаимодействия поля электромагнитного излучения с веществом интересен тем, что результатом его является пространственное перераспределение интенсивности, подобное дифракционному распределению интенсивности.

Пионерские исследования теории возникновения данного эффекта были представлены в работе [1]. Авторы рассматривали возможность создания ЭМИР в однородно уширенной среде с классической трехуровневой Λ -конфигурацией квантовых уровней. Полученные результаты продемонстрировали наличие пространственного перераспределения поля электромагнитного излучения, проходящего через такую среду. Также в работе было показано, что эффективность дифракции в первом порядке начинает возрастать при введении фазовой модуляции.

Одним из предложенных методов повышения эффективности дифракции в первом порядке в трехуровневых Λ -схемах является использование фазовых ЭМИР с

контролируемым спонтанным излучением [2]. Наличие контроля атомных когерентных процессов позволяет увеличить эффективность дифракции в первом порядке до 35%. В рассматриваемом случае появляется еще один параметр – угол между двумя дипольными моментами на боковых переходах, который и отвечает за эффективность атомной когерентности. Этот же эффект использовался для увеличения эффективности дифракции первого порядка в четырехуровневой системе (Λ -система плюс один уровень на одном из плеч) [3]. Для этого на одном из плеч действовало слабое микроволновое поле между двумя близкими уровнями.

Одной из основных работ в этой области является работа [4], в которой исследовались фазовые ЭМИР. Фазовая модуляция пробного поля появляется благодаря отстройке от резонанса для пробного поля, как уже ранее указывалось [1], что приводит к увеличению эффективности в первом порядке дифракции. В работе [4] исследовалась дифракционная картина на ЭМИР, созданной на основе кросс-фазовой модуляции поля пробной волны в четырехуровневой N -схеме.

Стоит резюмировать, что классическая Λ -система неудобна тем, что трудно реализуема экспериментально (в связи с тем, что на практике и модулирующие, и пробное поля действуют на сетку уровней, появляющихся при расщеплении верхнего уровня) и пригодна лишь для теоретических исследований [5].

Первое экспериментальное подтверждение возможности получения ЭМИР было продемонстрировано в работе [6] на холодных атомах натрия. В работе экспериментально были получены и сравнены спектры электромагнитно индуцированной прозрачности (ЭИП) и ЭМИР. Это дало возможность сравнить ЭМИР с выжиганием спектральных провалов в спектре поглощения, но только для спектра ЭИП. Причем профиль провалов описывается лоренцевским контуром, не зависящим от частоты поля накачки.

Теоретическое описание и уравнения

В данной работе мы использовали для исследования возможностей управления пространственным распределением пробного поля световой волны на ЭМИР систему самосогласованных уравнений, которая состоит из уравнений Лиувилля для элементов матрицы плотности в приближении вращающейся волны и дипольном приближении, которые описывают состояние среды, и укороченного волнового уравнения в приближении медленно меняющихся амплитуд, описывающего распространение

пробного поля в оптически тонкой среде $\left| \frac{\partial E(z, t)}{\partial z} \right| \ll \omega |E(z, t)|$. Приближение

медленно меняющихся амплитуд было применено только к компоненте поля, направленной по оси Oz , так как мы полагаем, что поле, распространяясь в этом направлении, мало изменяется, а происходит лишь перераспределение профиля поля по оси Ox .

Принципиальная схема моделируемого нами эксперимента продемонстрирована на рис. 1. Две сильные стоячие волны распространяются навстречу друг к другу по оси Ox и модулируют показатель преломления среды за счет перераспределения населенностей. Пробная бегущая волна распространяется перпендикулярно к ним по оси Oz . На выходе из ячейки со средой наблюдается перераспределение в интенсивности прошедшего пучка. При этом картина имеет такие же особенности, как и дифракционная картина.

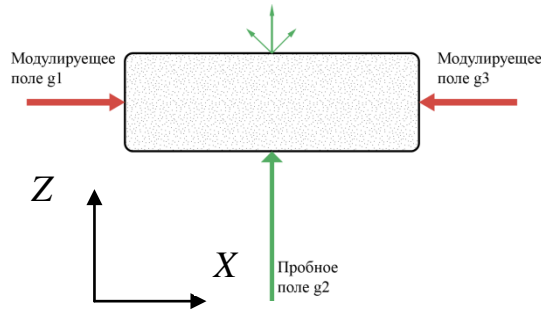


Рис. 1. Принципиальная схема моделируемого эксперимента

Энергетическая схема атомных уровней в tripod-конфигурации представлена на рис. 2. На переходе $|2\rangle \rightarrow |4\rangle$ атомной системы вдоль направления Oz действует поле пробной бегущей волны с частотой Раби g_2 и отстройкой Δ_2 от резонансного значения. Поля, действующие на переходах $|1\rangle \rightarrow |4\rangle$ и $|3\rangle \rightarrow |4\rangle$, направлены вдоль оси Ox и поляризованы по кругу в противоположных направлениях. На переходе $|1\rangle \rightarrow |4\rangle$ действует поле сильной стоячей волны с пространственно-зависимой частотой Раби $g_1(x) = G_1 \sin(kx)$ и отстройкой Δ_1 от резонансного значения, а на переходе $|3\rangle \rightarrow |4\rangle$ – сильное поле стоячей волны $g_3(x) = \Omega \sin(kx + \psi)$ с отстройкой Δ_3 от резонанса. Оптические релаксации по каналам $|4\rangle \rightarrow |m\rangle$ ($m=1, 2, 3$) определяются константами γ_1 , γ_2 и γ_3 соответственно. Тогда естественная ширина уровня $|4\rangle$ будет равна $2\gamma = \gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3$. Полуширины оптических переходов обозначены как Γ_{14} , Γ_{24} и Γ_{34} . Помимо этого, возможен распад когерентностей между нижними состояниями атома (релаксации низкочастотных когерентностей) со скоростями, равными Γ_{12} , Γ_{23} и Γ_{13} .

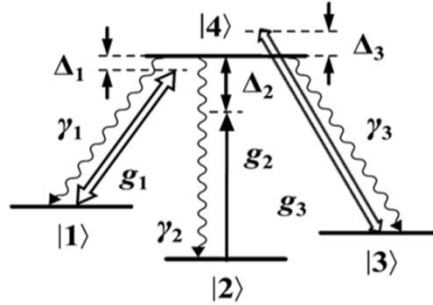


Рис. 2. Энергетическая схема атомных уровней в tripod-конфигурации

Как уже было упомянуто выше, для теоретического описания данной схемы мы используем уравнения для элементов матрицы плотности $\rho_{ij}(x, y, t)$ четырехуровневого атома, которые выписаны ниже

$$i\dot{\rho}_{11} = (\rho_{41} - \rho_{14})g_1 + i\gamma_1\rho_{44}, \quad (1a)$$

$$i\dot{\rho}_{22} = (\rho_{42} - \rho_{24})g_2 + i\gamma_2\rho_{44}, \quad (1б)$$

$$i\dot{\rho}_{33} = (\rho_{43} - \rho_{34})g_3 + i\gamma_3\rho_{44}, \quad (1в)$$

$$i\dot{\rho}_{44} = (\rho_{41} - \rho_{14})g_1 + (\rho_{42} - \rho_{24})g_2 + (\rho_{43} - \rho_{34})g_3 - 2i\gamma\rho_{44}, \quad (1г)$$

$$i\dot{\rho}_{12} = \rho_{14}g_2 - \rho_{42}g_1 - i\Gamma_{12}\rho_{12} + (\Delta_1 - \Delta_2)\rho_{12}, \quad (1д)$$

$$i\dot{\rho}_{13} = \rho_{14}g_3 - \rho_{43}g_1 - i\Gamma_{13}\rho_{13} + (\Delta_1 - \Delta_3)\rho_{13}, \quad (1е)$$

$$i\dot{\rho}_{23} = \rho_{24}g_3 - \rho_{43}g_2 - i\Gamma_{23}\rho_{23} + (\Delta_2 - \Delta_3)\rho_{23}, \quad (1ж)$$

$$i\dot{\rho}_{14} = (\rho_{11} - \rho_{44})g_1 + \rho_{12}g_2 + \rho_{13}g_3 - i\Gamma_{14}\rho_{14} + \Delta_1\rho_{14}, \quad (13)$$

$$i\dot{\rho}_{24} = (\rho_{22} - \rho_{44})g_2 + \rho_{21}g_1 + \rho_{23}g_3 - i\Gamma_{24}\rho_{24} + \Delta_2\rho_{24}, \quad (1и)$$

$$i\dot{\rho}_{34} = (\rho_{33} - \rho_{44})g_3 + \rho_{31}g_1 + \rho_{32}g_2 - i\Gamma_{34}\rho_{34} + \Delta_3\rho_{34}, \quad (1к)$$

где частоты Раби $g_1(x) = G_1 \sin(kx)$, g_2 и $g_3 = \Omega \sin(kx + \psi)$; в силу эрмитовости матрицы плотности имеем: $\rho_{ij} = \rho_{ji}^*$; считаем, что система замкнута:

$\rho_{11} + \rho_{22} + \rho_{33} + \rho_{44} = 1$. Стоит также отметить, что система уравнений для матрицы плотности получена в дипольном приближении и приближении вращающейся волны.

Волновое уравнение, описывающее распространение поля в нашей задаче, имеет вид:

$$\Delta E_2 + \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} E_2 = \frac{4\pi}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} P_2. \quad (2)$$

Используя приближение медленно меняющихся амплитуд (ПММА), в стационарном режиме уравнение сводится к следующему виду:

$$-\frac{i}{2k_2} \frac{\partial^2}{\partial x^2} E_{02} + \frac{\partial}{\partial z} E_{02} = i \frac{4\pi k_2}{2\varepsilon_0} P_{02}, \quad (3)$$

где E_{02} – медленно меняющаяся амплитуда пробного поля в направлении Oz ; c – скорость света в вакууме; k_2 – волновое число пробного поля; ε_0 – диэлектрическая проницаемость вакуума. Используя квантовое усреднение дипольного момента на ансамбле однородно уширенной среды, получаем выражение для поляризации среды

$$P_{02} = 2Nd_{24}\rho_{24}, \quad (4)$$

где N – атомарная плотность; d_{24} – проекция дипольного момента перехода $|2\rangle - |4\rangle$ на единичный вектор поляризации среды; ρ_{24} – элемент матрицы плотности, когерентность между уровнями $|2\rangle$ и $|4\rangle$. Далее мы находим из системы уравнений Лиувилля решение для элемента матрицы плотности ρ_{24} , при этом учитываем только линейные по пробному полю члены. Подставляем это решение в уравнение (4) и заменяем поляризацию в уравнении (3) на получившееся после подстановки выражение. Для того чтобы получить окончательное выражение в безразмерной форме, мы выражаем все распады, отстройки и частоты через γ_1 , а координаты выражаем через Λ_x для оси Ox и z_0 для оси Oz , где $\Lambda_x = \pi/k_x$, $k_x^2 + k_z^2 = k^2$, k – волновой вектор сильных стоячих волн, а z_0 имеет вид

$$z_0 = \frac{2\hbar\gamma_1\varepsilon_0}{Nk_2d_{24}^2}. \quad (5)$$

Тогда, с учетом всего уравнение для поля приобретает вид:

$$-i \frac{\partial^2}{N_F \partial x^2} g_2 + \frac{\partial}{\partial x} g_2 = (\alpha_r + i\alpha_i) g_2, \quad (6)$$

где α_r и α_i – коэффициенты поглощения и дисперсии пробного поля, которые находятся непосредственно из решения уравнения Лиувилля (пропорциональные вещественной и мнимой частям недиагонального матричного элемента перехода, на котором действует пробное поле, соответственно), а N_F – число Френеля, число щелей ширины $2\sqrt{\pi}\Lambda_x$ уместяющихся на расстоянии z_0

$$N_F = \frac{(2\sqrt{\pi}\Lambda_x)^2}{\lambda_2 z_0}. \quad (7)$$

Решая получившееся уравнение на поле, мы находим значение на выходе. Отношение поля на выходе g_{2out} и поля на входе g_{2in} дает нам вид функции трансляции оптически тонкой среды толщиной L (по оси Oz) по отношению к полю:

$$T(x) = e^{a_r(x)L} e^{i\alpha_i(x)L}, \quad (8)$$

где $T(x) = g_{2out} / g_{2in}$; a_r и α_i – коэффициенты поглощения и дисперсии пробного поля; L – толщина среды вдоль Oz .

Рассматривая вклад только дальнего поля (дифракция Фраунгофера) и считая, что волна пробного поля плоская и имеет одинаковую амплитуду поперек пучка ширины $m\Lambda_x$, мы можем определить интенсивность $I_{out}(\theta)$, следуя представлению образования «дифракционной картины» как Фурье-образу [7, 8] в виде

$$I_{out}(\theta) = \left| g_2^1(\theta) \right| \frac{\sin^2(m\pi\Lambda_x \sin\theta / \lambda_2)}{m^2 \sin^2(\pi\Lambda_x \sin\theta / \lambda_2)}, \quad (9)$$

$$\text{где } g_2^1(\theta) = \int_0^1 T(x) \exp[-i2\pi\Lambda_x x \sin\theta / \lambda_2] dx. \quad (10)$$

Результаты и обсуждения

Используя теорию, изложенную в предыдущем разделе, мы численно исследовали возможности создания и эффективность ЭМИР в среде с tripod-конфигурацией атомных уровней в зависимости от различных параметров. Предложенные параметры и соответствующие им графики наиболее ярко демонстрируют возможность проявления изучаемого эффекта в tripod-конфигурации атомных уровней. Однако следует отметить, что были исследованы далеко не все возможные соотношения параметров, ввиду чего можно заключить, что рассмотренные параметры являются не единственными, при которых наблюдается эффект.

Для начала рассмотрим случай, когда на дифракционной картине присутствует максимум только нулевого порядка (рис. 3). Как легко заметить, параметры системы имеют симметричный вид, что отражается в симметричности модуля трансляционной функции и, как следствие, симметричности распределения интенсивности пробного поля на выходе из среды. При этом относительная фаза сильных стоячих волн была очень мала, т.е. фактически волны были синфазны.

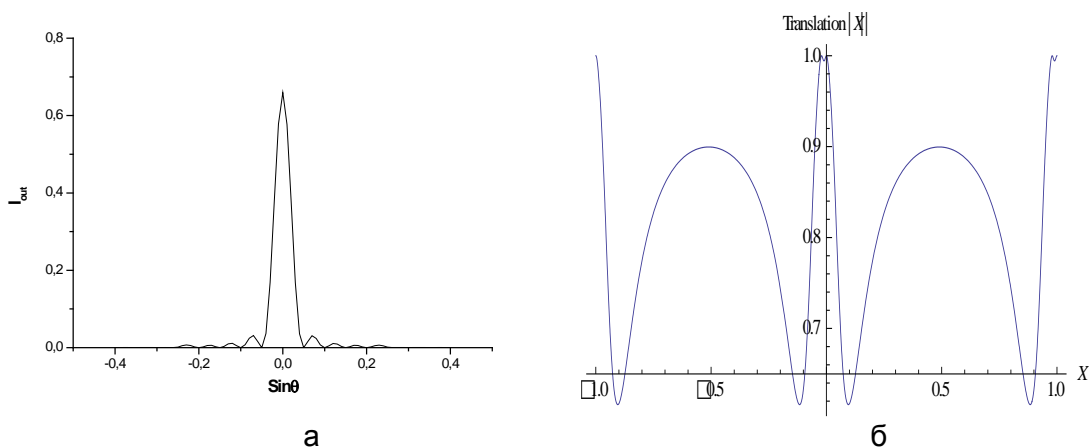


Рис. 3. Интенсивность пробного поля на выходе из среды в зависимости от синуса угла между осью Ox и направлением распространения пробного поля на выходе (а); модуль трансляционной функции в зависимости от пространственной координаты оси Ox (б).

Здесь $\gamma_1 = \gamma_2 = \gamma_3 = \gamma$; $\gamma_{12} = \gamma_{23} = 0,1\gamma$; $\gamma_{13} = 0,4\gamma$; $\gamma_{14} = \gamma_{24} = \gamma_{34} = \gamma$; $g_1 = g_3 = 8\gamma$; $g_2 = 0,9\gamma$; $\Delta_1 = 4\gamma$; $\Delta_2 = 0,1\gamma$; $\Delta_3 = 4\gamma$; $\varphi = \pi/48$

На следующем графике (рис. 4) уже явно наблюдаются помимо максимума нулевого порядка также максимум первого порядка. При этом в сравнении с предыдущим случаем все изменения в параметрах коснулись лишь знака отстройки поля на переходе $|3\rangle \rightarrow |4\rangle$.

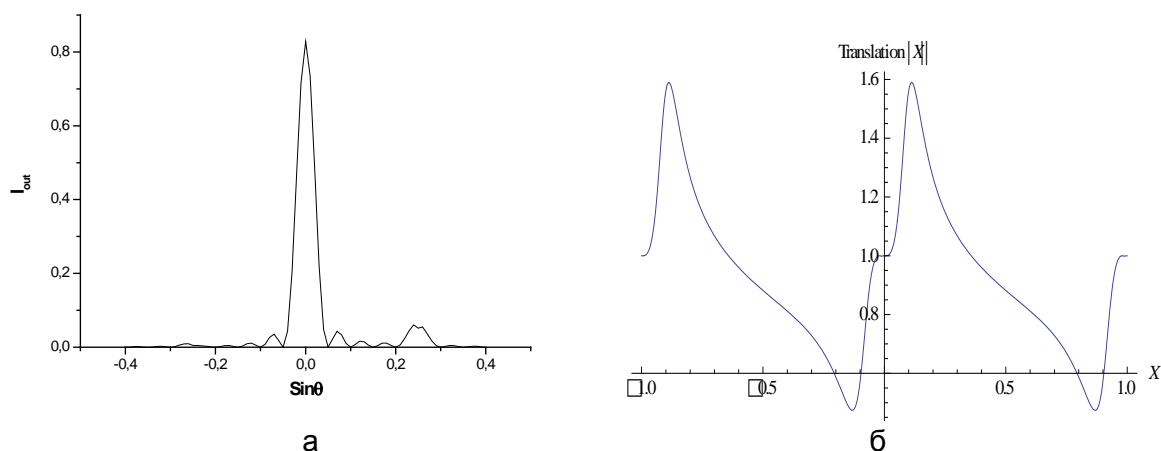


Рис. 4. Интенсивность пробного поля на выходе из среды в зависимости от синуса угла между осью Ox и направлением распространения пробного поля на выходе (а); модуль трансляционной функции в зависимости от пространственной координаты оси Ox (б).

Здесь $\gamma_1=\gamma_2=\gamma_3=\gamma$; $\gamma_{12}=\gamma_{23}=0,1\gamma$; $\gamma_{13}=0,4\gamma$; $\gamma_{14}=\gamma_{24}=\gamma_{34}=\gamma$; $g_1=g_3=8\gamma$; $g_2=0,9\gamma$; $\Delta_1=4\gamma$; $\Delta_2=0,1\gamma$; $\Delta_3=-4\gamma$; $\varphi=\pi/48$

Как видно, при одновременном изменении знаков отстроек сильных полей на противоположные предыдущему случаю, наблюдается зеркальное отображение предыдущего графика интенсивности пробного поля на выходе (рис. 5).

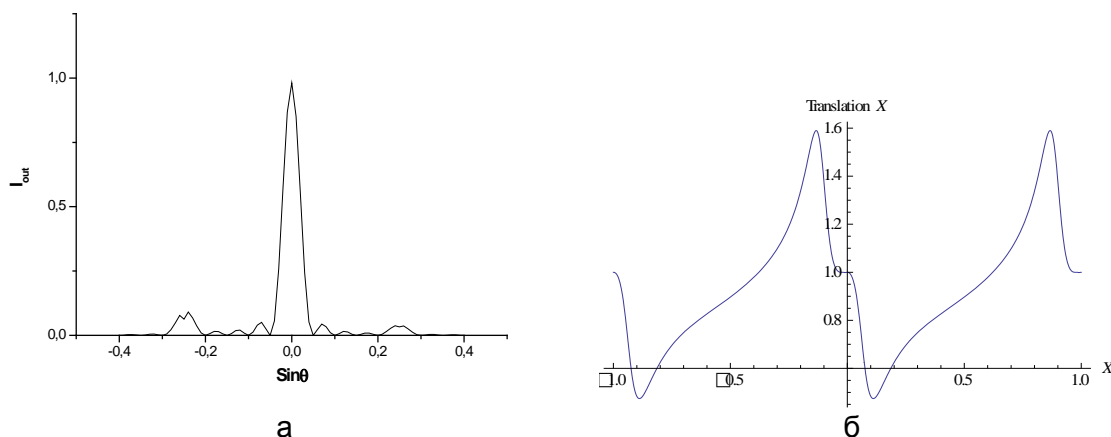


Рис. 5. Интенсивность пробного поля на выходе из среды в зависимости от синуса угла между осью Ox и направлением распространения пробного поля на выходе (а); модуль трансляционной функции в зависимости от пространственной координаты оси Ox (б).

Здесь $\gamma_1=\gamma_2=\gamma_3=\gamma$; $\gamma_{12}=\gamma_{23}=0,1\gamma$; $\gamma_{13}=0,4\gamma$; $\gamma_{14}=\gamma_{24}=\gamma_{34}=\gamma$; $g_1=g_3=8\gamma$; $g_2=0,9\gamma$; $\Delta_1=-4\gamma$; $\Delta_2=0,1\gamma$; $\Delta_3=4\gamma$; $\varphi=\pi/48$

Самым же интересным для нас представляется случай, продемонстрированный на рис. 6. Как видно из параметров, отстройки сильных полей имеют противоположные знаки, а значения относительной фазы сильных стоячих волн стало больше, что соответствует большей рассинхронизации или «дрожанию» пространственной решетки атомных населенностей. Интерес же этот случай представляет с той точки зрения, что на графике зависимости интенсивности здесь присутствует провал в центре максимума первого порядка.

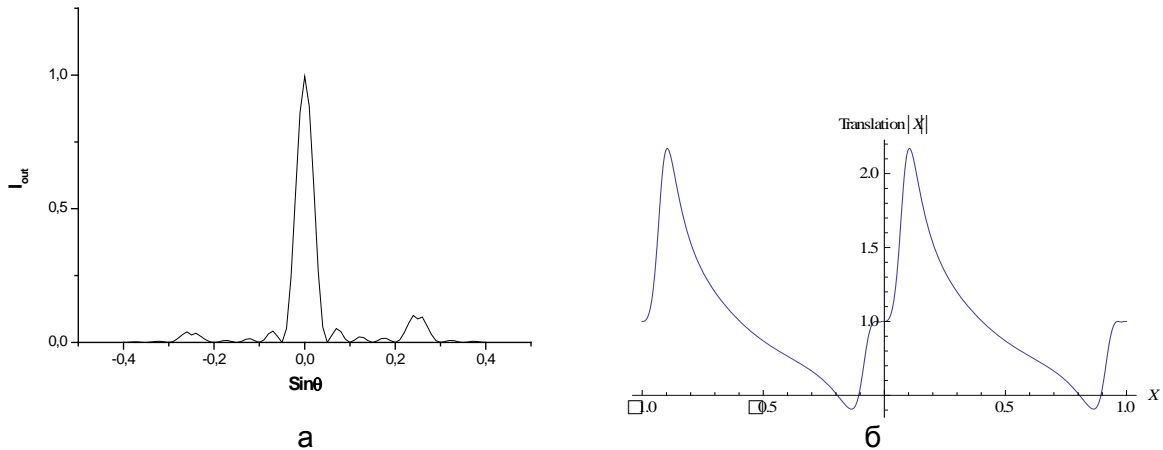


Рис. 6. Интенсивность пробного поля на выходе из среды в зависимости от синуса угла между осью Ox и направлением распространения пробного поля на выходе (а); модуль трансляционной функции в зависимости от пространственной координаты оси Ox (б).

Здесь $\gamma_1=\gamma_2=\gamma_3=\gamma$; $\gamma_{12}=\gamma_{23}=0,1\gamma$; $\gamma_{13}=0,4\gamma$; $\gamma_{14}=\gamma_{24}=\gamma_{34}=\gamma$; $g_1=g_3=8\gamma$; $g_2=0,9\gamma$; $\Delta_1=4\gamma$; $\Delta_2=0,1\gamma$; $\Delta_3=-4\gamma$; $\varphi=\pi/28$

Заключение

В заключении стоит отметить, что исследованы не все возможные параметры системы, при которых возможно наблюдение интересующего нас эффекта. Однако намечены области дальнейшего изучения:

1. развитие теории рассеяния пробного поля на двумерной решетке населенностей атомных состояний в tripod-системе в дальней зоне;
2. оптимизация параметров кросс-фазовой модуляции для увеличения дифракционной интенсивности в первом порядке до уровня, близкого к идеальной синусоидальной фазовой решетке.

В сфере же практического применения результаты исследований могут быть полезны в области телекоммуникаций, для пространственного перераспределения сигнала и управления его интенсивностью с помощью наноразмерных (несколько периодов световой волны) ячеек с заданной и перестраиваемой пространственной конфигурацией атомных когерентностей и населенностей (оптические маршрутизаторы) [9–11]. На основе описанного эффекта могут быть созданы фотонные фильтры с заданной функцией пропускания [12, 13]. Также исследования по данному направлению могут быть использованы для решения обратной задачи: восстановления картины и осуществления контроля распределения квантовых состояний системы, что, в свою очередь, важно для квантовых устройств памяти, квантовых вычислений, когерентного контроля химических процессов и реакций.

Литература

1. Ling H.Y., Li Y., Xiao M. Electromagnetically induced grating: Homogeneously broadened medium // *Phys. Rev. A.* – 1998. – V. 57. – P. 1338–1344.
2. Xie B., Cai X., Xiao Z.-H. Electromagnetically induced phase grating controlled by spontaneous emission // *Opt. Com.* – 2012. – V. 258. – P. 133–135.
3. Xiao Z.-H., Shin S.G. and Kim K. Electromagnetically induced grating by microwave modulation // *J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.* – 2010. – V. 43. – P. 161–164.
4. De Araujo L.E.E. Electromagnetically induced phase grating // *Opt. Lett.* – 2010. – V. 35. – P. 977–979.

5. Собельман И.И. Введение в теорию атомных спектров. – М.: Физматгиз, 1963. – 640 с.
6. Mitsunaga M., Imoto N. Observation of an electromagnetically induced grating in cold sodium atoms // *Phys. Rev. A.* – 1999. – V. 59. – P. 4773–4776.
7. Гудмен Дж. Введение в фурье-оптику. – М.: Мир, 1970. – 364 с.
8. Стюарт И.Г. Введение в фурье-оптику. – М.: Мир, 1985. – 183 с.
9. Carvalho S.A., de Araujo L.E.E. Electromagnetically induced blazed grating at low light levels // *Phys. Rev. A.* – 2011. – V. 83. – P. 053825.
10. Zhao L., Duan W., Yelin S.F. All-optical beam control with high speed using image-induced blazed gratings in coherent media // *Phys. Rev. A.* – 2010. – V. 82. – P. 013809.
11. Brown A.W., Xiao M. All-optical switching and routing based an electromagnetically induced absorption grating // *Opt. Lett.* – 2005. – V. 30. – P. 699–701.
12. Wen J., Zhai Y.-H., Du S., Xiao M. Engineering biphoton wave packets with an electromagnetically induced grating // *Phys. Rev. A.* – 2010. – V. 82. – P. 043814.
13. Kuang S.-qi, Wan R.-g., Du P., Jiang Y., Gao J.-y. Transmission and reflection of electromagnetically induced absorption grating in homogeneously atomic media // *Opt. Express.* – 2008. – V. 16. – P. 15455–15462.

УДК 33

УПРАВЛЕНИЕ ДЕНЕЖНЫМИ СРЕДСТВАМИ, КАК ФУНКЦИЯ ОБЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ ОБОРОТНЫМИ АКТИВАМИ

М.С. Дашкина

Научный руководитель – д.э.н., профессор В.Л. Василёнок

Работа посвящена основам управления оборотным капиталом и денежными потоками на предприятии. Эффективное и рациональное управление денежными средствами обеспечивает финансовую стабильность предприятия в процессе его развития. Управление денежными активами и их эквивалентов составляет неотъемлемую часть функций общего управления оборотными активами.

В условиях рыночной экономики для эффективного управления финансовыми потоками большое значение имеет определение оптимального размера оборотного капитала. Недостаток наличных средств может привести предприятие к банкротству, и чем быстрее темпы развития фирмы, тем больше риск остаться без наличности.

С другой стороны, чрезмерное накопление оборотного капитала не является показателем благополучия, так как приводит к «омертвлению» капитала и снижает эффективность его использования, поскольку фиксированные активы приносят большую прибыль, чем текущие. Оборотный капитал равен разнице между текущими активами и краткосрочными обязательствами.

К текущим (краткосрочным) обязательствам предприятия относят краткосрочные кредиты, кредиторскую задолженность, полученные авансы, дивиденды к уплате, арендные платежи и так далее. Величина оборотного капитала отражает сумму средств, принадлежащих предприятию (организации) в его текущих активах, и является важной характеристикой финансовой устойчивости. Оборотный капитал формируется из запасов сырья и материалов, незавершенного производства, малоценных и быстроизнашивающихся предметов, готовой продукции и дебиторской задолженности, общая стоимость которых определяет величину денежных средств, необходимых для их покрытия. Если текущие активы меньше текущих обязательств, то оборотный капитал будет отрицательным. Величина оборотного капитала предприятия, организации зависит от величины расходов на приобретение сырья и материалов и прямых накладных расходов в производстве легко реализуемой продукции; продолжительности цикла производства и реализации продукции; стоимости непрямых

накладных расходов в процессе производства и реализации продукции, объема полученного кредита и срока его возврата.

В основе всех составляющих оборотного капитала лежит критерий ликвидности, позволяющий быстро превращать средства предприятия в денежную наличность и обеспечивать финансирование его постоянных операций. Для оценки эффективности использования оборотного капитала применяют показатель рентабельности собственного капитала, определяемый как отношение чистой прибыли от реализации продукции или иного финансового результата к величине оборотного капитала. Кроме того, в хозяйственной практике для оценки эффективности оборотного капитала используют такие показатели как коэффициент оборачиваемости (число оборотов) и период оборота.

Эффективное управление финансами предполагает стремление к тому, чтобы сроки оплаты предприятием своих долгов превышали сроки погашения задолженности ее дебиторами с учетом сумм задолженностей.

Управление денежными активами или остатком денежных средств и их эквивалентов, постоянно находящимся в распоряжении предприятия, составляет неотъемлемую часть функций общего управления оборотными активами. Размер остатка денежных активов, которым оперирует предприятие в процессе хозяйственной деятельности, определяет уровень его абсолютной платежеспособности (готовность предприятия немедленно рассчитаться по всем своим неотложным финансовым обязательствам), влияет на размер капитала, инвестируемого в оборотные активы, а также характеризует в определенной мере его инвестиционные возможности (инвестиционный потенциал осуществления предприятием краткосрочных финансовых инвестиций) [2].

Под денежными потоками понимают приток и отток денежных средств и их эквивалентов. Главной целью анализа денежных потоков – это анализ финансовой устойчивости и доходности предприятия.

В соответствии с [3], по видам деятельности выделяют три вида денежных потоков: по текущей, инвестиционной и финансовой деятельности [2].

Текущая деятельность – основная, приносящая доход, и прочая деятельность, кроме инвестиционной и финансовой.

Инвестиционная деятельность – приобретение и реализация долгосрочных активов и других инвестиций, не относящихся к денежным эквивалентам [4].

Финансовая деятельность – деятельность, которая приводит к изменениям в размере и составе собственного и заемного капитала организации (без учета овердрафтного кредитования).

Основной источник информации для анализа денежных потоков – отчет о движении денежных средств [5].

Важнейшим вопросом планирования финансов является прогноз движения наличности. Назначение такого прогноза состоит в том, чтобы держать владельца (менеджера) предприятия в курсе всех поступлений денежных средств и производственных платежей.

Деньги нужны для оплаты счетов и закупки материалов, оборудования, а без них бизнес обречен. Расчет нужен для того, чтобы предвидеть возможный недостаток денежных средств и своевременно принимать соответствующие меры. В процессе хозяйственной деятельности фирмы непрерывно происходят изменения увеличения либо уменьшения денежных средств.

Уменьшение наличности происходит по мере приобретения материалов и необходимых услуг для производства готовой продукции, при погашении задолженности поставщикам. Затем после реализации запасов готовой продукции возникает входящий денежный поток, появляются и счета дебиторов. После оплаты

счетов покупателями дебиторская задолженность сокращается, а поток денежных поступлений увеличивается. Но должники часто медлят с оплатой поставок отгруженной или готовой продукции, поэтому приток денежных средств может возникнуть лишь спустя какое-то время.

Вот почему руководитель малого предприятия должен постоянно следить за движением оборотных средств, обращать внимание на любые изменения и предвидеть их последствия для финансового положения фирмы. Искусство управления денежными потоками заключается не в том, чтобы накопить как можно больше денег, а в оптимизации их запасов, в стремлении к такому планированию денежных потоков, чтобы к каждому очередному платежу по обязательствам организации ей было обеспечено поступление денег от покупателей или дебиторов при сохранении необходимых резервов. Только такой подход позволяет сохранять повседневную платежеспособность и извлекать дополнительную прибыль за счет инвестиций временно свободных денег. В этих целях составляется карта прогноза движения наличных денег.

Управление движением наличности предполагает:

- регулярное проведение анализа движения наличности;
- прогноз ее движения;
- контроль и регулирование денежных операций;
- предусмотрение [6].

Достичь оптимизации финансовых потоков помогают такие мероприятия, как оперативное планирование денежных средств, управление оборотным капиталом, бюджетный контроль заявок на расход денежных средств и план-фактный анализ. Комплекс этих инструментов объединяют в систему и называют системой казначейства [7, 8].

На многих предприятиях система казначейства уже существует, где-то присутствует в усеченном виде, а некоторые только задумываются о необходимости ее внедрения.

Можно сказать, что казначейство – не просто модная тенденция, но реальный инструмент, позволяющий получить максимально положительный экономический эффект от управления денежными средствами.

На приведенных примерах можно убедиться, что использование инструментов казначейства – важная часть финансового менеджмента и дает реальные, быстрые результаты, которые можно наблюдать сразу после внедрения.

Еще раз хочется отметить, что все инструменты данной системы взаимосвязаны и внедрение одного из них не даст такого эффекта, как внедрение целой системы, эффективность которой можно легко контролировать с помощью ключевых показателей.

Любая предпринимательская деятельность ставит своей целью получение прибыли, это подразумевает, что сальдо входящих и исходящих денежных потоков должно иметь постоянный положительный результат. Этой цели невозможно достичь без грамотного и эффективного управления входящими и исходящими денежными потоками, т.е. без их оптимизации. Таким образом, основной целью финансового менеджмента в процессе управления денежными активами является обеспечение постоянной платежеспособности предприятия.

Наряду с этой основной целью важной задачей финансового менеджмента в процессе управления денежными активами является обеспечение эффективного использования временно свободных денежных средств, а также сформированного инвестиционного их остатка.

Подводя итог, следует сделать вывод, что эффективное управление денежными активами и их эквивалентов является одной из важнейших задач предприятия и составляет неотъемлемую часть функций общего управления оборотными активами.

Литература

1. Конституция Российской Федерации. – М.: Юридическая литература, 1993. – 62 с.
2. Приказ Минфина РФ от 10 декабря 2002 г. №126н «Об утверждении Положения по бухгалтерскому учету «Учет финансовых вложений ПБУ 19/02» (с изменениями и дополнениями).
3. Приказ Минфина РФ от 06.07.99 № 43н «Об утверждении положения по бухгалтерскому учету «бухгалтерская отчетность организации» (ПБУ 4/99)».
4. Инвестиционная деятельность организации: управление денежными потоками [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://economist-info.ru/magazine-articles/show/24/>, своб.
5. Приказ Минфина РФ от 02.02.2011г. № 11н ПБУ 23/2011 «Отчет о движении денежных средств».
6. Шрайбфедер Дж. Эффективное управление запасами. – 2-е изд. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. – 304 с.
7. Федеральный закон «О несостоятельности (банкротстве)» от 26.10.2002 г. №127-ФЗ.
8. Федеральное казначейство [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.roskazna.ru/>, своб.

УДК 621.514

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СВОЙСТВ РАБОЧЕГО ВЕЩЕСТВА НА СИЛОВЫЕ ФАКТОРЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ В ВИНТОВОМ МАСЛОЗАПОЛНЕННОМ КОМПРЕССОРЕ

В.Н. Докукин

Научный руководитель – д.т.н., профессор В.А. Пронин

В работе рассматривается влияние свойств рабочих веществ на силы и моменты, действующие на рабочие органы винтового маслозаполненного компрессора. Предлагается выбор конструктивного исполнения подшипниковых узлов на основании анализа сил и моментов. Проведенные расчеты помогут сделать выбор рабочего вещества при работе винтового маслозаполненного компрессора в высокотемпературном режиме.

Выбор рабочих веществ зачастую основывается на следующих критериях [1, 2]:

- химическая стабильность и инертность к основным конструкционным материалам;
- значения рабочих давлений, разности и отношения давлений нагнетания и всасывания;
- высокая степень термодинамического совершенства, большая объемная производительность.

В настоящей работе рассматривается влияние свойств рабочего вещества на силы и моменты, действующие на рабочие органы винтового маслозаполненного компрессора (ВКМ). Анализ сил и моментов позволяет, в свою очередь, выбрать конструктивное исполнение подшипниковых узлов.

Одной из задач при проектировании ВКМ является минимизация рабочих зазоров между винтами, а также между винтами и корпусом, так как величина зазоров непосредственно связана с коэффициентом подачи компрессора [3–5], а, следовательно, с его эффективностью. В силу конструктивных особенностей радиальные зазоры в подшипниках качения меньше, чем у опор скольжения, что делает их более

предпочтительными при использовании в винтовых компрессорах. Однако применение подшипников качения ограничено силовыми и скоростными параметрами, действующими на них.

Для сравнительного анализа были выбраны хладагенты R717, R407C, R22 и R134a.

Величины реакций на опорах винтового компрессора определялись по методу, приведенному в [2, 6].

Определение реакций на опоры ведущего (ВЩ) винта. Направление и точки приложения радиальных, осевых и окружных сил, действующих на профильные поверхности винтов, показаны на рисунке. Осевые силы $P_{ij}^{(a)}$, радиальные силы $P_{ij}^{(r)}$ и силы, действующие на торец нагнетания $P_{тнi}$ на виде сбоку условно показаны действующими в одной плоскости.

Суммарная осевая сила $\sum_j P_{ij}^{(a)}$, действующая на профильные поверхности зубьев винта, создает крутящий момент относительно оси винта, причем сила, направленная в сторону всасывания, создает крутящий момент, направленный против вращения винта. Осевая сила, действующая на профильные поверхности винта в сторону нагнетания, создает крутящий момент, направленный в сторону вращения винта.

Среднее значение осевых сил за рабочий цикл ВЩ винта:

$$\sum_j P_{ij}^{(a)} = \left(\frac{2\pi}{H_i} \right) M_{i\text{ср}},$$

где H_i – ход винтовой линии; $i=1$ – для ВЩ винта; j – номер полости.

Тогда,

$$\sum_j P_{1j}^{(a)} = \left(\frac{2\pi}{H_1} \right) M_{1\text{ср}}.$$

Среднее значение крутящего момента ВЩ винта

$$M_{1\text{ср}} = (1 + \text{КМ}) \cdot M_{\text{кр}},$$

где $\text{КМ}=0,1$ – для ассиметричного типа профиля.

Осевая сила, действующая на соответствующую полость винта:

$$P_{ij}^{(a)} = P_{ij}^{(r)} \frac{\sum_j P_{ij}^{(a)}}{\sum_j P_{ij}^{(r)}},$$

где $P_{ij}^{(r)}$ – радиальная сила, действующая на j -ю полость i -го винта; $\sum_j P_{ij}^{(r)}$ – сумма радиальных сил, действующих на все полости, находящиеся под давлением выше давления всасывания.

Окружная сила, действующая на соответствующую полость винта:

$$P_{ij}^{(\tau)} = P_{ij}^{(a)} \cdot \text{ctg}\beta_{i\text{ср}},$$

где $\beta_{i\text{ср}} = \text{arctg} \left[\text{tg}\beta_{\text{H}} \cdot (d_{i\text{ср}} / d_{i\text{H}}) \right] = \text{arctg} \left[\text{tg}\beta_{\text{H}} \cdot (d_{i\text{ср}} / 2R_{i\text{H}}) \right]$ – угол наклона винтовой линии, проходящей через центр давления, лежащей на цилиндре диаметром $d_{i\text{ср}}$.

На ВЩ винт действуют более значительные осевые и радиальные, чем на ведомый (ВМ) винт [6, 7]. В связи с этим рассмотрим силы, действующие на ВЩ винт и его опорные реакции.

Рассмотрим плоскости $O_1 - P_{1j}^{(r,a)}$ (рис. 1). В плоскостях $O_1 - P_{1j}^{(r,a)}$, наклоненных к линии центров под углом γ_{1j} , действует радиальная сила $P_{1j}^{(r)}$ и осевая сила $P_{1j}^{(a)}$.

Уравнение моментов сил относительно опор ВЩ винта:

$$\sum M_{B1j} = P_{1j}^{(r)} \cdot (L_{01} - z_{T1} - z_{1j}) - H_{1j}^{(r,a)} \cdot L_{01} - P_{1j}^{(a)} \cdot R_{1cp} = 0$$

$$\sum M_{H1j} = B_{1j}^{(r,a)} \cdot L_{01} - P_{1j}^{(a)} \cdot R_{1cp} - P_{1j}^{(r)} \cdot (z_{T1} + z_{1j}) = 0,$$

где L_{01} – расстояние между опорными подшипниками ВЩ винта; z_{T1} – расстояние от опорного подшипника на стороне нагнетания до торца нагнетания ВЩ винта.

Решая эти уравнения относительно реакции опор, получаем выражения для определения величин реакций:

$$H_{1j}^{(r,a)} = \frac{P_{1j}^{(r)} \cdot (L_{01} - z_{T1} - z_{1j}) - P_{1j}^{(a)} \cdot R_{1cp}}{L_{01}}$$

$$B_{1j}^{(r,a)} = \frac{P_{1j}^{(r)} \cdot (z_{T1} + z_{1j}) + P_{1j}^{(a)} \cdot R_{1cp}}{L_{01}}.$$

Проекции этих реакций на оси x_1 и y_1 равны:

$$H_{1j,x}^{(r,a)} = H_{1j}^{(r,a)} \cdot \cos \gamma_{1j}, \quad B_{1j,x}^{(r,a)} = B_{1j}^{(r,a)} \cdot \cos \gamma_{1j}$$

$$H_{1j,y}^{(r,a)} = H_{1j}^{(r,a)} \cdot \sin \gamma_{1j}, \quad B_{1j,y}^{(r,a)} = B_{1j}^{(r,a)} \cdot \sin \gamma_{1j}.$$

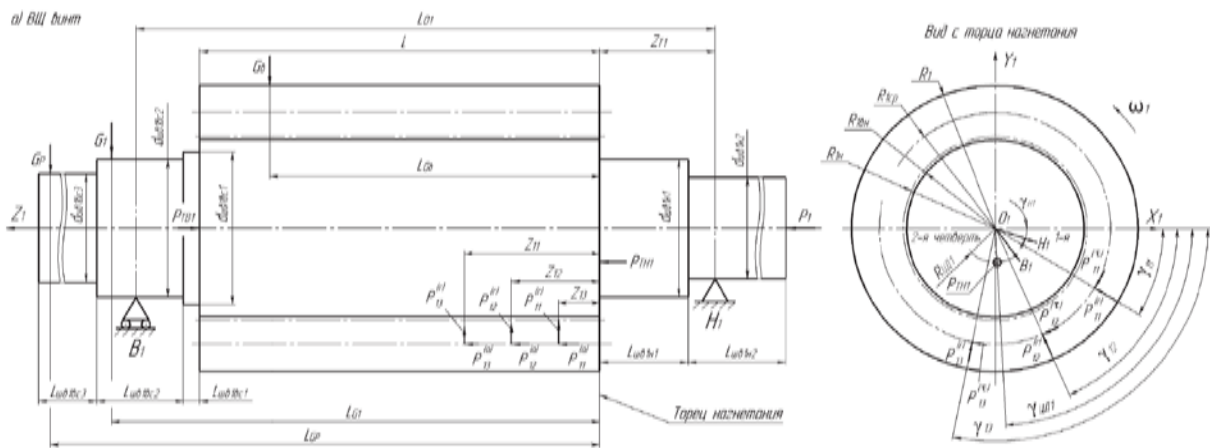


Рисунок. Силы и моменты сил, действующие на ВЩ винт. Реакции опор

Рассмотрим плоскость $O_1 - P_{1j}^{(\tau)}$. В этой плоскости действует момент от окружной силы $P_{1j}^{(\tau)}$, и она перпендикулярна плоскости $O_1 - P_{1j}^{(r,a)}$.

Уравнение моментов сил относительно опор ВЩ винта:

$$\sum M_{B1j} = P_{1j}^{(\tau)} \cdot (L_{01} - z_{T1} - z_{1j}) - H_{1j}^{(\tau)} \cdot L_{01} = 0$$

$$\sum M_{H1j} = B_{1j}^{(\tau)} \cdot L_{01} - P_{1j}^{(\tau)} \cdot (z_{T1} + z_{1j}) = 0.$$

Решая эти уравнения относительно реакции опор, получим выражения для определения величин реакций:

$$H_{1j}^{(\tau)} = \frac{P_{1j}^{(\tau)} \cdot (L_{01} - z_{T1} - z_{1j})}{L_{01}};$$

$$B_{1j}^{(\tau)} = \frac{P_{1j}^{(\tau)} \cdot (z_{T1} + z_{1j})}{L_{01}}.$$

Реакции на опорах ВЩ винта от действия силы $P_{\text{ТН1}}$ со стороны торцов нагнетания и всасывания соответственно равны:

$$H_1^{(T)} = -M_{\text{ТН1}} / L_{01}$$

$$B_1^{(T)} = -H_1^{(T)}.$$

Определение реакций от действия сил тяжести ВЩ винта. Из-за конструктивных особенностей полугерметичных компрессоров, на валу ВЩ винта устанавливается ротор электродвигателя и, следовательно, полная сила тяжести ВЩ винта равняется:

$$G_1 = G_B + G_P,$$

где G_B – вес ВЩ винта; G_P – вес ротора электродвигателя.

Определение веса ВЩ винта и координат его центра тяжести (рисунок):

$$G_B = [(\pi R_1^2 - z_1 f_{1n})L + V_{\text{Н1шв1}} + V_{\text{Н1шв2}} + V_{\text{ВС1шв1}} + V_{\text{ВС1шв2}} + V_{\text{ВС1шв3}}] \gamma_{\text{ст}},$$

где $V_{\text{Н1шв1}}$ и $V_{\text{Н1шв2}}$ – объемы шеек вала ВЩ винта на стороне нагнетания, начиная от торца нагнетания:

$$V_{\text{Н1шв1}} = 0,25\pi d_{\text{шв1н1}}^2 L_{\text{шв1н1}};$$

$$V_{\text{Н1шв2}} = 0,25\pi d_{\text{шв1н2}}^2 L_{\text{шв1н2}},$$

где $d_{\text{шв1н1}}$, $d_{\text{шв1н2}}$ – диаметры шеек вала ВЩ винта на стороне нагнетания; $L_{\text{шв1н1}}$, $L_{\text{шв1н2}}$ – соответствующие им длины шеек; $V_{\text{ВС1шв1}}$, $V_{\text{ВС1шв2}}$ и $V_{\text{ВС1шв3}}$ – объемы шеек вала ВЩ винта на стороне всасывания, начиная от торца всасывания:

$$V_{\text{ВС1шв1}} = 0,25\pi d_{\text{шв1вс1}}^2 L_{\text{шв1вс1}};$$

$$V_{\text{ВС1шв2}} = 0,25\pi d_{\text{шв1вс2}}^2 L_{\text{шв1вс2}};$$

$$V_{\text{ВС1шв3}} = 0,25\pi d_{\text{шв1вс3}}^2 L_{\text{шв1вс3}},$$

где $d_{\text{шв1вс1}}$, $d_{\text{шв1вс2}}$, $d_{\text{шв1вс3}}$ – диаметры шеек вала ВЩ винта на стороне всасывания; $L_{\text{шв1вс1}}$, $L_{\text{шв1вс2}}$, $L_{\text{шв1вс3}}$ – соответствующие им длины шеек; $\gamma_{\text{ст}}$ – плотность материала винта.

Определение координат центра тяжести ВЩ винта. Считая торец нагнетания точкой отсчета координат по оси Z_1 , а координаты, расположенные в сторону торца всасывания, считая положительными.

$$x_1^{(G_B)} = 0;$$

$$z_1^{(G_B)} = L_{G_B} = [(\pi R_1^2 - z_1 f_{1n})L^2 / 2 - V_{\text{Н1шв1}} L_{\text{шв1н1}} / 2 - V_{\text{Н1шв2}} (L_{\text{шв1н1}} + L_{\text{шв1н2}} / 2) + V_{\text{ВС1шв1}} (L + L_{\text{шв1вс1}} / 2) + V_{\text{ВС1шв2}} (L + L_{\text{шв1вс1}} + L_{\text{шв1вс2}} / 2) + V_{\text{ВС1шв3}} (L + L_{\text{шв1вс1}} + L_{\text{шв1вс2}} + L_{\text{шв1вс3}} / 2)] / [(\pi R_1^2 - z_1 f_{1n})L - V_{\text{Н1шв1}} - V_{\text{Н1шв2}} + V_{\text{ВС1шв1}} + V_{\text{ВС1шв2}} + V_{\text{ВС1шв3}}].$$

Координаты центра тяжести ротора электродвигателя. Считая торец нагнетания точкой отсчета координат по оси Z_1 , а координаты, расположенные в сторону торца всасывания, считая положительными.

$$x_1^{(G_P)} = 0;$$

$$z_1^{(G_P)} = L_{G_P}.$$

Полная сила тяжести ВЩ винта:

$$G_1 = G_B + G_P, \text{ где } G_P \text{ – вес ротора электродвигателя.}$$

Определим координаты центра тяжести G_1 (отсчет от торца нагнетания):

$$z_1^{(G_1)} = L_{G_1} = \frac{G_B \cdot z_1^{(G_B)} + G_P \cdot z_1^{(G_P)}}{G_B + G_P}.$$

Проекция реакции от действия силы тяжести G_1 (рисунок) на ось x_1 равны нулю, а на ось y_1 :

$$H_{1,y}^{(G)} = -\frac{G_1(L_{G_1} + z_{T1} - L_{01})}{L_{01}}$$

$$B_{1,y}^{(G)} = \frac{G_1(L_{G_1} + z_{T1})}{L_{01}}.$$

Сумма проекций всех реакций на оси x_1 и y_1 :

$$H_{1,x} = \sum_j H_{1j,x}^{(r,a)} + \sum_j H_{1j,x}^{(\tau)} + H_{1,x}^{(T)}$$

$$H_{1,y} = \sum_j H_{1j,y}^{(r,a)} + \sum_j H_{1j,y}^{(\tau)} + H_{1,y}^{(T)} + H_{1,y}^{(G)}$$

$$B_{1,x} = \sum_j B_{1j,x}^{(r,a)} + \sum_j B_{1j,x}^{(\tau)} + B_{1,x}^{(T)}$$

$$B_{1,y} = \sum_j B_{1j,y}^{(r,a)} + \sum_j B_{1j,y}^{(\tau)} + B_{1,y}^{(T)} + B_{1,y}^{(G)}.$$

Реакции на опорах винта:

$$H_1 = \sqrt{H_{1,x}^2 + H_{1,y}^2}$$

$$B_1 = \sqrt{B_{1,x}^2 + B_{1,y}^2}.$$

Заключение

На основании проведенных расчетов можно дать оценку возможности использования опор качения в ВКМ малой производительности, работающих в высокотемпературном режиме в зависимости от компримируемых сред.

Чем больше реакции на опорах ВКМ, тем больше эквивалентная динамическая нагрузка и меньше ресурс работы опорных подшипников качения. Применение подшипников качения ограничено ресурсом его работы L_h . При L_h менее 50000 ч применяют подшипники скольжения, что, в свою очередь, снижает экономичность машины из-за снижения коэффициента подачи λ и эффективного КПД η_e винтового компрессора [3].

Одним из недостатков ВКМ на R717 являются высокие реакции на опоре ВЩ винта со стороны торца нагнетания H_1 , что делает невозможным применение подшипников качения и снижает экономичность его использования. Реакции H_1 на опоре ВЩ винта компрессора на R407C гораздо больше, чем у ВКМ на R717, поэтому на более легких режимах (при $t_0=5^\circ\text{C}$, $t_k=60^\circ\text{C}$) возможно применение подшипников качения. Большие реакции H_1 не позволяют использовать подшипники качения в ВКМ на R22. Работа ВКМ на хладагенте R134a характеризуется самыми низкими реакциями H_1 , что делает возможным применение подшипников качения на всех режимах с целью повышения экономичности работы компрессора.

Проведенные расчеты помогут сделать выбор рабочего вещества в зависимости от особенности применения винтового маслозаполненного компрессора в высокотемпературном режиме. Из соображений наименьших реакций на опорах наиболее предпочтительным хладагентом представляется R134a.

Литература

1. Холодильные машины и тепловые насосы. Повышение эффективности: Справочник / Под ред. А.В. Быкова. – М.: Агропромиздат, 1988. – 286 с.
2. Холодильные машины / Под ред. Л.С. Тимофеевского. – СПб: Политехника, 2006. – 944 с.
3. Холодильные компрессоры: Справочник / Под ред. А.В. Быкова. – М.: Колос, 1992. – 304 с.
4. Fujiwara M., Osada Y. Performance analysis of oil injected screw compressors and their application // International Journal of Refrigeration. – 1995. – V. 18. – № 4. – P. 220–227.
5. Seshaiyah N., Subrata Kr. Ghosh, Sahoo R.K., Sunil Kr. Sarangi. Mathematical modeling of the working cycle of oil injected rotary twin screw compressor // Applied Thermal Engineering. – 2007. – V. 27. – P. 145–155.
6. Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин / Под ред. И.А. Сакуна. – Л.: Машиностроение, 1987. – 423 с.
7. Докукин В.Н. Выбор рабочего вещества для испытания холодильного винтового маслозаполненного компрессора в высокотемпературных режимах // Сборник тезисов докладов VII Международной научно-технической конференции «Современные проблемы холодильной техники и технологии». – Одесса, 2011. – С. 25–27.

УДК 535.317

РАЗРАБОТКА ОСНОВ КОМПОЗИЦИИ И ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ СОВРЕМЕННЫХ ПРИБОРОВ ГРАЖДАНСКОГО И СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В.В. Ежова

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

Рассмотрены основы композиции и параметрический синтез оптических систем на основе двухкомпонентной системы. Приведен анализ коррекционных возможностей элементов оптических систем, построенных на основе известных схем.

Ключевые слова: оптическая система, аберрации.

Введение

Развитие современной электроники непосредственно определяется успехами в создании сложных оптических систем, формирующих изображение высокого качества в области ультрафиолетового излучения, конструкция которых должна быть предельно простой, соответствующей высоким требованиям изготовления. Современные оптико-электронные средства наблюдения наземного и космического базирования, системы управления летательными устройствами, ракетами и снарядами требуют создания оптических систем, обладающих требуемыми массогабаритными параметрами и формирующими изображение высокого качества в видимой, инфракрасной и ультрафиолетовой области излучения. Возможность такого развития оптико-электронных устройств невозможно без создания оптических систем, формирующих изображение дифракционного качества, обладающих предельно малыми габаритами и предельно достижимой простотой конструкции. Формальное усложнение известных конструкций оптических систем приводит к повышению трудоемкости их изготовления (к снижению технологичности изготовления) и к дополнительным проблемам

достижения требуемого качества изображения. Этим определяется потребность исключения лишних элементов в оптических системах.

Для решения этой задачи необходимо знать габаритные и абберационные свойства отдельных оптических элементов и принципиальных схем и определение возможных путей их развития.

Эти знания определяют основу композиции возможных вариантов требуемых оптических систем, основу разработки методов их построения и расчета. Однако пути решения этой задачи неочевидны. Исследования проблем композиции оптических систем на протяжении последних десятилетий ведутся в рамках соответствующей научной школы на кафедре прикладной и компьютерной оптики НИУ ИТМО [1–4]. Выполнение работ по предлагаемой теме явится заметным шагом в развитии теории и практики проектирования оптических систем, соответствующих современному и перспективному уровню технологии и оборудования для их изготовления.

Основная часть

Любая оптическая система должна соответствовать своему функциональному назначению, т.е. должна формировать изображение требуемой величины и качеств, иметь необходимую светосилу и т.д. При этом важно иметь в виду, что оптимальность компоновки прибора, его минимальные габариты и масса, удобство применения и, в конечном счете, потребительские свойства и стоимость определяются степенью обоснованности выбора параметров оптических компонентов и их расположения, взаимной обусловленностью применяемых базовых (силовых) и коррекционных оптических элементов. Практический опыт разработки оптических систем показал, что, зная свойства отдельных оптических элементов, можно компоновать исходную оптическую схему системы путем сочетания в ней только тех элементов, свойства и возможности которых необходимы для удовлетворения требований, предъявляемых к ней. Такой подход исключает существование в системе бесполезных элементов.

Метод разработки оптических систем посредством компоновки их из различного рода базовых и коррекционных конструктивных элементов и узлов впервые был предложен профессором НИУ ИТМО М.М. Русиновым и получил развитие в его трудах [5]. Важно отметить, что удовлетворение требований, предъявляемых к разрабатываемой оптической системе, в общем случае может обеспечиваться различными принципиальными схемами, что свидетельствует о существовании нескольких возможных решений. Следовательно, в результате синтеза оптической системы из ряда выбранных конструктивных элементов получаем один из возможных вариантов конструктивного решения задачи.

При разработке оптической системы, удовлетворяющей заданным требованиям, естественно выбирать такую исходную систему, которая при заданных габаритных ограничениях принципиально обладала бы необходимыми коррекционными возможностями. Построение любой оптической системы начинается с отдельной линзы, формирующей исходное изображение предмета. При более или менее значительных угловых полях в пространстве изображаемых предметов уже на этой стадии построения оптической системы следует предусмотреть возможность компенсации остаточных aberrаций и, прежде всего таких, как кома, астигматизм, кривизна поверхности изображения. Величина сферической aberrации, комы и астигматизма изображения определяется оптической силой и формой (прогибом) линзы, поперечным увеличением изображения (положением предмета относительно линзы) и положением входного зрачка.

Для достижения требуемого качества изображения оптическую систему объектива, состоящую из одной тонкой линзы, приходится дополнять, как минимум,

еще одной линзой. В общем случае это приводит к изменению положения предмета, изображаемого исходной линзой, к изменению оптической силы и прогиба линзы и, как следствие, к изменению требуемого положения входного зрачка.

Основным элементом оптической системы является отдельная линза в воздухе. Предполагается исследовать абберационные свойства тонкой линзы в узких пучках лучей, что позволит определить положение анастигматических зрачков. В связи с этим изучение абберационных свойств тонкой линзы можно рассматривать как необходимое условие грамотной композиции оптических систем.

Если предмет расположен на бесконечно большом расстоянии от тонкого компонента, то такую схему называют базовой оптической схемой первого вида. Если предмет расположен в передней фокальной плоскости тонкого компонента, то такую схему называют базовой схемой второго вида. Оптическую схему, образованную тонким компонентом, совмещенным с плоскостью предмета, называют базовой схемой третьего вида.

В результате композиции путем сочетания базовых схем различного вида с учетом требуемого расположения плоскостей предмета и изображения, входного и выходного зрачков и диафрагм, их ограничивающих, можно получить вариант оптической схемы прибора любой сложности. Таким образом, введение понятия базовой схемы позволяет распространить идеи синтеза и композиции на разработку оптических схем. Представление оптических систем в виде сочетания тонких компонентов может оказаться полезным для оценки сложности задач коррекции аббераций и выбора необходимых средств для этого.

Конструктивные ограничения, накладываемые на разрабатываемую оптическую систему, как правило, не позволяют в полной мере осуществить принцип построения оптической системы, состоящей из тонких компонентов. В общем случае разработка конструкции оптической системы остается сложной эвристической задачей.

В простейшем случае оптическая система состоит из одного тонкого компонента, формирующего изображение при апланатической коррекции аббераций, т.е. при требуемом качестве изображения предмета в пределах малого углового поля изображаемого пространства предметов. Увеличение углового поля приводит к появлению недопустимой величины остаточного астигматизма и кривизны поверхности изображения.

Двухкомпонентная система вполне может быть принята в качестве базовой для построения целого ряда современных оптических систем различного назначения и различной сложности – телеобъектив, обратный телеобъектив, объектив Петцваля, триплет и оптические системы других объективов.

Оптическая система из двух тонких линз (первая линза по ходу луча имеет положительную оптическую силу, а вторая линза – отрицательную), разделенных конечным воздушным промежутком, принципиально обладает коррекционными параметрами для плананастигматической коррекции аббераций – можно решить задачу коррекции не только сферической абберации и комы, но и астигматизма, а при определенных условиях – и кривизны поверхности изображения. Это возможно при малых относительном отверстии и угловом поле изображаемого пространства. При отрицательной силе первой по ходу лучей линзы имеем оптическую систему обратного телеобъектива.

Главные плоскости толстого отрицательного мениска вынесены в пространство вогнутой поверхности. Исходя из этого, сочетание тонкой линзы с толстым отрицательным мениском формально можно рассматривать в качестве двухкомпонентной системы, обладающей более благоприятными коррекционными возможностями. Сочетание тонкого компонента с отрицательным апланатическим мениском позволяет получить апланатическую в области аббераций третьего порядка

оптическую систему, при этом при малой кривизне поверхности изображения апланатическая поверхность второго вида компенсирует астигматизм, вносимый тонким компонентом.

Дополнив эту систему такой же, образуем симметричную систему, формирующую изображение с поперечным увеличением, равным минус единице. Применяв метод сохранения углов излома апертурного луча, определим конструктивные параметры системы при положении предмета на бесконечно большом расстоянии от нее. Такая система позволяет достичь максимальных значений параметров.

При расположении тонкой линзы в широких пучках лучей можно найти такие значения поперечного увеличения, при которых в изображении, образованном тонкой линзой, отсутствуют первичные aberrации: сферическая aberrация и кома.

При расположении тонкой линзы в узких пучках лучей значение aberrаций зависит от положения входного зрачка. Кривизна поверхности изображения, образованного тонкой линзой, определяется ее оптической силой и показателем преломления материала линзы. При однозначном положении входного зрачка, при котором в изображении, образованном тонкой линзой, отсутствует первичный астигматизм, при том же положении зрачка отсутствует и первичная кома.

При композиции оптических систем важно знать не только положение входного зрачка тонкой линзы при анастигматической коррекции aberrаций, но и характер изменения астигматизма при изменении положения зрачка.

Если в анастигматических зрачках расположить афокальный компенсатор сферической aberrации и комы, то получим простейший вариант оптической системы объектива апланатического анастигмата. Учитывая положение анастигматических зрачков каждой из линз афокального компенсатора, можно раздвинуть линзы на конечное расстояние друг от друга, образовав систему, известную под названием «триплет». Исследование aberrационных свойств тонкой линзы в широких пучках лучей позволит определить оптимальный прогиб линз триплета.

Применение базовых схем и их сочетаний позволяет строить варианты оптических систем переменного увеличения и переменного фокусного расстояния. Введение понятия базовой принципиальной схемы оптической системы переменного увеличения позволяет распространить идеи синтеза и композиции оптических систем на системы с переменными характеристиками.

Вполне очевидно, что для воплощения идеи композиции в практику проектирования оптических систем необходимо располагать достаточно развитым набором базовых и коррекционных элементов. Можно сформулировать следующие направления исследований, решающих эту задачу:

- изучение aberrационных свойств сферических поверхностей при больших апертурах и полях, анализ их коррекционных возможностей;
- определение оптимального сочетания свойств (показателей преломления и дисперсии) перспективных марок стекол, обладающих требуемыми возможностями коррекции aberrаций, исследование проблем применения вновь созданных оптических материалов;
- изучение aberrационных свойств, разработка методов расчета и контроля в процессе изготовления несферических поверхностей.

Выводы

Исследование характера изменения астигматизма при смещении положения входного зрачка позволит определить оптимальное сочетание компонентов в двухкомпонентной схеме для получения высоко светосильной системы типа объектива Петцваля или объектива при плананастигматической коррекции аберраций.

Потому знание аберрационных свойств тонкой линзы, выбранной в качестве базовой, позволяет грамотно дополнять ее требуемыми коррекционными элементами.

Эти исследования особенно важны при разработке оптических систем, применяемых для построения изображения в невидимых областях спектра, где оптическое стекло излучение не пропускает и выбор материала весьма ограничен.

В связи с успехами, достигнутыми в области изготовления несферических поверхностей, проблемы изучения их аберрационных свойств и композиции оптических систем на основе применения несферических поверхностей приобретают все большую актуальность. В настоящее время несферические поверхности применяются не только в осветительных устройствах и в крупных астрономических инструментах, но и в составе сложных оптических систем (в фотографических объективах и в объективах съемочных телевизионных камер, в окулярах зрительных труб и т.д.), где они позволяют существенно повысить характеристики оптических приборов и в то же время упростить их оптическое устройство (применить меньшее количество оптических элементов), обеспечивая при этом высокое качество изображения.

Литература

1. Зверев В.А. Основы геометрической оптики. – СПб: СПбГИТМО (ТУ), 2002. – 218 с.
2. Зверев В.А. Идеи композиции как принцип построения рациональной конструкции оптической системы // Научно-технический вестник ИТМО. – 2002. – Вып. 5. – С. 56–71.
3. Ежова В.В., Зверев В.А. Аберрационный анализ двухкомпонентной схемы оптической системы объектива // Оптический журнал. – 2012. – Т. 79. – № 12. – С. 23–29.
4. Ежова В.В., Зверев В.А., Точилина Т.В. Аберрационный анализ композиции тонкого оптического компонента с концентрическим мениском // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2012. – № 6 (82). – С. 6–12.
5. Русинов М.М. Композиция оптических систем. – 2-е изд. – М.: Эдиториал УРСС, 2011. – 384 с.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ ВХОДНОГО ЗРАЧКА НА ФУНКЦИЮ ПЕРЕДАЧИ МОДУЛЯЦИИ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

К.В. Ежова

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

Рассмотрено влияние коэффициента центрального экранирования зрачка на качество изображения системы. Приведены зависимости величины остаточной волновой аберрации от коэффициента центрального экранирования.

Ключевые слова: оптическая система, коэффициент экранирования.

Введение

Важным параметром зеркальных и зеркально-линзовых оптических систем является величина коэффициента центрального экранирования зрачка. Принято считать, что если волновая аберрация изображения удовлетворяет критерию Рэлея (не превышает $0,25\lambda$), то коэффициент экранирования $k_{\text{Э}}$ не должен превышать 0,3.

Основная часть

Для компенсации сферической аберрации, как показано в работе [1], в схемы зеркальных и зеркально-линзовых оптических систем вносят плоскопараллельные пластины.

В предельном случае, толщина пластинки равна:

$$d = \frac{n^3}{n^2 - 1} \frac{1 - k_{\text{Э}}}{4\alpha}. \quad (1)$$

Очевидно, что чем меньше величина коэффициента экранирования, тем больше требуемая толщина пластинки. Большая толщина пластинки может оказаться важным недостатком рассматриваемой оптической системы [2, 4]. Однако во многих случаях нет необходимости в предельной разрешающей способности изображения, но требуется достаточно высокая освещенность его. При этом волновая аберрация может существенно превышать критерий Рэлея. Можно предполагать, что в этом случае характер влияния центрального экранирования на качество изображения будет отличаться от характера влияния при предельной разрешающей способности.

Для исследования этого явления применим оптическую систему, состоящую из отражающей поверхности сферической формы. Для определенности в знаках величин дополним сферическое зеркало плоским. Пусть фокусное расстояние такой системы равно $f' = 1000$ мм. Пусть при равной нулю на краю зрачка волновая аберрация на зоне зрачка равна $W = 2,5\lambda$. Тогда, используя в качестве коррекционных параметров диаметр входного зрачка и величину смещения плоскости наилучшей установки, получаем оптическую систему, конструктивные параметры и аберрационные характеристики которой представлены в табл. 1, 2.

Таблица 1. Конструктивные параметры системы

N	r, мм	d, мм	n
1	-2000	-500	1,00
2	0	64,45	-1
			1,00

Таблица 2. Аберрационные характеристики системы

S0	Z0	Z'0(0)	S'0(0)	F'(0)	VЗР(0)	S'A		
	0	-500,0	500,00	1000,0	1,000	499,17		
MU=0	H	ДС'(0)	TGC'	Y'(0)	W(0)	ЭТА %		
	115	-0,828	0,115	-0,0956	0,113e-5	0,331		
	99,5	-0,414	0,0998	-0,0413	1,88	0,248		
	81,2	0,323e-3	0,0814	-0,279e-4	2,5	0,165		
	57,5	0,414	0,0575	0,0238	1,87	0,0826		
MU	Z	Z'	TGC'	Y'(0)	ДИС	Z'M	Z'S	Z'M-Z'S
0,707e-4	0	-500,0	-0,71e-4	0,0707	0	0,827	0,827	-0,500e-5
0,100e-3	0	-500,0	-0,10e-3	0,0999	0	0,827	0,827	-0,100e-4

Изменяя в масштабе конструктивные параметры системы, получаем требуемую величину волновой аберрации на зоне зрачка при сохранении условий формирования изображения. Нулевая волновая аберрация в гауссовом изображении точки достигается заменой сферической поверхности отражающим параболоидом вращения.

На рис. 1 приведены кривые функции передачи модуляции (ФПМ) изображения при трех значениях волновой аберрации: при $W=0$, при $W=0,25\lambda$ и при $W=1,00\lambda$. Анализируя вид кривой 3, можно считать, что при $W=1,00\lambda$ предельное разрешение соответствует пространственной частоте 80 штр/мм.

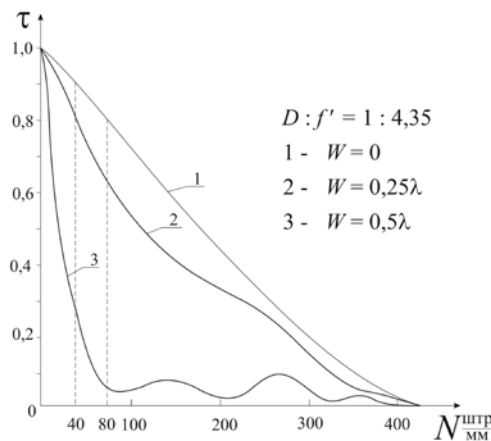


Рис. 1. Кривые ФПМ изображения при трех значениях волновой аберрации: кривая 1 – $W=0$; кривая 2 – $W=0,25\lambda$; кривая 3 – $W=1,00\lambda$

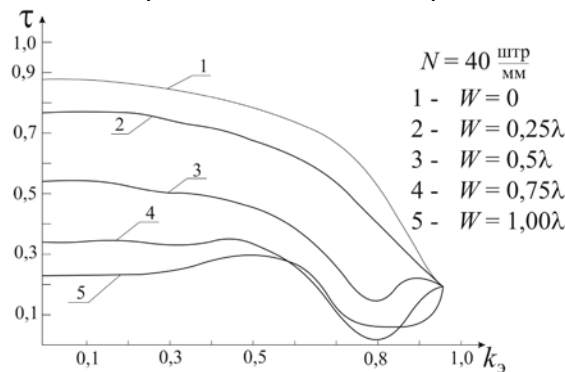


Рис. 2. Зависимость значения ФПМ изображения при пространственной частоте 40 штр/мм и при волновой аберрации $W=0; 0,25\lambda; 0,50\lambda; 0,75\lambda; 1,00\lambda$ от коэффициента центрального экранирования зрачка по диаметру

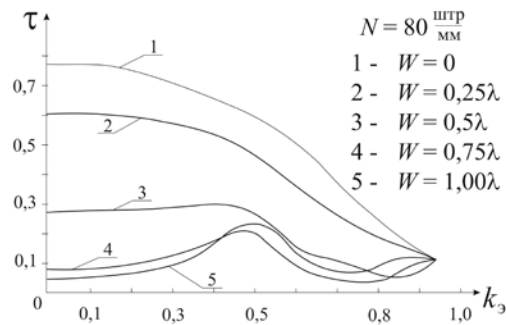


Рис. 3. Зависимость значения ФПМ изображения при пространственной частоте 80 штр/мм и при волновой aberrации $W=0; 0,25\lambda; 0,50\lambda; 0,75\lambda; 1,00\lambda$ от коэффициента центрального экранирования зрачка по диаметру

На рис. 2, 3 представлены кривые зависимости ФПМ изображения от величины коэффициента центрального экранирования зрачка при волновой aberrации $W=0; 0,25\lambda; 0,50\lambda; 0,75\lambda; 1,00\lambda$ при пространственной частоте изображения $N=40$ штр/мм и $N=80$ штр/мм соответственно. Из вида кривых следует, что при волновой aberrации $W=0,50\lambda$ при изменении коэффициента экранирования в диапазоне $0 \leq k_э \leq 0,5$ ФПМ изображения при частоте $N=40$ штр/мм уменьшается от нуля до 14%, а при частоте $N=80$ штр/мм остается практически неизменной. При волновой aberrации $W=0,75\lambda$ при изменении коэффициента экранирования в том же диапазоне ФПМ изображения при частоте $N=40$ штр/мм остается практически неизменной и равной $\tau=0,34$, а при $N=80$ штр/мм при начальном значении $\tau=0,08$ увеличивается в 2,5 раза. При остаточной волновой aberrации $W \geq 1,00\lambda$ при изменении коэффициента экранирования в диапазоне $0 \leq k_э \leq 0,5$ ФПМ изображения при частоте $N=40$ штр/мм при начальном значении $\tau=0,23$ становится равной $\tau=0,30$, а при $N=80$ штр/мм при начальном значении $\tau=0,04$ увеличивается в 6 раз.

Из анализа результатов выполненных вычислений следует, что при остаточной волновой aberrации $W \geq 0,75\lambda$ экранирование центральной зоны зрачка при $k_э \approx 0,5$ повышает контраст изображения. При этом толщина пластинки уменьшается примерно в 1,5 раза.

Однако в этом случае угловое увеличение изображения, образованного оптической системой, тоже уменьшится в полтора раза, а, следовательно, снизится эффективность ее применения.

Важно заметить, что основную роль в компенсации сферической aberrации изображения, образованного отражающей сферической поверхностью, играет первая поверхность плоскопараллельной пластинки. Заменяем вторую поверхность пластинки сферической поверхностью внутреннего отражения, образовав афокальную систему как показано на рис. 4.

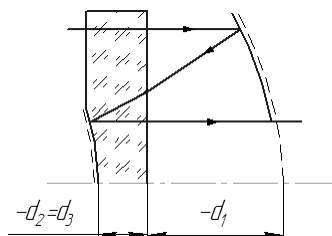


Рис. 4. Афокальная насадка на основе плоскопараллельной пластины с зеркалом внутреннего отражения

Толщина пластины в такой системе наоборот слишком мала. В связи с этим уменьшая экранирование в системе, можно выдержать достаточную толщину пластины и добиться больших значений углового увеличения.

Схема и абберационные характеристики объектива на основе афокальной насадки второго типа представлены на рис. 5 и в табл. 3 соответственно.

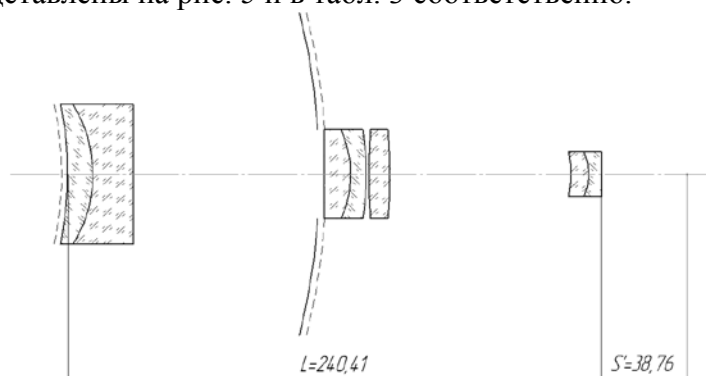


Рис. 5. Схема зеркально-линзового объектива на основе афокальной насадки с использованием плоскопараллельной пластины с зеркалом внутреннего отражения.
 $f'=500$, $2\omega=3^\circ$, $1:k=1:5$

Таблица 3. Абберационные характеристики полученного объектива

S0	Z0	Z'0(0)	S'0(0)	F'(0)	VЗР(0)	S'A			
	1217	-53,99	33,761	500,16	0,1854	38,761			
MU=0	H	ДС'(0)	TGC'	Y'(0)	W(0)	ЭТА %	Y'(1-0)	Y'(2-0)	Y'(2-1)
	50	0,139	0,1	0,0139	-0,0071	0,933e-3	-0,0114	0,0156	0,027
	43,3	0,0215	0,0869	0,00187	-0,177	0,0224	-0,00681	0,0094	0,0162
	35,4	-0,0354	0,0709	-0,0025	-0,15	0,0289	-0,00346	0,00474	0,0082
	25	-0,0404	0,0501	-0,002	-0,0544	0,0213	-0,00116	0,00154	0,0027
MU	TGC'	Y'(0)	ДИС	Z'M	Z'S	Z'M-Z'S	Y'(1-0)	Y'(2-0)	Y'(2-1)
0,0124	-0,0668	6,19	0,00357	-0,0073	-0,0073	-0,00458	0,00372	0,00361	-0,108e-3
0,0175	-0,0946	8,76	0,00995	-0,0058	-0,0058	-0,00292	0,00518	0,00524	0,645e-4

Литература

1. Зверев В.А., Хлусова Н.И. Применение плоскопараллельной пластинки для исправления сферической аберрации // ОМП, ОНТИ ГОИ. – 1972. – Вып. 9. – С. 24–25.
2. Зверев В.А. Оптическая система сферического зеркала с плоскопараллельной пластинкой // ОМП, ОНТИ ГОИ. – 1986. – Вып. 11. – С. 30–32.
3. Зверев В.А. Основы геометрической оптики. – СПб: СПбГИТМО (ТУ), 2002. – 218 с.
4. Романова Г.Э. Композиция зеркально-линзового объектива, основанная на применении свойств плоскопараллельной пластины // Вестник конференции молодых ученых СПбГУ ИТМО. Сборник научных трудов. – 2004. – Т. 1. – С. 80–90.
5. Романова Г.Э. Разработка теоретических основ композиции оптических систем зеркальных и зеркально-линзовых объективов: Дис. ... канд. техн. наук. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2005. – 135 с.

КИНЕТИКА ПРОЦЕССА ВЫПЕКАНИЯ ТЕСТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

С.В. Ефимова

Научный руководитель – д.т.н., профессор В.Е. Куцакова

В настоящей работе предлагаются методы расчета продолжительности выпечки хлебобулочных изделий, а также тесно связанные с ними кинетические закономерности процесса образования корки. Предлагаемые методы обладают свойством общности и могут быть использованы для всех видов выпекаемых изделий. Кроме того, в работе предлагается способ переработки остаточных пивных дрожжей и последующее использование полученного биологически ценного продукта при производстве хлеба.

Ключевые слова: хлеб, время выпечки, толщина корки хлеба, остаточные пивные дрожжи.

В настоящее время отмечается устойчивая тенденция к увеличению спроса на хлеб целевого и профилактического назначения.

Хлебобулочные изделия из пшеничной сортовой муки, являющиеся основой нашего рациона, являются недостаточно сбалансированными по содержанию незаменимых аминокислот, минеральных веществ и витаминов. В связи с этим для производства таких изделий используют добавки из натурального традиционного и нетрадиционного для этого производства сырья, применение которого позволяет значительно расширить ассортимент хлеба, обогащенного важнейшими для организма человека биологически активными веществами, содержащимися в добавке.

Остаточные пивные дрожжи (ОПД) являются одним из основных и наиболее ценным побочным продуктом пивоварения. Анализ исследовательских работ показывает возможность использования дрожжевых ферментных препаратов, автолизатов пивных дрожжей для улучшения биологической ценности хлеба [1]. ОПД обладают огромной пищевой ценностью: содержат витамины группы В, витамины D, E, F, K и важные микроэлементы, находящиеся в биоусвояемой форме. Клетки дрожжей на 40–47% состоят из белка [2]. Качество белка ОПД определяется содержанием в нем всех аминокислот: лизина, гистидина, тирозина, треонина, метионина в количестве 7,67; 3,99; 3,86; 5,61; 1,48% от общей массы белка соответственно [1]. Следует отметить, что, несмотря на то, что белок дрожжей сбалансирован по содержанию аминокислот, он плохо переваривается в связи с высокой устойчивостью клеточных стенок дрожжей к действию пищеварительных ферментов.

Имеются данные о влиянии различных соотношений ОПД на качество хлеба. Установлено, что высокое качество хлеба достигается при замене части пшеничной муки мукой из ОПД в соотношении 85:1. При этом по объему, пористости, структурно-механическим свойствам мякиша исследуемый хлеб превосходит контрольные образцы [1]. Учеными Белградского государственного университета установлено, что при введении в состав теста ОПД увеличивается газообразующая и газодерживающая способность теста, улучшаются его реологические характеристики.

Таким образом, очень перспективным является использование ОПД в технологии хлебопекарного производства для приготовления изделий улучшенного качества, повышенной пищевой ценности и лечебно-профилактического назначения, а также для ускорения процесса брожения теста.

Однако в настоящее время в России остаточные пивные дрожжи в основном используют при производстве белковых кормовых добавок, в пищевой промышленности они практически не используются. Основными факторами, препятствующими широкому использованию отработанных, деактивированных пивных

дрожжей в пищевой промышленности, являются сильно выраженная горечь и большое количество нуклеиновых кислот, содержащихся в остаточных пивных дрожжах.

Нами разработан способ получения белковой добавки на основе остаточных пивных дрожжей, позволяющий получить обезгореченный готовый продукт, содержащий высокоусвояемый белок, а также не содержащий нуклеиновые кислоты.

Сущность предлагаемого способа заключается в том, что мокрые остаточные пивные дрожжи гомогенизируют при перепаде давлений 200–220 атм., гидролизуют щелочью (NaOH) до pH 8,5–9,0; промывают водой, нейтрализуют соляной кислотой до pH 6,5–7,0 и сушат.

Установлено, что при переработке остаточных пивных дрожжей по предложенной технологии, перевариваемость протеина увеличивается с 60 до 90–92%.

Измерение горечи согласно методу European Brewery Convention (ЕВС, 1987) показало, что в результате данной обработки горечь в дрожжах снижается с 85,7 ВU до 0 ВU [3].

Кроме того, исследование содержания нуклеиновых кислот в готовом продукте показало, что образцы полученного препарата из остаточных пивных дрожжей содержат следовые количества РНК, содержание ДНК в образцах менее 0,1%.

Таким образом, полученный продукт можно использовать при производстве продуктов питания широкого ассортимента спектра. В частности, при внесении полученной белковой добавки в количестве 1–3% к массе муки при изготовлении пшеничного хлеба, установлено, что продолжительность брожения уменьшается в 3 раза при максимальном введении по сравнению с контрольным образцом, а упек готовых изделий уменьшается на 0,62%. Кроме того пористость готовых изделий увеличивается на 5% по сравнению с контрольным образцом а, следовательно, изменяется величина теплофизических параметров продукта. Изменение теплофизических параметров продукта, в свою очередь, влияет на продолжительность термообработки хлеба.

Следует отметить, что качество хлеба во многом определяется стадией выпечки. В настоящее время длительность процесса выпечки определяется в основном экспериментальным путем, наличие же теоретических методов расчета продолжительности процесса позволит отыскать необходимое время процесса для самых разнообразных изделий.

В настоящей работе предлагаются закономерности, позволяющие рассчитывать собственно время выпечки, а также методы расчета времени образования корки.

Мы полагаем, что образование корки при выпечке хлеба происходит следующим образом. По достижении поверхностью выпекаемой тестовой заготовки (ВТЗ) температуры испарения влаги $t_{исп}=100^{\circ}\text{C}$, появляется и начинает двигаться вглубь ВТЗ фронт испарения влаги. В связи с этим температура на границе корки и мякиша постоянна и равна температуре испарения $+100^{\circ}\text{C}$, причем время прогрева поверхности ВТЗ до этой температуры в начале процесса очень мало и им можно пренебречь. При этом толщина корки невелика по сравнению с размерами всего изделия, поэтому мы можем решать задачу нагревания до необходимой экспериментально установленной температуры в центре $t_{ц}$ при условии, что его поверхность имеет температуру $t_{пов}=100^{\circ}\text{C}$. Было установлено что при выпечке в лабораторной печи при 230°C для получения готового пропеченного хлеба в момент выемки хлеба из печи температура в центре мякиша должна быть: для формового хлеба $t_{ц}=70–75^{\circ}\text{C}$ и подового хлеба 85°C [4]. Так как в процессе выпечки теплофизические параметры ВТЗ сильно изменяются, при расчете теплофизические параметры за время выпечки усредняем. Необходимо также учитывать вид и форму изделия. Тогда продолжительность процесса может быть рассчитана посредством соотношения:

$$\tau = \frac{R^2}{ka} \ln \left\{ A_{\text{ц}} \frac{t_{\text{пов}} - t_{\text{нач}}}{t_{\text{пов}} - t_{\text{ц}}} \right\}, \quad (1)$$

где R – характерный размер (расстояние от поверхности до наиболее удаленной от нее точки в глубине тела); a – средняя температуропроводность ВТЗ во время процесса выпечки. Для расчета k и $A_{\text{ц}}$ использованы соответственно расчетное соотношение и таблица [5].

Теперь рассмотрим процесс образования корки. Теплота для испарения влаги подводится к фронту теплопроводностью через образовавшуюся корку. В момент окончания процесса выпечки толщина корки равна Δ , м. Далее, поскольку теплота, отводимая от уже образовавшейся корки мала по сравнению с теплотой испарения влаги, мы можем ею пренебречь и считать распределение температуры в корке квазистационарным. Поскольку толщина корки мала по сравнению с размерами ВТЗ, мы можем считать ее бесконечной пластиной. Решением стационарного уравнения теплопроводности для бесконечной пластины является линейная функция. Пусть x – координата, направленная вглубь ВТЗ, м (на поверхности $x = 0$), введем безразмерную координату $\xi = x/\Delta$. Пусть на момент времени τ безразмерная толщина корки равна $\delta(\tau)$ (в начале процесса образования корки $\delta=0$, в конце процесса выпечки $\delta=1$). Коэффициенты линейного распределения температуры зависят от времени, при этом время можно выразить через толщину корки $\tau(\delta)$, тогда коэффициенты будут зависеть от толщины корки δ . В этом случае распределение температуры в корке $t(\xi)=A(\delta)x+B(\delta)$ определяется двумя граничными условиями: на границе испарения температура равна $t_{\text{исп}}$, а на поверхности ВТЗ выполняется стандартное краевое условие третьего рода. Записав уравнение распределения температуры в корке с соответствующими граничными и начальными условиями можно получить соотношения для определения температуры ВТЗ в точке ξ ($t(\xi)$) и температуры поверхности ВТЗ ($t_{\text{пов}}$):

$$t(\xi) = t_{\text{исп}} + \frac{Bi(\delta-\xi)(t_{\text{кам}}-t_{\text{пов}})}{Bi\delta+1}; \quad t_{\text{пов}} = t(0) = \frac{t_{\text{исп}}+Bi\delta t_{\text{кам}}}{Bi\delta+1}, \quad (2)$$

где $t_{\text{кам}}$ – температура в камере.

Далее, рассмотрев уравнение для скорости движения фронта, найдем время образования корки, толщиной δ .

$$\tau = \frac{q\Delta^2}{\lambda(t_{\text{кам}}-t_{\text{исп}})} \left(\frac{\delta^2}{2} + \frac{\delta}{Bi} \right). \quad (3)$$

Расчетные и экспериментальные значения времени выпечки совпадают в пределах 4–5%. Зная время выпечки, используя уравнение (3), можно определить толщину корки хлеба. Для многих видов хлеба толщина корки нормируется ГОСТами. Например, ржаные и ржано-пшеничные сорта хлеба имеют корку толщиной 3–4 мм, пшеничные – 1,5–3 мм. В ряде случаев корка оказывается слишком толстой или подгорелой, тогда к концу процесса температуру в камере следует понижать.

Таким образом, предложенные расчетные соотношения позволяют рассчитать время процесса выпечки, а также оценить толщину образовавшейся за это время корки. Все предлагаемые соотношения обладают свойством общности, однако при переходе от одного вида хлебобулочных изделий к другому меняются теплофизические параметры, что необходимо учитывать при расчете.

Литература

1. Дудкин М., Козлов Г. Нетрадиционные добавки в хлебобулочных изделиях // *Зерно и хлеб*. – 2000. – № 1. – С. 28.
2. Bekatorou A. et al.: Food Grade Yeasts // *Food Technol. Biotechnol.* – 2006. – V. 44. – № 3. – P. 407–415.

3. Куцакова В.Е., Фролов В.Ф., Шкотова Т.В., Чичина Т.В. К вопросу об удалении горечи из отработанных пищевых дрожжей // Изв. вузов. Пищевая технология. – 2012. – С. 67–69.
4. Ауэрман Л.Я. Технология хлебопекарного производства: Учебник. – 9-е изд.; перераб. и доп. / Под общ. ред. Л.И. Пучковой. – СПб: Профессия, 2002. – 416 с.
5. Бараненко А.В., Куцакова В.Е., Борзенко Е.И., Фролов С.В. Примеры и задачи по холодильной технологии пищевых продуктов. Часть 3. Теплофизические основы. – СПб: ГИОРД, 2012. – 272 с.

УДК 539.216.1; 53.083.2; 53.084.2

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ЗОНДЫ С Pt/C НАНОВИСКЕРАМИ ДЛЯ СКАНИРУЮЩЕЙ ЗОНДОВОЙ МИКРОСКОПИИ

М.В. Жуков

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

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.

Введение

В настоящее время достаточно большой интерес в области высокоточного исследования поверхностей материалов представляют методы улучшения повышения разрешающей способности путем модификации существующих зондовых датчиков для сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ) [1, 2]. К одним из таких методов можно отнести выращивание на концах кремниевых пирамидок зондов нановискеров с длиной около 0,15–3 мкм и более, известных также как кристаллы нитевидной формы [3].

Существует множество методов по выращиванию нановискеров на кончиках зондов для СЗМ. Одним из первых методов выращивания нановискеров является метод газовой эпитаксии [4], при котором выращивание происходит при определенной температуре и давлении на подложке, которая является базой для будущего нановискера. В процессе эпитаксии при газовом напылении и осаждении на подложку растут нановискерные структуры, и, варьируя внешние условия, можно управлять данным процессом.

Более современным методом выращивания нановискеров является метод молекулярно-пучковой эпитаксии [5]. Преимуществом метода является возможность создания массива нановискеров в промышленных масштабах с высокой степенью упорядоченности, однако существуют проблемы при необходимости роста единичных нановискеров с жестким контролем параметров роста.

Одним из наиболее новых методов является выращивание нановискеров под пучком электронов в вакууме [6], который позволяет создавать единичные нановискеры с полностью контролируемыми параметрами (длина, утолщение и направление роста) и достаточно высокой точностью за короткое время.

Ведутся работы по модификации и контролю параметров [7, 8] нановискерных структур. Исследование и тестирование полученных нановискеров в основном

проводится с помощью электронной и сканирующей зондовой микроскопии [9, 10]. При этом во время сканирования образцов с тонкой топологией структуры стандартными и модифицированными зондами с нановискерами нередко возникают существенные изменения в разрешающей способности зондовых микроскопов, которые экспериментально еще мало изучены.

Целью данной работы являлось исследование влияния специализированных зондов с Pt/C нановискерами на разрешающую способность сканирующих зондовых микроскопов при исследовании групп образцов различной природы с тонкой топологией структуры методом атомно-силовой микроскопии (АСМ).

Экспериментальная часть

Объектом исследований являлся одиночный Pt/C нановискер, выращенный на вершине зонда для проведения высокоточных измерений методом АСМ и улучшения существующей разрешающей способности данного класса приборов (рис. 1). Характерный поперечный размер нановискеров, используемых в экспериментах, составлял около 30–40 нм. Радиус скругления вершины стандартного металлоорганического нановискера имел значения 7–12 нм. В работе использовались зонды с нановискерами длиной около 0,8–1,2 мкм (аспектное отношение соответственно $\alpha \sim 20\text{--}40$) [11].

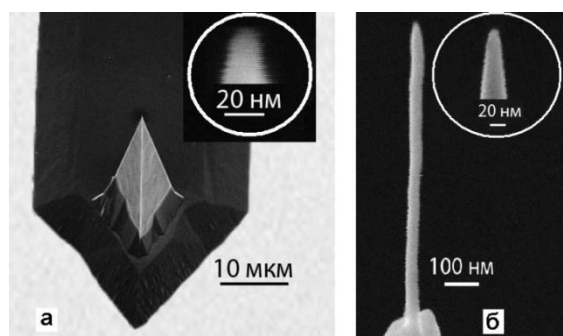


Рис. 1. СЗМ-изображения кремниевой пирамидки исходного кантилевера (а) и металлоорганического нановискера, выращенного на вершине зонда (б)

Применен новый метод получения нановискерных структур – формирование одиночного металлоорганического вискера происходило под электронным пучком в присутствии газа-прекурсора с полностью контролируруемыми параметрами. Основным преимуществом данного метода является то, что выращивается не совокупность вискеров, а один упорядоченный нановискер с полностью контролируемыми параметрами, что позволяет избежать частотных искажений при работе.

Используемые материалы (30% платина, 70% углерод) приводят к более высокой износостойкости и прочности нановискеров, а также большей инертности при исследовании биологических структур по сравнению со стандартными кремниевыми зондами.

Полученные зонды с Pt/C нановискерами были подвергнуты тестированию на прочность при многократном сканировании. Данный тип зондов выдерживает 3–4 цикла сканирования, что сопоставимо работе исходных зондов с кремниевой пирамидкой в качестве рабочей части. Во многом это обусловлено оптимальным направлением роста и прочностными параметрами выращиваемых нановискеров [11].

В ходе экспериментов исследовались следующие группы образцов.

1. Калибровочные решетки фирмы НТ-МДТ. Тип TGQ1, представляющий собой упорядоченный массив квадратных ячеек фиксированной высоты [12]. Параметры калибровочной решетки приведены в таблице.

Таблица. Параметры калибровочной решетки TGQ1

Высота калибровочной площадки, нм	Период между калибровочными площадками по X, мкм	Период между калибровочными площадками по Y, мкм	Размер калибровочной площадки по X, мкм	Размер калибровочной площадки по Y, мкм
20±1,5	3±0,05	3±0,05	1,5±0,35	1,5±0,35

- Образцы биологического происхождения (эритроциты). В качестве объектов биологической природы были выбраны эритроциты периферической крови, взятые из кубитальной вены хирургических пациентов. Мазки крови из области операционной раны при этом готовили на обезжиренных стеклянных подложках стандартным способом, после чего высушивали на воздухе в течение 10 мин при температуре около 24°C [13].
- Искусственно созданные структуры на алюминии. Методом термического распыления на слюде получена тонкая пленка алюминия толщиной 500 нм. Шероховатость поверхности пленки алюминия Ra составила около 5,3 нм, что позволило вырастить структурированный пористый оксидный слой с гексагональной структурой в процессе электрохимического оксидирования поверхности.

Исследование объектов происходило на комплексе СЗМ NT-MDT Ntegra Aura (NT-MDT, Россия) в полуконтактном режиме АСМ. Все измерения проводились как с модифицированными, так и со стандартными зондами для последующего сравнения полученных изображений и выявления особенностей при сканировании объектов зондами с нановискерами.

Обсуждение результатов

При тестировании Pt/C нановискеров на калибровочной решетке TGQ1, представляющей собой массив выступающих квадратных ступенек, было выявлено, что уширение фронта на границе резких перепадов высот гораздо меньше у зондов с нановискерами, по сравнению со стандартными зондами. На сечении одной ячейки шириной 2 мкм можно увидеть уширение фронта перепада высот, составляющее для стандартного зонда значение около 160 нм, для зонда с нановискером около 80 нм. Следовательно, при использовании Pt/C зонда происходит снижение уширения примерно в два раза, что говорит о более четкой прорисовке резких границ зондами с нановискерами (рис. 2, 3).

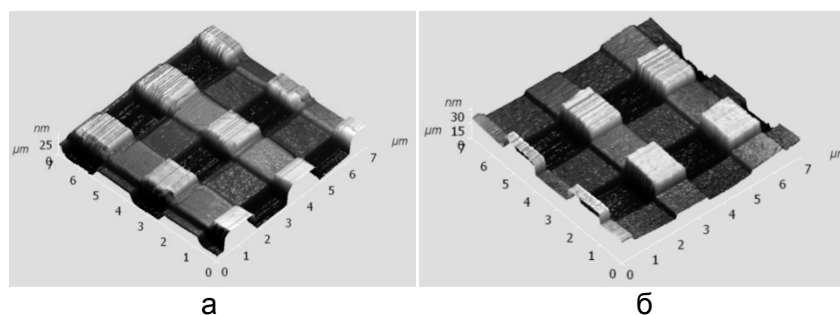


Рис. 2. Изображения калибровочной решетки TGQ1 7×7 мкм в 3D, полученные стандартным зондом (а) и зондом с нановискером (б)

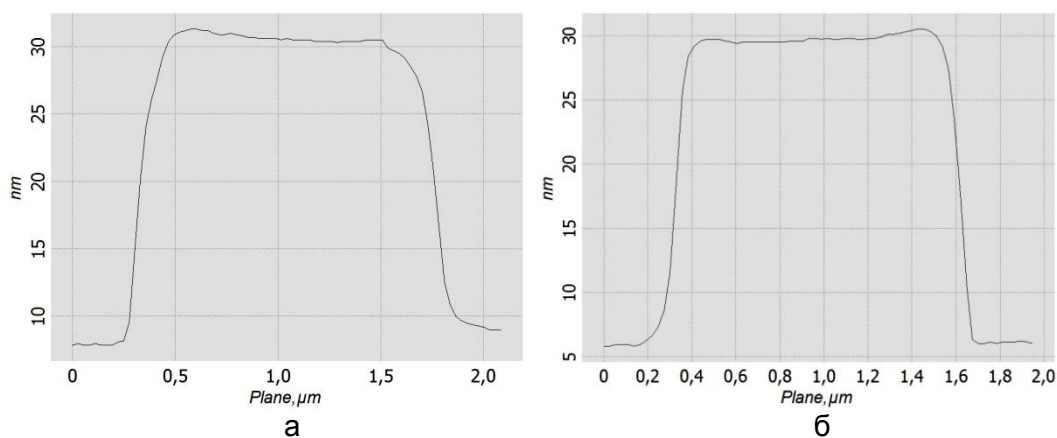


Рис. 3. Изображение сечения одной ступеньки калибровочной решетки TGQ1, полученное стандартным зондом (а), ширина наклона около 160 нм, и зондом с нановискером (б), ширина наклона около 80 нм

Следующими образцами при тестировании нановискерных зондов являлись биологические объекты, клетки крови – эритроциты. В качестве сравнения был исследован один и тот же эритроцит, что можно видеть по дефекту в верхней части и линиям перепада высот на его поверхности (рис. 4).

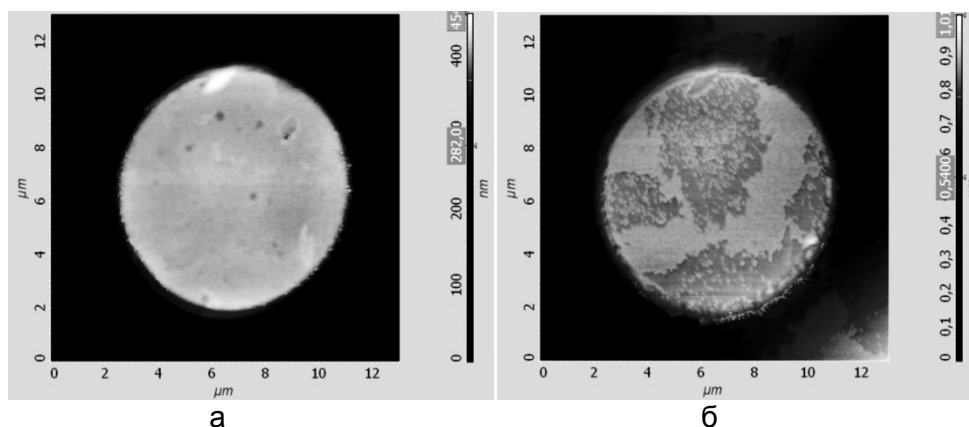


Рис. 4. Изображения эритроцита 12×12 мкм, полученные стандартным зондом (а) и зондом с нановискером (б)

Обнаружено, что при использовании зондов с Pt/C нановискерами существенно повышается 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. 4, б). При сканировании мембран эритроцитов можно увидеть наноразмерные объекты, которые стандартным зондом обнаружить не удалось (рис. 5).

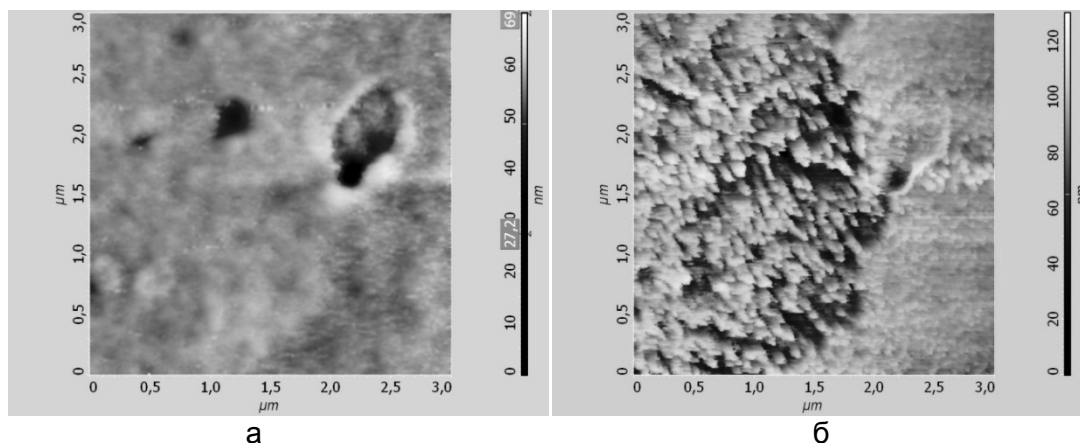


Рис. 5. Изображение поверхности мембраны эритроцита 3×3 мкм, полученное стандартным зондом (а) и зондом с нановискером (б)

Для исследования отображения небиологических образцов природного происхождения был использован напыленный на слюду слой анодированного алюминия (рис. 6). При определенных условиях анодирования на поверхности образуется структура гексагональных упорядоченных пор, которую удалось разрешить только при использовании зондов с нановискерами. При сканировании стандартными зондами гексагональной структуры выявлено не было, наблюдался лишь набор слабо упорядоченных пор на алюминии.

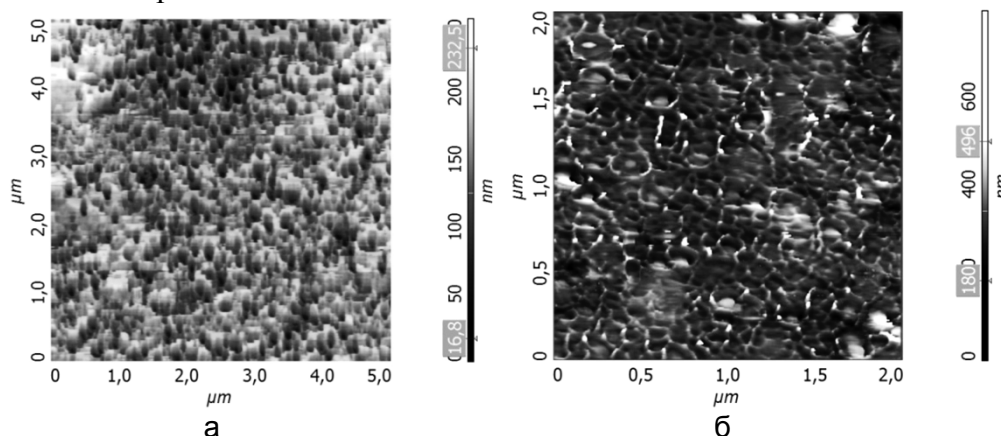


Рис. 6. Изображения поверхности пор оксида алюминия Al_2O_3 , полученные стандартным зондом (а) и зондом с нановискером (б)

На изображении присутствуют остатки продуктов реакции электрохимического оксидирования алюминия, которые не удалось полностью убрать с образца (светлые области). Размер пор составил около 150–200 нм в диаметре и 60–90 нм в глубину. Максимальное разрешение для стандартных зондов сохраняется вплоть до размеров области сканирования 5×5 мкм, тогда как у зондов с Pt/C нановискерами до 2×2 мкм и менее.

Заключение

В работе были исследованы методом атомно-силовой микроскопии объекты различной природы с помощью стандартных и модифицированных Pt/C нановискерами зондов. Выявлена более четкая прорисовка резких границ зондами с нановискерами на примере калибровочных решеток типа TGQ1.

На основе анализа проведенных опытов можно сделать вывод, что разрешающая способность зондов с нановискерами превосходит таковую у стандартных зондов (по линейным размерам). Минимальное разрешение сканирования для стандартных зондов

сохраняется вплоть до 5×5 мкм, тогда как зонды с нановискерами на вершине позволяют изучать тонкую топологию структуры на размерах порядка 2×2 мкм и менее.

Показано на объектах различной природы, что нановискерные зонды дают гораздо более детальное и достоверное изображение при сканировании нанорельефных поверхностей, особенно области мезоразмеров (около 2–50 нм), 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 ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы (ГК П557), программы «У.М.Н.И.К.» и централизованного фонда НИУ ИТМО.

Литература

1. Klinov D., Magonov S. True molecular resolution in tapping-mode atomic force microscopy with high-resolution probes // *Applied Physics Letters*. – 2004. – V. 84. – № 14. – P. 2697–2699.
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. Branner S.S. The Growth and properties of whiskers // *Science*. – 1958. – V. 128. – P. 9–575.
5. 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. – P. 726–729.
6. Мухин И.С., Мухин М.С., Феклистов А.В., Голубок А.О. Специализированные СЗМ-зонды на основе каркасных вискерных структур // *Научное приборостроение*. – 2011. – Т. 21. – № 3. – С. 23–29.
7. 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.
8. 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.
9. Kado H., Yokoyama K., Tohda T. Atomic force microscopy using ZnO whisker tip // *Rev. Sci. Instrum.* – 1992. – V. 63. – № 6. – P. 3330–3332.
10. Yoshida T., Naito H., Okuda M. Scanning tunneling microscopy using a ZnO whisker tip // *Appl. Phys. Lett.* – 1994. – V. 64. – № 24. – P. 3243–3245.
11. 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.
12. Сайт фирмы НТ–МДТ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ntmdt-tips.com/products/view/tgq1>, своб.
13. Белоусова О.Д., Гайдаш А.А., Толмачев И.А., Ивченко Е.В., Голубок А.О., Левичев В.В., Мухин И.С., Жуков М.В., Белоусов И.С., Ткачук И.В. Структура цитоплазматических мембран и химический состав эритроцитов в раннем периоде раневых повреждений по данным сканирующей зондовой микроскопии // *Военно-медицинский журнал*. – 2013. – Т. 334. – № 1. – С. 19–24.

ЛАЗЕРНЫЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФОТО-ТЕРМО-РЕФРАКТИВНЫХ СТЕКОЛ АКТИВИРОВАННЫХ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ ИОНАМИ

А.С. Иванов

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

Работа проводится с целью расширения области применения фото-термо-рефрактивных стекол. В ходе работы планируется решить несколько задач. Исследование лазерных свойств и получение лазерной генерации на фоточувствительной среде, с возможностью записи периодической структуры. Исследование влияния редкоземельных ионов в составе фото-термо-рефрактивного стекла на оптические свойства данного материала. Также будет рассмотрено влияние редкоземельных ионов на характеристики голограмм, получаемых в фото-термо-рефрактивном стекле, и влияние наличия голограмм в стекле на лазерные свойства материала.

Введение

Фото-термо-рефрактивные (ФТР) стекла являются перспективным материалом для создания объемных амплитудно-фазовых голограмм [1]. Эти стекла производят компании Corning (США), Optigrate (США), PD-LD (США) и НИИ нанофотоники и оптоинформатики НИУ ИТМО (Россия). На основе коммерчески выпускаемых (классических) ФТР стекол изготавливаются разнообразные голографические дифракционные оптические элементы: спектральные и пространственные селекторы, сверхузкополосные фильтры, внутриврезонаторные брэгговские зеркала для повышения спектральной яркости и термической стабилизации длины волны полупроводниковых лазеров, брэгговские чирпированные решетки для компрессии световых импульсов, сумматоры мощных лазерных пучков и т.д. [2, 3]. В настоящее время эти элементы эффективно используются в лазерной технике, оптической связи, системах записи, хранения и обработки информации, технике локации и навигации.

Классические ФТР стекла и оптические элементы на их основе имеют следующие достоинства: высокий прирост показателя преломления ($\Delta n \sim 5 \times 10^{-4}$) (если речь идет о голограмме, то этот параметр называют амплитудой модуляции первой гармоники показателя преломления), высокая дифракционная эффективность (до 95%), большая толщина голограммы (несколько мм), что позволяет создавать сверхузкополосные спектральные (полуширина около 0,1 нм) и пространственные (0,8 мрад) фильтры, неограниченный срок хранения голограммы (десятки лет), высокая термическая, механическая и оптическая прочность (эти характеристики близки к промышленному оптическому стеклу К8).

ФТР стекло это многокомпонентный материал, в состав которого помимо стеклообразователя в виде силикатов и модификаторов входят разнообразные добавки: трехвалентный церий, который является донором фотоэлектронов и определяет фоточувствительность материала. Кроме того, в состав ФТР стекла входят ионы серебра, сурьмы и олова, которые сначала играют роль акцепторов электронов, т.е. перехватывают фотоэлектроны с церия, а затем, при последующей термообработке, играют роль доноров, т.е. «сбрасывают» электроны на ионы серебра с дальнейшим их восстановлением и образованием коллоидных частиц. Также в состав ФТР стекла входят галогениды – фториды и бромиды, которые участвуют в формировании кристаллической фазы.

Благодаря последним исследованиям с целью уменьшения наведенных оптических потерь в видимой области спектра, обусловленных полосой поглощения коллоидных наночастиц серебра в сине-зеленой области спектра, был модифицирован классический состав ФТР стекла путем оптимизации концентрации галогенидов

(фторидов и бромидов), ионов сурьмы, играющих ключевую роль в захвате и сбросе фотоэлектронов при облучении и последующей термообработке ФТР стекла, а также понижена концентрация паразитных примесных ионов, способных к захвату фотоэлектронов. Было также продемонстрировано, что голограммы на модифицированном ФТР стекле не имеют дополнительной полосы поглощения в синезеленой области спектра, обусловленной поглощением на металлических наночастицах серебра ($\lambda_{\max}=450$ нм), как это имеет место в случае классического ФТР стекла, коэффициент наведенного поглощения в котором достигает $3,5 \text{ см}^{-1}$. Это позволяет записывать чисто фазовые голограммы на ФТР стекле, которые могут работать в широком спектральном диапазоне. Помимо высокой прозрачности в коротковолновом диапазоне, голограммы на модифицированном ФТР стекле имеют прирост показателя преломления в 2 раза больший ($\Delta n \sim 10^{-3}$), чем для классического ФТР стекла. Более того, максимальный прирост показателя преломления ($\Delta n = 10,2 \times 10^{-4}$) для модифицированного ФТР стекла достигается при экспозициях в 7 раз ниже, чем у классического состава ФТР стекла ($\Delta n = 4,5 \times 10^{-4}$).

Высокие значения прироста показателя преломления для объемной среды и последние модификации состава ФТР стекла открывают новые возможности по использованию данного материала. Матрица данного стекла позволяет вводить в систему сочетания эрбия, иттербия, неодима [4], а также другие редкоземельные ионы, достаточные для получения активной лазерной среды на данном стекле. Однако исследования лазерных и оптических свойств данного материала после легирования редкоземельными ионами не проводилось. Ключевой особенностью получения активной среды на базе ФТР стекла является возможность записи голограмм прямо в активной среде. Высокая дифракционная эффективность объемных фазовых отражательных голограмм на данном материале позволит создать полноценный лазер без внешних резонаторных зеркал. Как известно для получения лазерной генерации одним из условий является наличие положительной обратной связи – резонатора. В классическом случае в качестве резонатора выступает пара зеркал. Данное решение приводит к тому, что на границе раздела сред воздух–активная среда возникают оптические потери. В сущности, любое решение, в котором усиливается излучение выходит за пределы активной среды испытывает потери на переотражениях внутри резонатора. Концепция использования ФТР стекла в качестве активной среды позволяет полностью избавиться от внешних резонаторов. В предлагаемом решении в роли зеркал резонатора будут выступать голограммы, записанные на торцах активной среды. Таким образом, излучение в процессе усиления будет постоянно находиться внутри активной среды, что позволит избежать потерь на переотражениях при проходе резонатора.

Если рассматривать применение излучения в качестве накачки других лазерных систем, стоит отметить, что ключевым параметром в данном случае является полуширина контура излучения. При накачке весьма важно попасть в полосу поглощения активной среды. Это позволяет избежать лишнего нагрева активной среды и повышает эффективность накачки. Если рассматривать современные диоды, которые используются для решения данной задачи, то основной проблемой для них является широкая полоса излучения. Для решения этой проблемы используются весьма крупногабаритные устройства. Также лазерные диоды имеют неприятную особенность изменять центральную длину волны в процессе работы из-за нагрева активной среды, что вынуждает использовать дополнительные системы по стабилизации длины волны излучения. Преимущества использования в данном случае среды на базе ФТР стекла в том, что у голограмм, получаемых на данном материале, очень высокая спектральная селективность. Таким образом, контроль длины волны генерируемого излучения возможен прямо внутри активной среды. Исходя из данных последних исследований,

проводимых на данном стекле, спектральная селективность голограмм толщиной всего в 1 мм лежит за пределами 1 нм. В частности, для пропускающей фазовой голограммы толщиной 760 мкм спектральная селективность составляет 4 Å. А дифракционная эффективность отражательных фазовых голограмм легко достигает 100%.

Ключевой задачей данной работы будет исследование влияния редкоземельных ионов на характеристики получаемых на ФТР стекле голограмм, на оптические свойства данного материала, а также исследование лазерных свойств ФТР стекла и влияния процесса записи голограмм на лазерные свойства данного стекла. Объединение свойств фоточувствительной регистрирующей среды со свойствами лазерного материала позволит данному стеклу выполнять одновременно функции селективного резонатора и активной среды. Данное решение позволит избавиться от потерь при выходе излучения из активной среды при прохождении резонатора, френелевских потерь на границе сред. А наличие распределенной обратной связи внутри самой среды позволит управлять длиной волны генерируемого излучения. В настоящий момент для выбора узкого диапазона из спектральной полосы излучения лазера требуется использование дополнительных устройств. Создание полифункциональной среды позволит производить настройку такого лазера, без каких-либо лишних устройств. ФТР стекло уже проявило себя как высококачественный материал для объемной фазовой голографии. На данном материале возможно создание высокоэффективных (около 100%) высокоселективных фазовых голограмм. Также данный материал является прозрачным в предлагаемой ближней ИК области.

Литература

1. Кучинский С.А., Никоноров Н.В., Паньшева Е.И., Савин В.В., Туниманова И.В. Свойства объемных фазовых голограмм на мультихромных стеклах // Оптика и спектроскопия. – 1991. – Т. 70. – № 6. – С. 1296.
2. Efimov O.M., Glebov L.B., Glebova L.N., Richardson K.C., Smirnov V.I. High efficiency Bragg Grating in Photo-Thermo-Refractive Glass // Appl. Optics. – 1999. – V. 38. – № 4. – P. 619–627.
3. Efimov O.M., Glebov L.B., Smirnov V.I. Interaction of photo-thermo-refractive glass with nanosecond pulses at 532 nm // Proc. SPIE. – 2003. – V. 5273 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.1117/12.536864>, своб.
4. Sato Y., Taira T., Smirnov V., Glebova L., Glebov L. Continuous-wave diode-pumped laser action of Nd³⁺-doped photo-thermo-refractive glass // Optics Letters. – 2011. – V. 36. – № 12. – P. 2257.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕСУРСНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ НА ПРЕДПРИЯТИИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Ю.С. Кащенко

Научный руководитель – к.т.н., доцент О.И. Сергиенко

Выполнен анализ экологического воздействия предприятия автомобильной отрасли в области управления отходами и разработаны предложения по совершенствованию системы управления отходами. В частности, определены возможности утилизации отходов путем сжигания с получением тепловой энергии для собственных нужд предприятия, а также сбора на предприятии различных видов пластика с последующей их передачей на переработку.

Ключевые слова: управление отходами, полимерные отходы, термическое обезвреживание отходов, автомобильная отрасль.

Принцип «нулевого загрязнения» предполагает полное исключение или минимизацию размещения отходов производства и потребления в окружающей среде. Необходимость реализации данного принципа в Санкт-Петербурге и Ленинградской области вызвана как значительным ростом образования отходов и низким уровнем использования вторичных ресурсов, не превышающим 3–5%, так и практически полным заполнением существующих полигонов и свалок. Проблема частично связана также и с быстрым развитием автомобильной отрасли и увеличением количества отходов, требующих специальной переработки. Только на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области размещаются такие автомобильные предприятия, как Ниссан, Тойота, Дженерал Моторс, Форд, Хундай и др. Несмотря на большое количество исследовательских работ в области управления отходами и чистого производства, проблема размещения и переработки отходов автомобильной промышленности остается на сегодняшний день нерешенной. Однако в зарубежной практике на «материнских предприятиях» вопросы управления отходами находятся в центре внимания корпоративного менеджмента. Так, например, в компании «Ниссан» разработана «Зеленая программа», которая в среднесрочном периоде, к 2016 г., предполагает ежегодное снижение отходов производства на 2% на территории Японии и на 1% повсеместно, в том числе и на российских заводах [1].

Целью данной работы является разработка предложений по сокращению количества отходов, размещаемых на полигонах, и совершенствованию системы управления отходами на предприятии автомобильной отрасли.

Объектом исследования является предприятие автомобильной отрасли, расположенное в Санкт-Петербурге.

Предметом исследования являлся поиск возможных решений для уменьшения количества размещаемых твердых отходов на полигонах на основе принципа иерархического порядка обращения с отходами. При этом для снижения негативного воздействия на окружающую среду приоритетным вариантом является сокращение отходов в источниках их образования, а наименее благоприятным – размещение отходов на специально обустроенных полигонах. В работе рассматривается совершенствование существующей системы управления отходами с внедрением подсистемы по обращению с отходами полимерных материалов и внедрение установки термического обезвреживания отходов с утилизацией теплоты и очисткой дымовых газов.

Современный легковой автомобиль на 76% состоит из металлов; около 20% составляют полимерные материалы – полипропилен, поливинилхлорид, сополимер акрилонитрила, бутадиена и стирола, полиэтилен высокой плотности, полиэтилен

низкой плотности, полиамид и др. Переработка отходов этих материалов может осуществляться на специализированных предприятиях в Санкт-Петербурге [2, 3].

В связи с большой номенклатурой полимерных отходов на автомобильных предприятиях и отсутствием точных данных по их составу система обращения должна включать организацию отдельного сбора, сортировки отходов с целью дальнейшей передачи на перерабатывающие заводы. На территории предприятия должны быть установлены контейнеры для сбора различных видов отхода пластика. Персонал должен быть обучен приемам визуального распознавания полимерных отходов разных видов, выявления потенциальных загрязнителей и примесей отходов и определения показателей, с помощью которых можно различать загрязнители. Данная процедура должна быть документирована в рамках общей системы обращения с отходами на предприятии. Если на пластике не указан идентификационный код и вид пластика неизвестен, то для распознавания основных видов материалов могут быть применены несложные тесты.

По средним рыночным ценам на отходы полимерных материалов, и исходя из приблизительного состава и количества образования полимерных отходов на предприятии автомобильной отрасли, можно оценить доходы от продажи полимерных материалов, полученных в результате отдельного сбора и сортировки и без их переработки (табл. 1).

Таблица 1. Доходы от реализации отходов полимерных материалов

Вид отхода	Цена за 1 кг, руб.	Состав, %	Масса, т/год	Доход, руб./год
Полипропилен	18	40	66,00	1188000
Полиамид	15	25	41,25	618750
Поливинилхлорид	15	20	33,00	495000
Полиэтилен высокой плотности	15	15	24,75	371250
Всего:		100	165,00	2673000

Система обращения с отходами пластика рекомендуется к незамедлительному внедрению, так как не требует значительных затрат и обеспечивает сбережения за счет сокращения размещаемых отходов на полигоне и доходы от продажи сортированного пластика, что соответствует целям экологической политики предприятия. Чем тщательнее сортируются отходы, тем выше выручка предприятия при их реализации. Кроме снижения платы за размещение отходов на полигоне, получения доходов от продажи сортированного пластика, предприятие также улучшит свой «зеленый имидж».

В качестве другого возможного, но более затратного мероприятия по реализации принципа нулевого загрязнения при разработке системы обращения с отходами автомобильной отрасли, рассматривается возможность термического обезвреживания отходов с очисткой и утилизацией теплоты дымовых газов.

В работе были проанализированы основные способы термического обезвреживания. В табл. 2 приведена сравнительная характеристика способов термического обезвреживания отходов.

Таблица 2. Сравнительная характеристика методов термического обезвреживания отходов

Наименование способа термического обезвреживания отходов	Характеристики отходов		Характеристики процесса		
	Вид отходов	Калорийность отходов	Температура процесса, °С	Образующиеся отходы	Состав отходящих газов, %
Инсинерация	Газообразные, жидкие, пастообразные, твердые	Низкокалорийные	850–950	Зола, отходы газоочистки	Дымовой газ CO ₂ : 5–10 O ₂ : 5–10 N ₂ +H ₂ O: 75 др. ЗВ: < 1
Пиролиз	Жидкие, пастообразные, твердые	Высококалорийные	Наиболее распространенный 650–990	Пирокарбон, синтетическая нефть, шлак, отходы газоочистки	Пирогаз CO ₂ : 20–30 CO: 30–35 H ₂ O: 10 H ₂ : 25–35 N ₂ и др. ЗВ<1
Газификация	Твердые	Высококалорийные, высокоопасные	1000–1700	Инертный минеральный шлак, продукты/отходы газоочистки	Синтез – газ CO ₂ : 2–5 CO: 30–35 H ₂ O: 5–10 H ₂ : 30–40 N ₂ : 15–20 др. ЗВ < 1

Установлено, что решающим фактором при выборе способа обезвреживания являются морфологический состав и калорийность отходов. В табл. 3 приведены некоторые результаты расчета калорийности отходов производства автомобильной отрасли.

Таблица 3. Результаты расчета калорийности отходов

Наименование отхода	Калорийность, ккал/кг	Количество отходов, т/год	Усредненная калорийность, ккал/кг
Мусор строительный	2394,66	1,22	2,016
Смесь жидкостей и реагентов, отработанных и потерявших потребительские свойства	8447,26	20	116,19
Полимерная тара загрязненная	5827,74	52,6	210,82

К сожалению, в настоящее время не существует идеального решения, которое позволило бы экономически эффективно и в максимальном объеме утилизировать твердые отходы без образования вторичного загрязнения – производственных отходов, выбросов вредных веществ в атмосферу и сбросов сточных вод. Все имеющиеся в настоящее время технологии обладают определенными преимуществами и недостатками, так что при выборе подходящего способа утилизации отходов следует максимально учитывать все существенные параметры [4].

Для рассматриваемого предприятия были установлены следующие показатели: количество отходов для термического обезвреживания – 1453,9 т/год, средняя

калорийность отходов – 3264 ккал/кг. Для термического обезвреживания был предложен комплекс, содержащий барабанную печь и многоступенчатую технологию очистки газовых выбросов, включающую камеру дожигания, полусухой скруббер, циклонный пылеуловитель, производительностью 300 кг/ч. Показатели рентабельности проекта подтверждают его экономическую эффективность и привлекательность для инвестора (табл. 4).

Таблица 4. Показатели экономической эффективности комплекса термического обезвреживания отходов автомобильной отрасли

№ п/п	Наименование показателя	Обозначение	Ед. измерения	Значение
1	Инвестиции	I_o	тыс. руб.	41975,0
2	Чистая годовая экономия	B	тыс. руб.	64080,7
3	Динамический период окупаемости	$T_{\text{дин.ок.}}$	год	2,1
4	Чистый дисконтированный доход	NPV	тыс. руб.	177995,3
5	Индекс доходности	PI	–	4,2

Экономия достигается за счет сокращения платы за размещение отходов на полигоне на 1453 т/год, а также затрат на транспортировку размещаемых отходов. Выработка тепловой энергии в комплексе позволит снизить расход природного газа на 812,16 тыс. м³/год, что, в свою очередь, обеспечит снижение затрат на электроэнергию и сокращение выбросов CO₂.

В дальнейшем предполагается рассмотрение технологий термического обезвреживания с точки зрения оценки их экологического жизненного цикла. Это позволит обеспечить более полную оценку технологий и обеспечит выбор наилучшей из них с точки зрения снижения экологических рисков.

Комплексный подход к системе обращения с отходами позволит поэтапно реализовать принцип нулевого загрязнения на предприятии.

Литература

1. Зеленая программа компании [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.nissan-global.com>, своб. (дата обращения 23.05.2013).
2. Green vehicle disposal 2013 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.greenvehicledisposal.com/environment/recyclable-materials/>, своб. (дата обращения 14.05.2013).
3. Delgado C., Barruetabena L. & Salas O. 2007. Assessment of the environmental advantages and drawbacks of existing and emerging polymers recovery processes [Электронный ресурс]. – URL: <http://ftp.jrc.es/EURdoc/eur22939en.pdf>, своб. (дата обращения 19.05.2013).
4. Малышевский А.Ф. Обоснование выбора оптимального способа обезвреживания твердых бытовых отходов жилого фонда в городах России [Электронный ресурс]. – URL: http://rpn.gov.ru/sites/all/files/users/rpnglavred/filebrowser/docs/doklad_po_tbo.pdf, своб. (дата обращения 03.06.2013).

МАНИПУЛИРОВАНИЕ МИКРО- И НАНОЧАСТИЦАМИ С ПОМОЩЬЮ СКАНИРУЮЩЕГО ЭЛЕКТРОННОГО МИКРОСКОПА

Ф.Э. Комиссаренко

Научный руководитель – к.ф.-м.н., ст.н.с. А.И. Денисюк

В работе представлен новый метод манипулирования микро- и наночастицами, основанный на электростатическом взаимодействии между объектами, заряжающимися под действием сфокусированного пучка сканирующего электронного микроскопа. Возможности метода показаны на примере перемещения частиц оксида алюминия Al_2O_3 , оксида вольфрама WO_3 и вольфрама. Представленные экспериментальные результаты согласуются с созданной теоретической моделью. Метод может найти применение при создании структур из микро- и наночастиц, создании специализированных зондов для сканирующих зондовых микроскопов.

Ключевые слова: электронная микроскопия, манипулирование микро- и наночастицами, диэлектрофорез.

Введение

Манипулирование микро- и наночастицами может быть выполнено с помощью атомно-силовых и электронных микроскопов. Перемещение объектов в атомно-силовых микроскопах основывается на механическом или электростатическом взаимодействии между частицей и зондом микроскопа [1]. Однако атомно-силовой микроскоп не позволяет визуализировать процесс манипулирования и результат модификации зонда микроскопа. Методы перемещения объектов при помощи электронных микроскопов основываются на механическом воздействии манипулятора на объекты при одновременной визуализации процесса перемещения [2]. Также возможно воздействие поля электронного пучка на перемещаемый объект. Последний метод может быть реализован лишь для объектов, находящихся в специальных условиях, так как поле электронов незначительно [3].

В работе представлен метод манипулирования микро- и наночастицами, который основывается на зарядке металлического острия под действием электронного пучка и создании градиентного электростатического поля. Метод позволяет подхватывать, переносить и скидывать частицы различных материалов широкого диапазона размеров, а также визуализировать процесс и результат перемещения в реальном времени. Также в работе представлена теоретическая модель, иллюстрирующая экспериментальные результаты.

Результаты экспериментального исследования

Эксперименты проводились на электронном микроскопе Carl Zeiss Neon 40, который был дополнительно оснащен механическим микроманипулятором Kleindiek для механического позиционирования объектов. Кантилевер атомно-силового микроскопа Nanoworld PNP-DB закреплялся на манипуляторе. Радиус скругления острия кантилевера 10 нм, материал – нитрид кремния. На кантилевер был напылен слой золота толщиной 30 нм. Таким образом, радиус скругления полученного острия был около 50 нм. Необходимо отметить, что кантилевер при закреплении на манипулятор не был заземлен.

В качестве объектов экспериментов использовались микро- и наночастицы оксида алюминия Al_2O_3 , оксида вольфрама WO_3 и вольфрама W. Порошок частиц определенного типа растворялся в деионизованной воде, после чего высаживался из раствора на свежий скол подложки из арсенида галлия GaAs.

Участок подложки с частицами сканировался электронным пучком (ускоряющее напряжение 5 кВ, ток пучка 60 пА). При этом в область сканирования вводилось острие кантилевера, прикрепленного к манипулятору. При подведении острия кантилевера к частице наблюдалось перемещение последней на острие (подхват частицы).

На рис. 1 показаны электронные изображения, иллюстрирующие результаты по перемещению сферических частиц Al_2O_3 с размерами 500 нм, 200 нм и 80 нм. Подхват и скидывание частиц осуществлялся не с подложки, а с других частиц, так как это позволяет более точно оценить результаты расчета взаимодействия двух частиц. Подхват частиц Al_2O_3 и ее фиксация на острие происходили при приближении острия кантилевера к частице. Подхваченная частица, удерживаемая на острие ван-дер-ваальсовыми силами, переносилась микроманипулятором в другое место, где ее можно было контролируемо сбросить.

Сброс частицы осуществлялся следующим способом. Частица, удерживаемая на острие манипулятора, подводилась к месту сброса – другой, более крупной частице. Затем электронный пучок уводился с острия кантилевера и более не заряжал его, что приводило к ослаблению диэлектрфоретической силы. Вследствие того, что сила ван-дер-ваальсового взаимодействия между перемещаемой частицей и другой, большей частицей оказывалась больше силы взаимодействия частицы и острия, происходил сброс частицы с острия кантилевера и фиксация ее на большой частице.

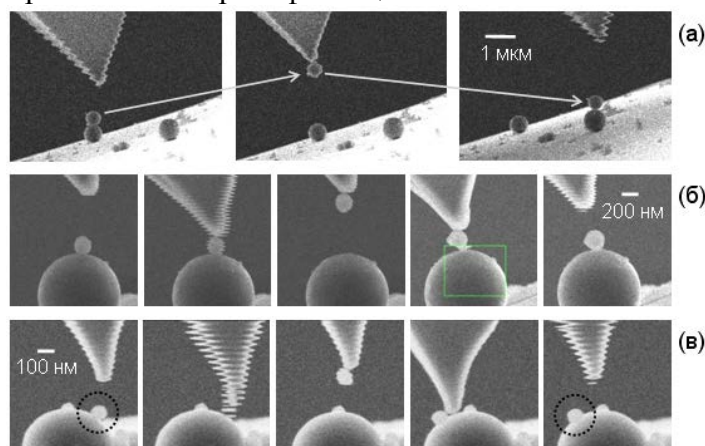


Рис. 1. Манипулирование со сферическими частицами Al_2O_3 диаметром 500 нм (а), 200 нм (б) и 80 нм (в)

На рис. 2 показаны электронные изображения, которые иллюстрируют манипулирование частицей WO_3 . Эти частицы, в отличие от сферических частиц Al_2O_3 , имеют форму октаэдров и сила их взаимодействия с подложкой зависит от ориентации контакта частицы и подложки. Частица WO_3 может контактировать с подложкой плоскостью, ребром или вершиной. Когда частица WO_3 контактирует с подложкой своей плоскостью или ребром, ее невозможно оторвать с помощью диэлектрфоретической силы, создаваемой заряженным острием из-за большой силы ван-дер-ваальсового взаимодействия. Однако острием, с помощью микроманипулятора, возможно механически повернуть частицу так, что она будет контактировать с подложкой только своей вершиной. При этом сила взаимодействия с подложкой снизится и станет возможным подхват частицы и ее фиксация на острие под действием диэлектрфоретической силы.

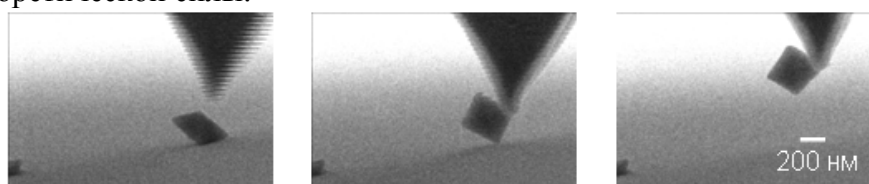


Рис. 2. Манипулирование частицы WO_3 (форма частицы октаэдр)

На рис. 3 представлены электронные изображения подхвата частиц вольфрама. Частицы вольфрама образуют конгломераты, что препятствует отрыву одиночных частиц. В данном случае, так же как и в эксперименте с подхватом частиц WO_3 , использовалось сначала механическое перемещение группы частиц с тем, чтобы уменьшить площадь их контакта с оставшимися частицами. После этого эту группу частиц можно было подхватить на острие за счет диэлектрфоретического взаимодействия.

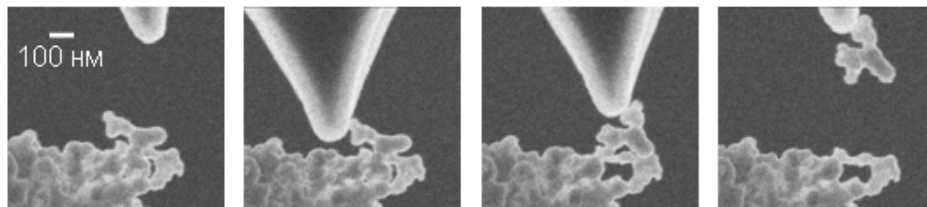


Рис. 3. Перемещение группы частиц вольфрама

Моделирование процесса

Для анализа полученных экспериментальных результатов по манипулированию частицами была предложена теоретическая модель. Согласно этой модели частица удерживается на подложке (или поверхности другой частицы) посредством ван-дер-ваальсовой силы. Незаземленное металлизированное острие заряжается под действием электронного пучка и создает градиентное электростатическое поле. Величина напряженности поля ограничена вследствие автоэлектронной эмиссии. Электростатическое поле острия поляризует частицу и притягивает ее вдоль градиента на острие за счет возникновения диэлектрфоретической силы.

Рассмотрим взаимодействие малой сферической частицы Al_2O_3 радиусом R (50–200 нм) с другой частицей Al_2O_3 с большим радиусом (500 нм) (рис. 2). Ван-дер-ваальсовая сила F_{VDW} , действующая между частицами, рассчитывается согласно формулам, представленным в работе [4]. Константа Хамакера для Al_2O_3 составляет $1,5 \times 10^{-19}$ Дж [5], а расстояние между частицами d принято 0,35 нм (два усредненных ван-дер-ваальсовых радиуса для алюминия и кислорода).

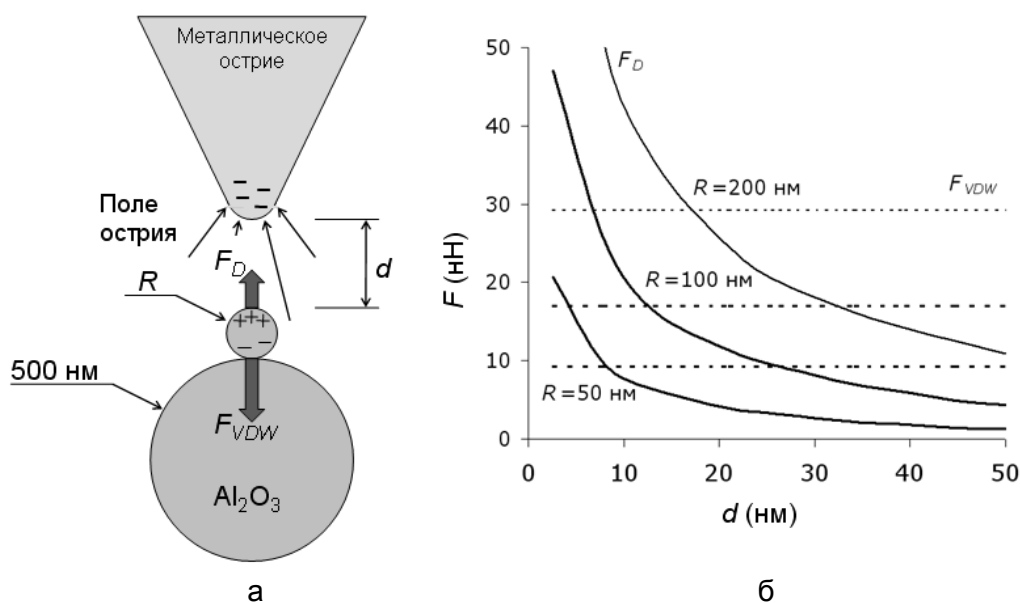


Рис. 4. Модель подхвата сферической частицы Al_2O_3 радиусом от 50 до 200 нм с поверхности более крупной частицы Al_2O_3 радиусом 500 нм (а), результаты вычислений (б)

Для определения диэлектрфоретической силы F_D , действующей на частицу со стороны острия, необходимо вычислить напряженность электрического поля, создаваемого заряженным острием. Учитывая стекание заряда с острия вследствие автоэлектронной эмиссии, получаем, что максимальное значение напряженности поля у поверхности позолоченного острия кантилевера с радиусом скругления 50 нм, согласно закону Фаулера–Нордгейма, составляет $2 \cdot 10^9$ В/м. В этом случае ток автоэлектронной эмиссии становится равным 100 пА, т.е. уравнивает ток электронного пучка, заряжающего острие. Расчет электростатического поля вокруг острия с учетом максимального значения напряженности поля у поверхности был выполнен численно с помощью метода конечных элементов. Расчеты показали, что при расстоянии между острием и частицей менее 20 нм диэлектрфоретическая сила, создаваемая заряженным острием, превосходит ван-дер-ваальсовую силу, удерживающую частицу, и в этом случае частица притягивается на острие (рис. 4, б). Это хорошо согласуется с наблюдаемым в эксперименте взаимодействием.

Заключение

В работе представлен метод манипулирования частицами, основанный на электростатическом взаимодействии между микро- и нанообъектами, заряжающимися под действием электронного пучка. Эксперименты, проведенные для микро- и наночастиц оксида алюминия, оксида вольфрама и вольфрама, показывают, что частицы могут быть подхвачены, перенесены и контролируемо сброшены под действием электрического поля заряженного под пучком острия кантилевера. Была предложена теоретическая модель, согласно которой диэлектрфоретическая сила, создаваемая заряженным под пучком острием, притягивает частицы, которые удерживаются на подложке (или другой частице) ван-дер-ваальсовыми силами. Проведенные расчеты показали соответствие модели и экспериментальных результатов. Представленный метод манипулирования микро- и наночастицами может быть использован для создания специализированных зондов для сканирующей зондовой микроскопии (например, зонды для исследования биологических объектов), создания различных устройств на основе сборок микро- и наночастиц, таких как оптические антенны, а также для оценки сил взаимодействия между частицами.

Литература

1. Kim S., Shafiei F., Ratchford D., Li X. Controlled AFM manipulation of small nanoparticles and assembly of hybrid nanostructures // *Nanotechnology*. – 2011. – V. 22. – P. 115301.
2. Nakazato Y., Yuasa T., Sekine G., Miyazawa H., Jin M., Takeuchi S., Ariga Y., Murakawa M. Micromanipulation system using scanning electron microscope // *Microsyst Technol.* – 2009. – V. 15. – P. 859–864.
3. Zheng H., Mirsaidov U.M., Wang L.-W., Matsudaira P. Electron beam manipulation of nanoparticles // *Nano Lett.* – 2012. – V. 12. – P. 5644–5648.
4. Hamaker H.C. The London–van der Waals attraction between spherical particles // *Physica*. – 1937. – V. 4. – № 10. – P. 1058–1072.
5. Bergstrom L. Hamaker constants of inorganic materials // *Adv. Coll. Interf. Sci.* – 1997. – V. 70. – P. 126–169.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ В СИСТЕМЕ АНТИКРИЗИСНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Т.С. Кочегарова

Научный руководитель – ст. преподаватель С.Е. Копыльцова

Рассмотрены виды экологических кризисов и меры, предпринимаемые в нашей стране по уменьшению вредных выбросов в атмосферу на законодательном уровне. В частности, уделяется внимание наилучшим доступным технологиям, нормирование и законодательное регулирование которых призвано улучшить экологическую обстановку в стране и привести к уменьшению банкротств среди кризисных предприятий.

Ключевые слова: экологический кризис, наилучшие доступные технологии, охрана окружающей среды.

В последнее время экологические проблемы становятся все более острыми. Все чаще мы слышим о катастрофах и разного рода авариях, вызванных антропогенными воздействиями. Примером крупнейшей техногенной катастрофы XX века является произошедшая в апреле 1986 г. авария на Чернобыльской АЭС (Украина), а также недавняя (20 апреля 2010 г.) катастрофа у берегов США, вызванная аварией в Мексиканском заливе. К 13 мая в океан вылилось не менее 16 тыс. т нефтепродуктов, погибло 11 человек, последствия этой аварии до сих пор не предотвращены. Масштабы катастрофы колоссальны как для экосистемы, так и для финансового бюджета. В журнале *Forbes* представлено: «Всего за год на ликвидацию последствий утечки нефти компания *British Petroleum Plc* (BP) потратила 40,9 млрд долл. США» [1]. И это не окончательные затраты компании BP.

Говоря о России, по данным сравнительной характеристики чрезвычайных ситуаций, происшедших на территории Российской Федерации за 2010–2011 гг., видно, что число техногенных чрезвычайных ситуаций выросло на 3,9% [2]. Это связано далеко не с тем, что в данной сфере ситуация ухудшается, но скорее с тем, что вред, наносимый окружающей среде, был накоплен за последние годы потребительского отношения к окружающей нас среде до такого состояния, что сейчас начинает проявляться во всех сферах нашей жизнедеятельности в виде аварий и катастроф. Техногенные катастрофы наносят большой урон экологической обстановке и людям, которые непосредственно находятся вблизи опасных объектов, также они имеют, конечно же, и экономическую сторону. Речь идет не только о глобальных проблемах, но и о проблемах отдельных предприятий, которые оказывают воздействие на окружающую среду в целом.

Под экологическими кризисами в литературе по антикризисному управлению понимаются кризисы, вызванные стихийными природными явлениями, например, землетрясениями, ураганами, пожарами, наводнениями и результатами жизнедеятельности человека. Но это не совсем точно. Помимо вышеуказанной категории, к экологическим кризисам необходимо относить и техногенные (вызванные загрязнением окружающей среды в результате хозяйственной деятельности различного масштаба), и ресурсные (обусловленные истощением доступных природных ресурсов), а также природоохранные (связанные с нарушением требований экологических нормативно-правовых документов и превышением допустимого воздействия на окружающую среду). Каждая из вышеперечисленных категорий экологического кризиса имеет прямое отношение к возможности возникновения экономического кризиса для любого предприятия.

Для всех видов предприятий без исключения существует определенная система платежей за использование и загрязнение окружающей среды. Плата за негативное воздействие на окружающую среду установлена ст. 16 Закона «Об охране окружающей

среды» [3], а порядок исчисления и уплаты экологических платежей, их предельных размеров прописан в Постановлении Правительства РФ от 28.08.1992 г. № 632 «Об утверждении порядка определения платы и ее предельных размеров за загрязнение окружающей среды, размещение отходов, другие виды вредного воздействия» [4]. Также существует еще ряд документов, регулирующих порядок исчисления и взимания платы за загрязнение окружающей среды.

Бюджетным кодексом Российской Федерации (ст. 51, 57, 62) [5] определено следующее распределение платы за негативное воздействие на окружающую среду между бюджетами различных уровней: 20% – федеральный бюджет; 40% – бюджет субъекта РФ; 40% – бюджет муниципальных районов и городских округов [6]. Это действительно весьма внушительные цифры, но достаточно ли они велики в денежном эквиваленте по отношению к воздействиям на окружающую среду, которое имеет место быть? Способны ли эти суммы покрыть ущерб, наносимый природе? И ответ, конечно же, отрицательный.

Существующая практика регулирования отношений в сфере охраны окружающей среды, а также методы экологического нормирования и контроля, показали неэффективность системы российского природоохранного законодательства и его несоответствие международным принципам и тенденциям. Действующая в России система не сочетает использование компенсирующих санкций за сверхнормативное загрязнение окружающей среды с применением целевых параметров допустимого экологического воздействия для предприятий реального сектора экономики, а также не содержит каких-либо значимых стимулов для предприятий по реализации природоохранных мероприятий и внедрению ими экологически чистых технологий. Возникает риск введения в отношении российских предприятий торговых ограничений на рынке Европейского Союза и возникновения имиджевых последствий на основе экологических показателей в связи с несоответствием практики регулирования (управления) воздействия на окружающую среду в европейских странах и России.

Практика развитых стран, где нормирование воздействия на окружающую среду основано на установлении для природопользователей технических нормативов с привязкой к реестрам наилучших доступных технологий (НДТ), полностью отвечает интересам обеспечения конкурентоспособности российских предприятий.

В настоящее время осуществляется разработка нормативно-правовой базы для осуществления перехода на комплексные экологические разрешения и нормирование негативного воздействия на окружающую среду на основе наилучших доступных технологий (Best Available Technologies, BAT).

Наилучшие доступные технологии – это технологический процесс, технический метод, оборудование, порядок организации производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг, способ эксплуатации и вывода из эксплуатации зданий, строений, сооружений и оборудования, основанные на современных достижениях науки и техники, обладающие наилучшим сочетанием показателей достижения целей охраны окружающей среды, включая ресурсо- и энергосбережение, и экономической эффективности, при условии их промышленного внедрения [7].

В целях создания равновесия между требованиями минимизировать загрязнение и реальными техническими возможностями Директивой Европейского Союза [8] предусмотрен механизм расчета показателей воздействия на основе НДТ. В Директиве предложена система выдачи разрешений на осуществление хозяйственной деятельности для определенных категорий промышленных объектов.

Министерство природных ресурсов и экологии России предложило разделить все предприятия по степени влияния на окружающую среду на три группы [9]:

- незначительно воздействующие на окружающую среду (примерно 1 млн российских предприятий) – к ним будут применены декларативные принципы при расчете выплат за негативное воздействие («они будут просто сдавать декларации...»);
- умеренно воздействующие (по расчетам Минприроды России около 290 тыс. предприятий) – «их воздействие будет по-прежнему нормироваться, и они будут наказываться за нарушение требований»;
- наиболее опасные (более 11 тыс. предприятий, которые обуславливают 99% негативного воздействия, из них около 200 являются особо крупными загрязнителями, которые Министерство отнесло к «горячим точкам» («территории с высокой степенью загрязнения»); 50% выбросов в воздух приходится примерно на 64 предприятия, а 50% сбросов в воду – примерно на 110 предприятий) – именно для этой группы предлагается переход на НДС.

В ФЗ «Об охране окружающей среды» [3] уже введены поправки о переходе на НДС. И это значит, что в скором времени для предприятий, в особенности особо опасных, встанет проблема внедрения НДС, а также необходимость выделения на это немалых средств, которые зачастую очень сложно найти в бюджете предприятий.

В процессе внедрения НДС предприятиям будет предоставляться своего рода скидка на плату за загрязнение (выбросы, сбросы, отходы), тем самым мотивируя их к переходу на чистое производство. Таким образом, сумма, затраченная на экологические мероприятия, будет вычитаться из штрафов за негативное воздействие на окружающую среду. Но если предприятие не будет стремиться к улучшению производства, тогда при превышении нормативов выбросов, сбросов и лимитов отходов к стандартным выплатам, предусмотренным в [4], будут применяться повышающие коэффициенты, увеличивающие их в 25 и 100 раз, что может существенно ударить по бюджету предприятия.

Также необходимо учесть, что по данным Росстата на конец 2011 г. износ основных фондов по России в целом оценивается 47,1%, а в отдельных отраслях эта цифра может достигать и 80% [10]. Это дает нам понять, что переход на НДС для ряда предприятий и компаний может стать достаточно критичным, а в некоторых случаях и вовсе привести к банкротству.

Таким образом, экологический менеджмент приобретает все большее значение в антикризисном управлении и становится его неотъемлемой частью, и наряду с антикризисной политикой появляется необходимость в оценке рисков, поскольку именно анализ рисков способен в полной мере предсказать все самые худшие последствия для предприятия в частности. В связи с этим на сегодняшний день необходимым становится углубленное изучение экологических рисков для предприятий как потенциальной угрозы возникновения кризиса.

На сегодняшний день отсутствует практика банкротства российских предприятий в результате несоблюдения экологических стандартов, а также не существует правил проведения процедуры банкротства предприятия в условиях наступившего экологического бедствия, но как было описано в данной работе, возможно, в ближайшие годы экологический менеджмент станет одним из рычагов антикризисного управления.

Анализ воздействия изменений природоохранного законодательства на устойчивость российских предприятий, в первую очередь отнесенных к категории «наиболее опасные», является актуальной задачей современного антикризисного управления, которое должно быть направлено на выявление всех возможных опасных ситуаций для предприятия и, по возможности, максимально снижать риски возникновения кризиса и банкротства.

Литература

1. Чистый убыток ВР в 2010 году составил \$3,7 млрд. против \$16,58 млрд. прибыли годом ранее [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.forbes.ru/news/62753-chisty-ubytok-bp-v-2010-godu-sostavil-37-mlrd-protiv-1658-mlrd-pribyli-godom-ranee>, своб.
2. Сравнительная характеристика чрезвычайных ситуаций, происшедших на территории Российской Федерации за 2011/2010 годы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.mchs.gov.ru/Stats/SNrezvichajnie_situacii/Sravnitelnaja_harakteristika_chrezvichaj, своб.
3. Федеральный Закон от 10.01.2002 г. №7-ФЗ «Об охране окружающей среды».
4. Постановлением Правительства РФ от 28.08.1992 № 632 (ред. от 06.03.2012) «Об утверждении Порядка определения платы и ее предельных размеров за загрязнение окружающей природной среды, размещение отходов, другие виды вредного воздействия» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=127079>, своб.
5. Бюджетный кодекс Российской Федерации от 31.07.1998 № 145-ФЗ.
6. Союз профессионалов безопасность труда и производства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://s.compcentr.ru/06/ec/tems1111.html>, своб.
7. Медведев пригрозил сажать за экологические преступления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://news.rambler.ru/17092214/>, своб.
8. Директива Европейского Союза 2008/1/ЕС от 15.01.2008 г. «О комплексном предотвращении и контроле загрязнений».
9. Королева Е.Б., Жигилей О.Н., Кряжев А.М. и др. Наилучшие доступные технологии: опыт и перспективы. – СПб: ООО «Ай-Пи», 2011. – 123 с.
10. Российская Федерация. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat/rosstatsite/main/enterprise/fund/#>, своб.
11. Указ Президента РФ от 07.07.2011 № 899 «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bestpravo.ru/federalnoje/ea-dokumenty/y3v.htm>, своб.
12. Наилучшие доступные технологии в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ecoprofi.info/envi_technology.php, своб.

УПРАВЛЕНИЕ МОДЕЛЬЮ МНОГОЗВЕННОГО МАНИПУЛЯТОРА С ПОМОЩЬЮ СИГНАЛОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТОКОВ, СНЯТЫХ С ПОВЕРХНОСТИ РУКИ

С.В. Кривошеев

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

Рассматривается проблема управления многозвенными манипуляторами с помощью альтернативных способов, в данном случае с помощью сигналов, полученных с электронейромиографа. Разработана система условных знаков, методика снятия показаний, алгоритм обработки полученного сигнала. На последнем этапе было проведено моделирование движения многозвеного манипулятора с помощью алгоритмов оптимизации движения и алгоритмов управления с помощью полученных сигналов.

Ключевые слова: конкурс, оптимизация движения, многозвеноый манипулятор, моделирование сложных систем, «умное» протезирование, человеко-машинный интерфейс, обработка сигналов, ЭМГ.

Введение

Сложным, но важным элементом современного робота является манипулятор. И одна из задач, которые ставятся перед инженерами – создать адекватную и понятную систему управления для удаленно контролируемых устройств. Применение подобных роботов с качественными манипуляторами может быть повсеместным и ограничивается лишь фантазией разработчиков и условиями работы, которые, в свою очередь, будут влиять на компоненты, входящие в состав устройства.

Кроме этого, активно развивается в течение последних нескольких десятков лет направление умного протезирования. Под этим понятием скрывается создание электромеханического протеза, какой-либо конечности или органа, с развитой системой обратной связи, который будет максимально приближен по своим характеристикам и возможностям к замещаемому органу. Если говорить про протезы верхних конечностей, за исключением вопросов, связанных с длительностью работы батареи, то другим проблемным вопросом является реализация интуитивной системы управления протезами.

Итак, данные области пересекаются в вопросах управления сложными электромеханическими устройствами – многозвенными манипуляторами. В данном вопросе возможно несколько решений, однако нами будет рассмотрен подход, который может быть реализован, как для роботов, так и для умных протезов. Было решено остановить свой выбор на способе, в котором снятие показаний мышечной активности и дальнейшее их распознавание позволяет получить некую команду для системы. Проще говоря – управление с помощью нервных импульсов. Конечной целью работы является разработка нейронного интерфейса управления для электромеханического протеза человеческой руки или манипуляторов антропоморфного робота.

Итак, выделим следующие этапы работы:

1. выбор способа снятия показаний;
2. определение методологии;
3. снятие и анализ первых данных;
4. реализация связи полученных данных и движения объекта.

Предлагаемое решение

Управление подобными многозвенными манипуляторами может быть реализовано, как минимум двумя способами – с помощью электроэнцефалограммы (ЭЭГ) или же с помощью электромиограммы (ЭМГ). Применение ЭЭГ связано со

следующими трудностями: во-первых, необходимо обеспечить качественный контакт с головой для получения сигнала, во-вторых, распознавание «мыслей» для формирования команды – сложный процесс с точки зрения обработки полученной информации, и, в-третьих, в реальной жизни мы редко задумываемся о том, что именно и как мы будем делать, чаще всего данное действие не требует особой мыслительной работы и происходит «на автомате».

После анализа был выбран вариант со снятием сигналов управления с помощью ЭМГ-регистратора. Данный способ требует только наличие самого устройства, электроды могут быть расположены на любой части руки, в нашем распоряжении был двухканальный электронейромиограф отечественного производства. Электроды для снятия показаний были размещены на кожном покрове, примерно на *m. Brachioradialis* [1], сигнал возбуждения проходит по *Cvi_Vij. N. Medianus*.

Кроме этого был разработан простейший язык условных команд:

- единичное мышечное сокращение, длительностью менее 1,5 с;
- два единичных мышечных сокращения с интервалом менее 2 с (двойное);
- единичное длительное мышечное сокращение, длительностью более 1,5 с.

Таким образом, в нашем случае параметрами, которые бы характеризовали сигнал, стали: длительность сигнала и интервал между сигналами. Причем данная система позволяет с высокой точностью определить необходимые нам параметры, данный вывод можно сделать из природы получаемых данных. Частота снятия показаний составляет порядка 10000 измерений в секунду. Данные были представлены в виде файлов в формате .xml, для работы в среде MATLAB понадобилось конвертировать .xml файлы в .txt и только затем уже обрабатывать их.

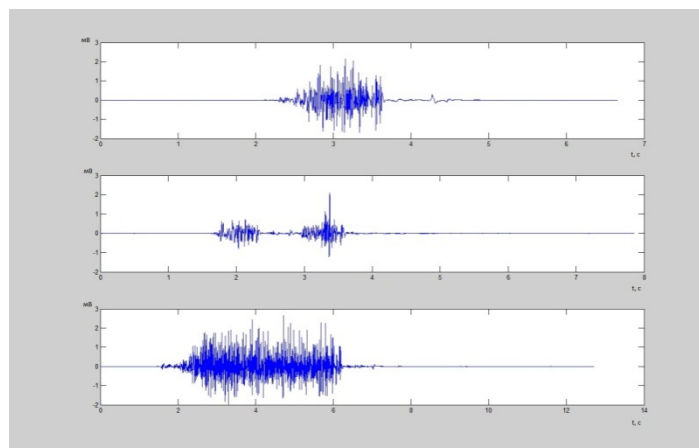


Рис. 1. Результаты первичного открытия полученных данных в MATLAB

Итак, полученные результаты измерений после конвертации в читаемый формат были первично открыты в среде MATLAB. Как мы видим на рис. 1 они имеют характерные формы, но для системы, обработка информации в таком виде не представляется удобной. Исходя из этого, было принято решение применить фильтр Баттерворта, для приведения вида графиков к схожему виду и повышения удобства дальнейшей работы. Помимо этого были сделаны выводы о том, что подобную систему знаков можно будет применить для создания команд управления.

Следующим этапом после фильтрации данных было написание алгоритма, который бы выделял необходимые нам три типа сигнала по характерным параметрам. Так как в данном варианте работы рассматривается обработка статического сигнала, то алгоритм был достаточно прост. Весь массив данных последовательно просматривался и оценивался программой. В случае если значение превышало пороговое значение, в нашем случае 1 мВ, то это значит, что произошло какое-то возмущение и пользователь что-то сообщает системе, кроме этого определялось еще и время окончания

возмущения, так как одним из параметров, которые мы оценивали, являлась длительность сигнала. Следующим этапом было выделение одного из трех типов сигнала. Единичное возмущение отбиралось следующим образом, просто определялось время начала возмущения и длительность. Затем из отобранных единичных отбирались двойные, если таковые имелись. Как было сказано выше, это делалось с помощью параметра – интервал между возмущениями, который составлял менее 2 с. Последним отбирались длительные возмущения, характеризовавшиеся временем более 1,5 с. Как видно из рис. 2 с помощью алгоритма корректно находились все три условных сигнала. Для проведения испытаний и нахождения возможных ошибок было составлено несколько сборок вероятных сигналов и проверена корректность работа разработанной программы. В частности, на первом графике представлен 30 с отфильтрованный сигнал при котором на 2,5 с идет длительное сокращение, на 21,5 с – двойное, а на 15,5 – происходит единичное мышечное сокращение. Из второго графика мы видим, что при условии, что длительное мышечное сокращение приравнено к 2, единичное мышечное сокращение к 1, а двойное мышечное сокращение к 3, алгоритм находит все сокращения с 100% точностью.

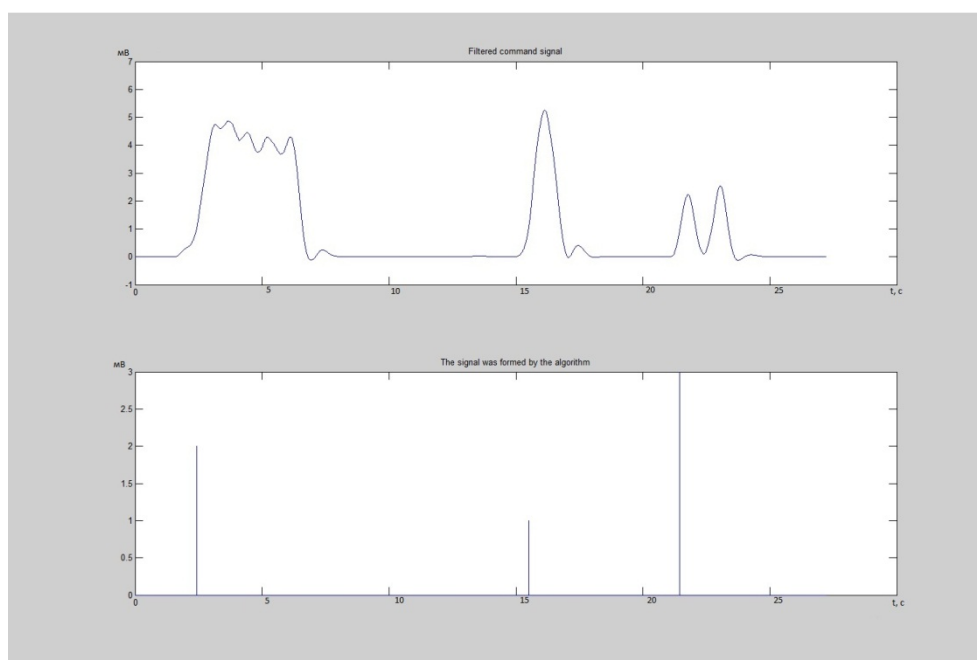


Рис. 2. Результаты работы алгоритма нахождения мышечных сокращений

Важным результатом проведенных исследований, кроме написания алгоритма, было то, что мы подтвердили свою гипотезу о схожести характерного вида графиков при мышечных сокращениях у разных людей. Для этого были проведены дополнительные измерения у еще одного человека, в дальнейшем планируется увеличить группу испытуемых. Подтверждать это предположение необходимо было для того, чтобы говорить об универсальности разработанного алгоритма поиска.

Последним этапом работы стало соединение найденных результатов сборки, снятия показаний и реализации перемещения многозвенного манипулятора по определенной траектории. Так как многозвенный манипулятор, в зависимости от реализуемой схемы [2], по сути, наиболее точно копирует человеческую руку. Для решения этой задачи были использованы написанные ранее алгоритмы оптимизации движения [3], с помощью которых по заранее просчитанному рабочему объему происходит перемещение манипулятора.

Как говорилось ранее, имелось три условных сигнала для системы управления. Был реализован для проверки работоспособности модели простейший вариант, в

котором в начальный момент времени манипулятор находится в положении покоя в точке с координатами $[0, 0, 0]$, после начала работы алгоритма начинается перемещение полюса схвата к некоторой, задаваемой нами точке в пространстве. На рис. 3, а, приведены изменения углов положения звеньев манипулятора в течение времени при одном варианте сборки, а на рис. 3, б, приведено изменение положения полюса схвата манипулятора при реализации второго варианта сборки сигналов.

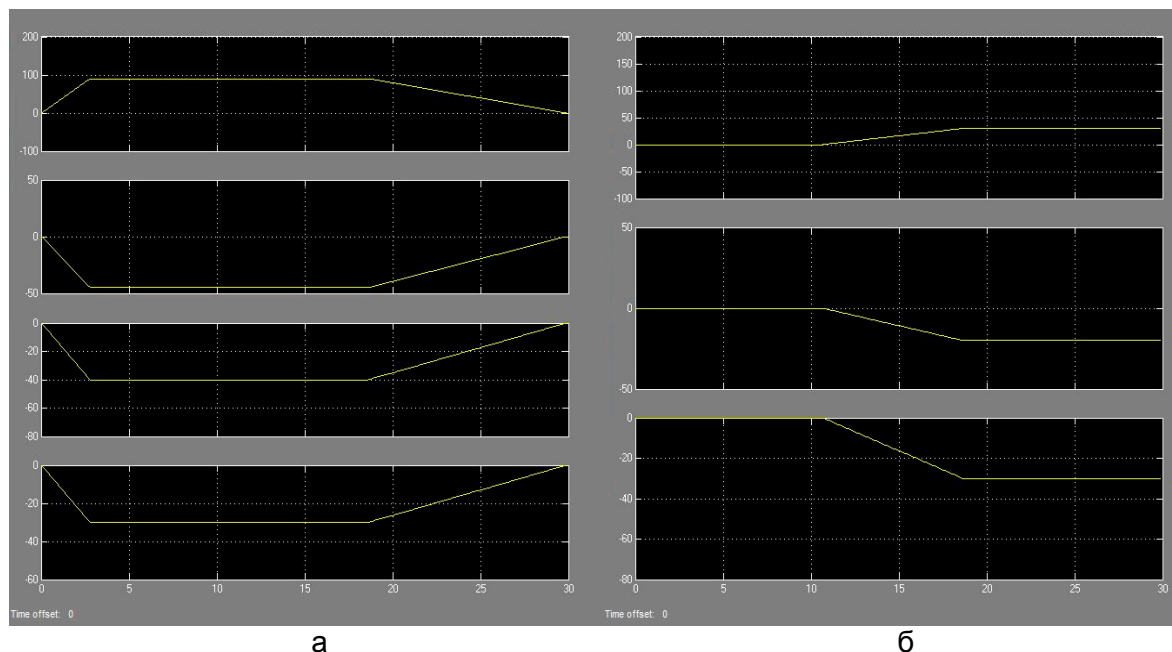


Рис. 3. Результаты моделирования движения многозвенного манипулятора: изменения углов положения звеньев манипулятора (а); изменение положения полюса схвата манипулятора (б)

Заключение

Подводя итоги можно сказать, что была выполнена работа в плане поиска возможного решения задачи интуитивного управления многозвенным манипулятором с помощью применения электромиографии. Кроме этого, разработана система условных сигналов, используемых пациентом для общения с компьютером или электронным устройством. Был разработан алгоритм, позволяющий находить и корректно определять эти условные сигналы. Наконец, были проведены исследования сигналов, поступающих с электронейромиографа у двух испытуемых, что послужило основанием для получения важных выводов относительно универсальности разрабатываемых алгоритмов и применимости к разным людям.

Дальнейшими этапами работы будет сборка реальной модели манипулятора и обработка сигналов, получаемых с электронейромиографа в режиме реального времени. Кроме этого явным минусом разработанной системы является отсутствие обратной связи и отсутствие учета влияния внешних факторов воздействия, что, безусловно, будет сказываться на работе устройств. Это также планируется осуществить на следующем этапе работы.

Литература

1. Николаев С.Г. Атлас по электромиографии. – Иваново: ИПК «ПресСто», 2010. – 468 с.

2. Юревич Е.И. Основы робототехники. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб: БХВ-Петербург, 2007. – 416 с.
3. Кривошеев С.В., Орманов Д.Р. Оптимизация движения с помощью решения обратной задачи кинематики для твердотельной модели многозвенного манипулятора в среде MatLab методом перебора // Автоматизация и современные технологии. – 2012. – № 12. – С. 20–22.

УДК 664.38

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ БЕЛКОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ И АНАЛОГОВ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Л.М. Кузнецова

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

Исследована технология получения высокобелковых продуктов, полученных методом биоконверсии растительного сырья. С помощью равномерного планирования установлены оптимальные параметры процесса экстракции небелковых соединений из муки люпина в присутствии целлюлолитического фермента. Препарат белков апробирован в качестве обогащающей добавки в составе йогурта, выработанного на обезжиренном и цельном молоке. Предложена технология и рецептура аналога кисломолочного продукта и комбинированного продукта сложного сырьевого состава с повышенной пищевой и биологической ценностью.

Ключевые слова: люпин узколистый, концентраты белков люпина, мультиэнзимная композиция, заменители молочных продуктов.

Введение

За последние годы разработано много технологических решений, позволяющих получить качественную продукцию с высоким содержанием белка из нетрадиционного растительного сырья. В частности, предложена технология получения изолированного белка нута в виде пастообразного продукта [1]. Ведутся исследования химического состава и свойств семян льна для создания функциональных продуктов питания [2, 3]. запатентован способ получения пищевого продукта из фасоли с повышенной пищевой ценностью [4].

Особое внимание исследователей в этой области обращено в сторону еще одной ценной сельскохозяйственной культуры – бобам люпина.

Люпин менее требователен, чем соя, к кислотности почв, азотным и фосфорным удобрениям и в процессе выращивания сам обогащает почву азотом. Стоимость семян люпина ниже, так как урожайность этой культуры во всех районах России выше, чем у сои (исключение составляют Краснодарский и Приморский края) [5].

Способ получения белковых продуктов из соевых бобов имеет многооперационную технологию и требует сложного оборудования, что является одной из причин их импорта. Одновременно это сказывается на увеличении себестоимости готовой продукции [6].

Целью настоящей работы является разработка технологии получения белкового концентрата и ферментированных продуктов сложного сырьевого состава из наиболее перспективного с экономической точки зрения сырья – муки семян низкоалкалоидного узколистного люпина. Применение методов биотехнологии в комплексе с водной экстракцией небелковых соединений способствует повышению выхода белка с сохранением его нативных свойств, удешевляет технологию в части энергозатрат на производство.

Предложенные продукты имеют высокую биологическую ценность, богаты клетчаткой и выполняют детоксицирующую функцию, обладают пробиотическими свойствами.

При проведении научно-исследовательской работы были поставлены задачи:

- оптимизировать процесс экстракции небелковых соединений при выработке концентрата белков люпина в присутствии гидролитического фермента;
- разработать состав мультиэнзимной композиции (МЭК) для эффективного гидролиза углеводной фракции муки;
- получить препарат белков с высокими функционально-технологическими свойствами;
- разработать технологию высокобелковых кисломолочных продуктов функционального назначения для питания людей с лактазной недостаточностью;
- повысить пищевую и биологическую ценность предлагаемых продуктов.

Материалы и методы

Для проведения экспериментов была использована люпиновая мука из семян люпина узколистного сорта «Снежень», предоставленная ВНИИ люпина, г. Брянск, с содержанием сырого протеина 46% на с.в., сырого жира – 7% на с.в.

Использованы следующие ферментные препараты (ФП):

1. Celluclast BG – ФП целлюлазы, выделяемый из культуры грибов *T. reesei*. Препарат предоставлен АО «Novozymes A/S» (Дания). Активность фермента 3500 ед/г;
2. Целлюлаза-100 – комплексный цитолитический ферментный препарат, выделяемый из смешанной культуры грибов *Asp. foetidus* и *T. viride*. Обладает активностью эндо- β -1,4-глюканазы, целлобиогидролазы, целлобиазы, эндо- β -1,3-1,4-глюканазы, 3-1,3-глюканазы, ксиланазы, полигалактуроназы, пектинэстеразы. Сопутствующие ферменты – хитиназа, кислая протеаза. Целлюлазная активность фермента 540 ед КМЦ/мл;
3. Pentopan Mono BG (ксиланаза эндо-1,4-) – ФП ксиланазы, выделяемый из культуры грибов *A. oryzae*. Препарат предоставлен АО «Novozymes A/S» (Дания). Активность фермента 2500 ед КС/мл.

Содержание сырого протеина определяли по методу Кьельдаля на автоматическом анализаторе Kjeltec Auto 1030 фирмы Tecator (Швеция) в соответствии с [7]. Содержание сырого жира в белковой пасте – по [8]. Определение массовой доли общего сахара (в расчете на инвертный) в люпиновой сыворотке выполняли по методу Бертрана по [9]. Анализ компонентного состава моно- и дисахаридов в сыворотке проводился методом ВЭЖХ по [10].

Обсуждение результатов

Эффективность биоконверсии углеводсодержащих компонентов и антипитательных факторов, входящих в состав муки люпина, оценивалась по содержанию сырого протеина в полученном жировом концентрате, а также по увеличению содержания сырого протеина по сравнению с данными контрольной пробы (без введения ФП) и с данными по исходному сырью.

Максимальный выход целевого продукта был достигнут воздействием на субстрат ФП Целлюлаза-100 и составил $59,40 \pm 0,80\%$ на с.в., в то время как значение контрольной пробы (без внесения ФП) составило $50,68 \pm 1,01\%$ на с.в. [11].

В ходе экспериментов по оптимизации процесса на содержание сырого протеина в продукте (y , %) изучалось влияние трех факторов: температуры (z_1) в диапазоне 50–60°C; соотношения вода:мука (z_2) в количестве 10:1; 15:1; 20:1; дозировки ФП

Целлюлаза-100 (z_3) в диапазоне 0,54–1,62 ед/г. Экспозиция суспензии с ФП проводилась в течение 40 мин.

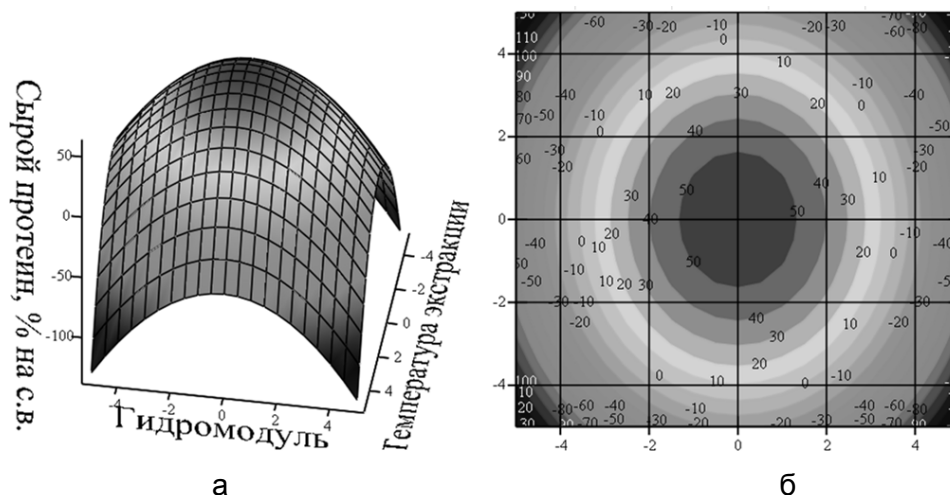


Рис. 1. Поверхность отклика (а) и изолинии сечений (б) зависимости содержания сырого протеина в пасте от температуры экстракции и гидромодуля

Полученные поверхности отклика зависимости содержания сырого протеина в пасте от исследуемых факторов имеют вид эллиптического параболоида (поверхность отклика зависимости содержания сырого протеина в пасте от температуры экстракции и гидромодуля и изолинии ее сечений на рис. 1). Координаты оптимума (максимум) лежат в центре плана.

В ходе исследования установлены оптимальные параметры совмещенного процесса экстракции небелковых соединений в изoeлектрической точке и ферментативного расщепления балластных веществ люпиновой муки целлюлолитическим ферментом: температура 55°C, гидромодуль 1:15, дозировка фермента 1,08 ед/г.

При проведении процесса в оптимальных условиях содержание сырого протеина в целевом продукте в среднем возрастает на 12% по сравнению с исходной мукой и на 8–9% по сравнению с контрольным продуктом.

Из имеющихся ФП были составлены МЭК, и наилучший результат был получен при использовании МЭК с $1,08 \pm 0,02$ ед/г ферментного препарата Celluclast BG и 5 ± 1 ед/г – Pentopan Mono BG. При этом содержание сырого протеина в целевом продукте составляет $56,04 \pm 1,10\%$ на с.в., содержание сырого жира возрастает на 3–4% по сравнению с исходной мукой и составляет $10 \pm 1\%$ на с.в. Исследован компонентный состав супернатанта. Установлено, что количество растворимых углеводов в супернатанте возросло в 2 раза по сравнению с исходной мукой, что свидетельствует об эффективности ферментативной обработки [12].

С целью выявления оптимальной дозы внесения были изучены органолептические, структурно-механические показатели и пищевая ценность кисломолочных продуктов с добавлением 1% и 2% белкового препарата.

Сухое обезжиренное молоко, восстановленное до массовой доли белка 3% в соответствии с типовой технологической инструкцией [13], цельное молоко, произведенное по [14] с массовой долей белка $2,8 \pm 0,2\%$, жира $3,6 \pm 0,1\%$, пастеризовали при $(92 \pm 2)^\circ\text{C}$ с выдержкой 5 мин, вносили белковый препарат и сквашивали йогуртной закваской.

Полученные сгустки были плотными и имели выраженный кисломолочный вкус и запах. При внесении препарата в количестве более 1% наблюдается легкий бобовый привкус, продукт приобретал кремовый оттенок.

С помощью расчетных коэффициентов (P_{η} – коэффициент потерь вязкости, КМС – коэффициент механической стабильности, B_{η} – относительная степень восстанавливаемости структуры) проведена сравнительная характеристика структурно-механических свойств кисломолочных продуктов, полученных на цельном и обезжиренном молоке (таблица).

Таблица. Структурно-механические показатели кисломолочных продуктов с различным содержанием препарата белков люпина в своем составе

Массовая доля препарата, %	Показатели			
	P_{η} , %	КМС	B_{η} , %	Относительная степень разрушения структуры
Сгустки на восстановленном обезжиренном молоке				
–	54,9±1,4	2,20±0,15	70,1±3,1	0,306
1,0	54,9±1,1	2,20±0,60	60,0±3,6	0,306
2,0	61,5±2,3	2,60±0,40	57,7±3,1	0,362
Сгустки на цельном молоке				
–	19,9±1,3	1,30±0,14	86,6±3,3	0,173
1,0	23,1±1,1	1,30±0,50	84,0±3,1	0,179
2,0	28,5±2,1	1,40±0,32	78,1±3,1	0,192

Использование белковой добавки в количестве до 1% не оказывает негативного влияния на структурно-механические показатели продукта, выработанного как на обезжиренном, так и на цельном молоке: коэффициент механической стабильности систем остается постоянным, наблюдаются небольшие потери вязкости сгустков, полученных на цельном молоке. Однако в обоих случаях падает способность сгустков к тиксотропному восстановлению, что обусловлено присутствием в системе дисперсной фазы, способной образовывать прочные контакты, склонные разрушаться необратимо.

На основании проведенной серии экспериментов определена оптимальная доза внесения белкового препарата из муки люпина в количестве до 1% [15].

Для получения аналога кисломолочного напитка с содержанием белка 5% в качестве исходного сырья была использована предварительно обработанная ферментами люпиновая белковая основа с массовой долей сухих веществ 8–10%.

Для получения комбинированных продуктов с различным соотношением молочных и растительных белков (белки сухого обезжиренного молока/концентрат белков люпина – СОМ/КБЛ) была составлена молочно-растительная основа.

В подготовленные суспензии вносили закваску (*Streptococcus salivarius* sp. *thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) в количестве 3–5%. Ферментацию проводили при температуре $t=(42\pm 2)^{\circ}\text{C}$ до pH 4,4–4,5.

При ферментации молочно-растительной основы смесь достигала требуемых значений титруемой кислотности за 2,5–3 ч, в случае же ферментации восстановленного молока (контрольная проба) этот процесс занимал около 4–5 ч. Наличие в смеси растительного белка положительно влияет на динамику кислотонакопления смеси и позволяет сократить время на производственный цикл ферментации.

Полученные сгустки имели однородную консистенцию с незначительным выделением сыворотки, кисло-сладкий вкус и приятный яблочный запах.

Предлагаемые продукты содержат все необходимые для организма человека питательные вещества и характеризуются повышенной пищевой и энергетической ценностью, дополняют рацион растительными белками, жирами, углеводами и клетчаткой, необходимой для правильного функционирования желудочно-кишечного тракта.

Оценка органолептических свойств продуктов приведена на рис. 2.

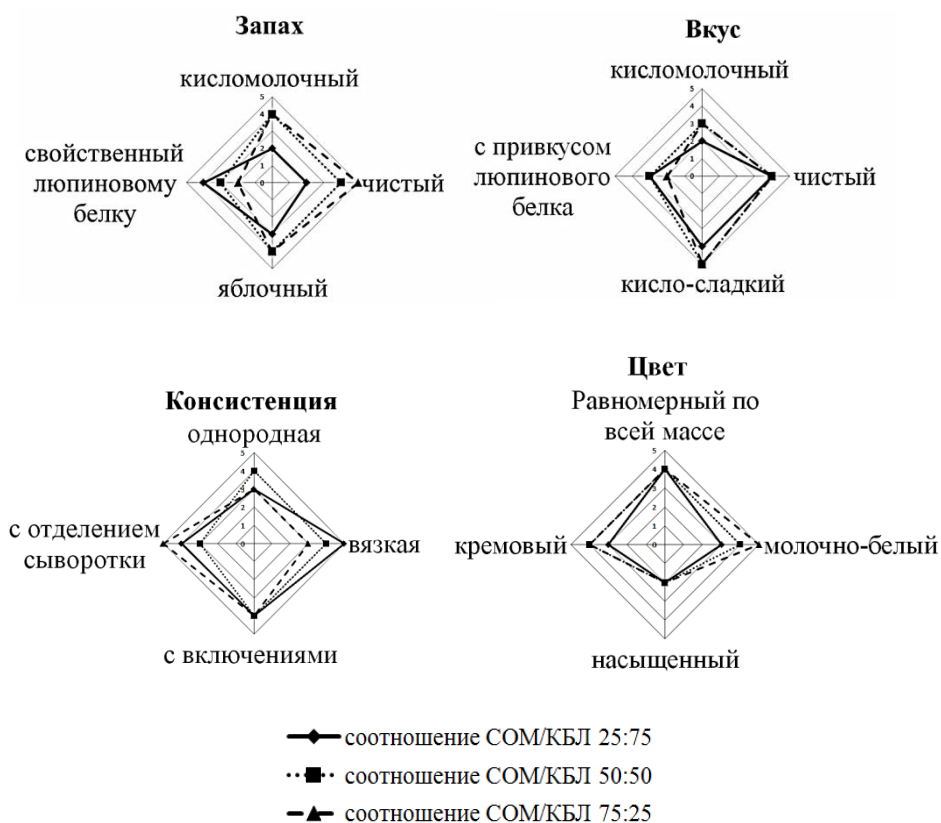


Рис. 2. Профилограммы органолептических показателей ферментированных продуктов с различным соотношением белков молока и люпина

Поданы заявки на изобретение «Способ получения кисломолочного продукта из люпиновой муки» МПК А23С11/10; А23L1/20 и «Способ получения составного кисломолочного продукта из люпиновой муки и сухого обезжиренного молока» МПК А23С 9/12; А23L1/20.

Заключение

Разработана технология белкового концентрата из доступного импортзамещающего сырья с применением методов биотехнологии, технология и рецептура продуктов сложного сырьевого состава на растительной и молочно-растительной основе.

Составлен бизнес-план производства белкового препарата и ферментированных продуктов. Проект предусматривает внедрение технологии на молокоперерабатывающее производство, оборудованное цехом распылительной сушки.

Промышленный способ получения ферментированного продукта на растительной основе позволяет снизить себестоимость аналога йогурта в 1,7 раза, при величине показателя рентабельности продукции 10%. Разработанные продукты на растительной и молочно-растительной основе могут быть использованы в питании детей, лиц пожилого возраста, беременных женщин, спортсменов, людей, страдающих лактазной недостаточностью, людей, страдающих сахарным диабетом.

Данный проект поддержан грантом Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере по программе «Участник молодежного научно-инновационного конкурса» в номинации «Медицина будущего. Биотехнологии» в 2013 году.

Литература

1. Аникеева Н.В. Белковый изолят // Пищевая промышленность. – 2003. – № 7. – С. 72.
2. Миневич И.Э. Разработка технологических решений переработки семян льна для создания функциональных пищевых продуктов: Автореферат дис. ... канд. техн. наук. – М., 2009. – 25 с.
3. Шульвинская И.В., Щербаков В.Г., Барбашов А.В. Влияние ограниченного гидролиза на биохимические и функциональные свойства белков семян льна // Изв. вузов. Пищевая технология. – 2006. – № 5. – С. 30–32.
4. Патент на изобретение № 2292165 МПК А23L1/201, А23L1/211. Пищевой формованный продукт из фасоли и способ его приготовления / Н.Г. Колесникова, Н.Т. Шамкова, Г.М. Зайко и др. Заявка № 2005121729 от 11.07.05; опубл. 27.01.2007.
5. Браудо Е.Е., Даниленко А.Н., Елисеева Л.Г., Махотина И.А. Повышение пищевой ценности белков люпина методом ограниченного ферментативного гидролиза // Изв. вузов. Пищевая технология. – 2006. – № 2–3. – С. 69–70.
6. Мандреа А.Г. Технология и оборудование для получения соевого белкового изолята/концентрата // Пищевая промышленность. – 2004. – № 5. – С. 54–55.
7. ГОСТ 13496.4-93. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина. – Введ. 01.01.1995. – М.: Изд-во стандартов, 1993. – 17 с.
8. ГОСТ 13496.15-97. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания сырого жира. – Введ. 01.01.1999. – М.: Изд-во стандартов, 1998. – 12 с.
9. ГОСТ 3628-78. Молочные продукты. Методы определения сахара. – Введ. 01.07.1979. – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 15 с.
10. ГОСТ Р 53766-2009. Продукция соковая. Определение сахарозы, глюкозы, фруктозы и сорбита методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. – Введ. 01.01.2011. – М.: Стандартинформ, 2010. – 16 с.
11. Забодалова Л.А., Доморощенко М.Л., Демьяненко Т.Ф., Кузнецова Л.М. Применение ферментативного гидролиза в технологии белковых концентратов из люпина // Электронный научный журнал «Процессы и аппараты пищевых производств». – СПб: СПбГУНиПТ, 2012. – № 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.open-mechanics.com/journals>, своб.
12. Забодалова Л.А., Доморощенко М.Л., Демьяненко Т.Ф., Кузнецова Л.М. Исследование технологии получения концентрата белков люпина с использованием процесса энзиматической деструкции полисахаридов // Хранение и переработка с/х сырья. – 2013. – № 3. – С. 33–36.
13. ГОСТ Р 52090-2003. Молоко питьевое. Технические условия. – Введ. 30.06.2004. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 10 с.
14. ГОСТ Р 52054-2003. Молоко натуральное коровье сырье. Технические условия. – Введ. 01.01.2004. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 8 с.
15. Забодалова Л.А., Кузнецова Л.М., Киябаева А.А. Применение белкового препарата люпина, полученного многосубстратной биоконверсией исходного сырья, в технологии ферментированных молочных продуктов // Изв. вузов. Пищевая технология. – 2013. – № 2–3. – С. 64–66.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ РАЗМЕЩЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ

О.В. Кузнецова

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

В работе приведен алгоритм размещения корпусов электронных компонентов на печатной плате в трехмерном измерении. Алгоритм основан на применении теории графов и теории последовательных алгоритмов размещения. Предложен подход, основанный на проверке установки корпусов электронных компонентов на печатную плату с учетом высоты над платой.

Ключевые слова: трехмерное моделирование, алгоритм размещения, печатная плата.

Разработка и реализация алгоритмов размещения электронных компонентов (ЭК) на печатной плате (ПП) является актуальной проблемой, решение которой неотъемлемо связано с развитием систем автоматизации проектирования (САПР). Авторазмещение при проектировании ПП используется нечасто, так как результат размещения далек от оптимального, а также в существующих алгоритмах не учитываются высоты корпусов ЭК. Иначе говоря, на сегодняшний день используется алгоритмизация в двухмерном пространстве. Алгоритмы размещения можно свести в основные группы: алгоритмы решения задач математического программирования, являющихся моделями задачи размещения; последовательные алгоритмы; итерационные алгоритмы; алгоритмы, использующие непрерывно-дискретные методы оптимизации [1].

Последовательные алгоритмы размещения предусматривают первоначальное размещение нескольких ЭК на плате. Решающее правило большинства последовательных алгоритмов размещения по связности основано на предположении, что наиболее связанные элементы следует располагать максимально близко друг к другу. На каждом шаге алгоритма выбирают в соответствии с некоторой оценкой очередной элемент и позицию для его установки. В качестве первоначально закрепленных на плате компонентов обычно выбирают разъемы, которые устанавливаются по краям платы [2]. Последовательные алгоритмы размещения требуют небольших затрат машинного времени.

Исходными данными для алгоритма являются: матрица \mathbf{R} (матрица взвешенных связей), множества индексов размещенных I_k и неразмещенных I'_k компонентов, множества индексов занятых и свободных позиций T_k и T'_k . K – общее количество ЭК. Вектор \mathbf{H} – вектор-столбец взвешенных связей $\mathbf{H}=\{h_i / i=1, K\}$ выводов компонентов e_i с компонентом e_0 (рис. 1).

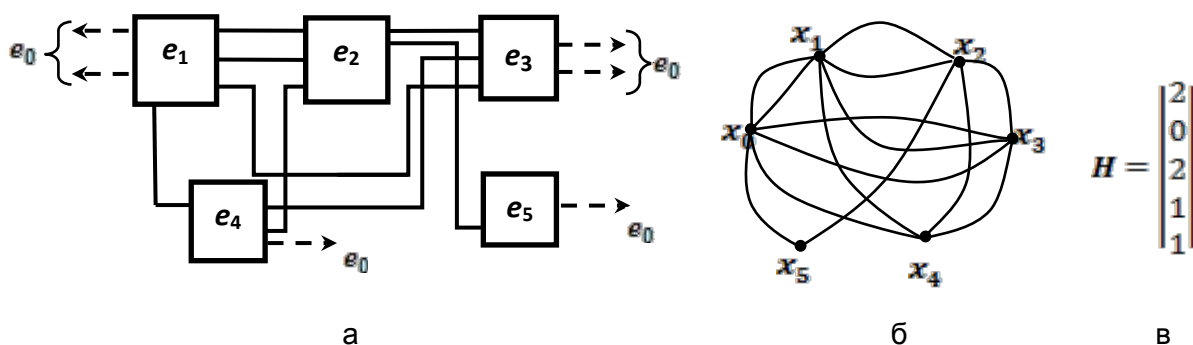


Рис. 1. Фрагмент схемы (а), мультиграф схемы (б) и вектор \mathbf{H} (в)

Модель монтажного поля (МП) описывается матрицей расстояний:

$$\mathbf{D} = \parallel d_{ij} \parallel_{n \times m}, \quad (1)$$

где $n=m=K$ – общему числу компонентов.

Плоскость МП разбивают на элементарные площадки, стороны которых равны шагу размещения компонентов по соответствующему направлению. Каждой элементарной площадке ставят в соответствие вершину графа решетки. Две вершины соединены ребром, если между соответствующими элементарными площадками можно провести соединения с учетом метрических и топологических параметров типовых конструкций, устанавливаемых в данном монтажном поле. Расстояние между двумя смежными вершинами в графе G_R называется шагом сетки и принимается равным 1. При ортогональном размещении расстояние между вершинами рассчитывается по формуле (2).

$$d_{ij} = |S_i - S_j| + |t_i - t_j|, \quad (2)$$

где S и t – направления вдоль осей x, y .

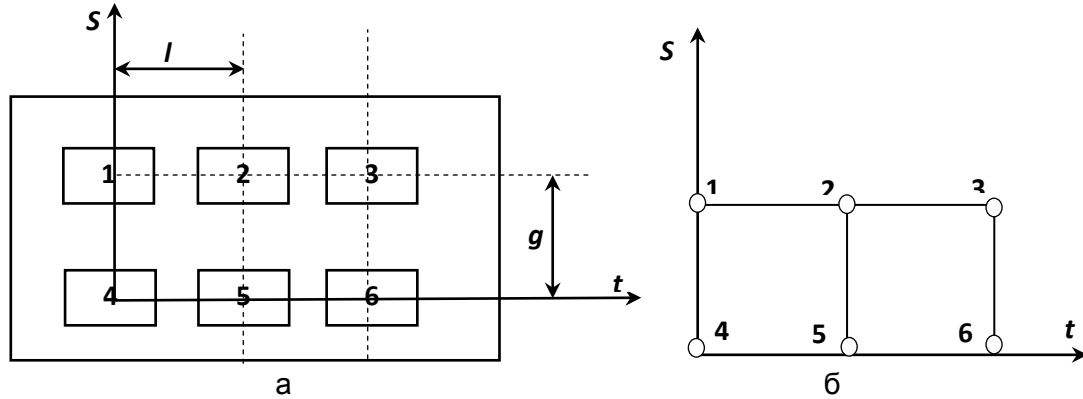


Рис. 2. Монтажное поле (а); граф решетки монтажного поля (б)

Для регулярного монтажного поля в качестве модели поля размещения используют граф решетки платы, представленный на рис. 2.

Задача размещения сводится к тому, чтобы на множестве установочных вакантных позиций T'_k на монтажном поле, разместить множество элементов схемы $E = \{e_1, e_2 \dots e_n\}$ таким образом, чтобы обеспечить экстремум целевой функции F . Под монтажным полем понимается область ПП (без вырезов, зон крепежа и тому подобных областей) на которой будут размещаться ЭК. Если критерием качества размещения является минимум суммарной взвешенной длины соединений, то задача состоит в минимизации целевой функции (3), которая выражает критерий размещения.

$$\min_{f \in T'_k} \left\{ \sum_{j \in I_k} r_{i,j} * d_{f,t(j)} + m_f * h_i \right\}, \quad (3)$$

где f – свободная позиция, принадлежащая множеству незанятых позиций T'_k ; j – элемент множества неразмещенных компонентов I_k ; r_{ij} – количество взвешенных связей очередного размещаемого элемента; $d_{f,t(j)}$ – расстояние от размещенного компонента до размещаемого в позицию f ; m_f – номер вертикального ряда, в котором расположен элемент e_f ; h_i – количество взвешенных связей размещаемого элемента с e_0 (разъемом).

Основные этапы алгоритма размещения

1. Ввод общего количества компонентов K .
2. Множество индексов размещенных компонентов $I_k = \{0\}$, при условии, что e_0 – разъем, и его устанавливают на плату до начала выполнения алгоритма.
3. Множество индексов неразмещенных компонентов $I'_k = [1 \dots K]$.
4. Ввод значений взвешенных связей в квадратную матрицу \mathbf{R} размерности K , для того чтобы задать граф схемы. Например, по схеме на рис. 1 матрица имеет вид:

$$\mathbf{R} = \begin{vmatrix} 0 & 2 & 0 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 0 & 2 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}.$$

5. Определить индекс очередного размещаемого ЭК, обозначим его J .

В процессе размещения компонентов на монтажном поле (МП) оценку степени связности обычно производят, используя один из следующих критериев [3]:

- если размещен только один из компонентов на плате, то для оценки степени связности использовать критерий максимума количества взвешенных связей:

$$\max_{i \in I'_k} \{r_{i,j_k}\}, \quad (4)$$

где r_i – связь размещенного элемента с неразмещенными; j_k – номер столбца матрицы \mathbf{R} ;

- если количество свободных позиций Z больше количества неразмещенных элементов A , то рекомендуется использовать критерий максимума суммы взвешенных связей (5)

$$\max_{i \in I'_k} \{\sum_{j \in I_k} r_{i,j}\}, \quad (5)$$

где r_{ij} – элемент матрицы взвешенных связей \mathbf{R} ;

- если количество свободных позиций не больше количества неразмещенных элементов, то рекомендуется использовать критерий максимума разности связей между размещенными и неразмещенными компонентами:

$$\max_{i \in I'_k} \{\sum_{j \in I_k} r_{i,j} - \sum_{j \in I'_k} r_{i,j}\}. \quad (6)$$

6. Определение позиции (места на плате) для установки размещаемого компонента.

Разъем размещается в первую позицию (при необходимости нужно развернуть плату). Множество индексов занятых позиций $T_k=\{1\}$. Множество индексов свободных позиций $T_k'=[2...M]$.

Обозначим размеры монтажного поля $L_{мп} \times H_{мп}$. Необходимо разбить плату на прямоугольные ячейки: длина стороны ячейки $L_я$ равна длине наиболее длинномерного корпуса плюс зазор между компонентами (например, 5 мм); ширина стороны ячейки $H_я$ равна ширине наиболее широкого корпуса плюс зазор между компонентами. Количество по длине и ширине монтажного поля рассчитываются следующим образом: $L_{мп}/L_я=L$ и $H_{мп}/H_я=H$. При таком расчете все компоненты на МП будут ориентированы одинаково.

Составить матрицу расстояний по модели монтажного поля, используя формулу (2).

Для примера на рис. 2, а, когда имеется 6 ячеек расположенных на плате в два ряда, по 3 штуки в каждом ряду, матрица расстояний будет иметь следующий вид:

$$D_R = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & 1 & 2 & 3 \\ 1 & 0 & 1 & 2 & 1 & 2 \\ 2 & 1 & 0 & 3 & 2 & 1 \\ 1 & 2 & 3 & 0 & 1 & 2 \\ 2 & 1 & 2 & 1 & 0 & 1 \\ 3 & 2 & 1 & 2 & 1 & 0 \end{vmatrix}.$$

Выбранный элемент установить в позицию, которая удовлетворяет формуле (3).

Для алгоритмизации размещения ЭК в трехмерном пространстве необходимо определение позиции (места на плате) для установки размещаемого компонента выполнять с учетом высот корпусов ЭК и с учетом высот над платой (что

определяется конфигурацией модуля более высокого уровня, например, формой корпуса блока) [4]. В данной работе рассматривается вариант с односторонним размещением ЭК на плате.

Если высота над платой равномерна (при установке платы в модуль более высокого уровня высота над поверхностью платы в любой точке одинакова), то:

- ввод значения высоты над платой $B_{пл}$ (с учетом зазора);
- ввод значений высот корпусов ЭК $\{B_1, B_2, \dots, B_v\}$ (где v – количество однотипных корпусов ЭК, размещаемых на МП);
- сравнение значений высот корпусов с $B_{пл}$. Если $B_i > B_{пл}$, то надо изменять параметры конструкции: либо выбрать другой тип корпуса, либо подобрать другую форму модуля более высокого уровня (корпуса блока). Если $B_i \leq B_{пл}$, то выбранный элемент установить в позицию, которая удовлетворяет формуле (3).

В случае если высота над платой неравномерна (например, при установке платы в корпус ступенчатой формы), рекомендуется применить алгоритм плотного размещения разногабаритных элементов на плате [5].

Суть алгоритма заключена в следующем. Выбранный для установки ЭК размещается на такое место, чтобы его правая граница была минимально удалена от начала полубесконечной ленты (рис. 3). При наличии нескольких таких мест среди них выбирается такое, при котором длина границы соприкосновения устанавливаемого ЭК с уже установленными ЭК и границей полубесконечной ленты была бы максимальной. Таким образом имеется $k-1$ размещенных ЭК, величина $s_{x_{k-1}}$ – текущее s_x , и размещаемый ЭК (рис. 4). Для установки k -го ЭК находится такое место размещения, чтобы правая граница данного ЭК создавала минимальное значение s_x . Если таких мест несколько, то выбирается то из них, на котором данный ЭК имел бы максимальное по протяженности соприкосновение с уже установленными ЭК или границей ленты размещения.

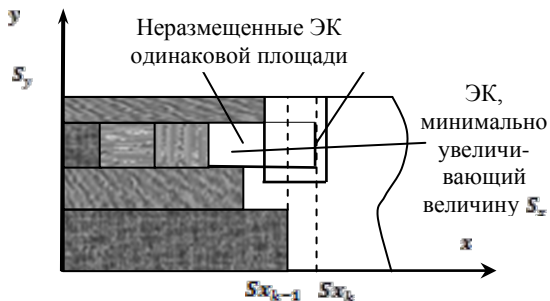


Рис. 3. Варианты размещения ЭК

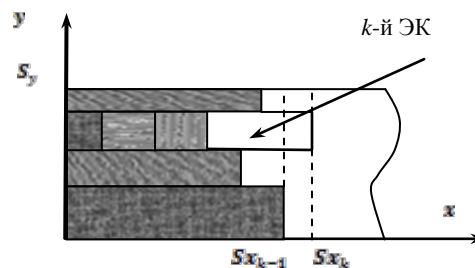


Рис. 4. Оптимальный вариант размещения ЭК

Так как в этом алгоритме размещения (также как и в других) используется двумерная система координат, то для преобразования алгоритма для размещения в трехмерном пространстве, представим его (алгоритм) в следующем виде:

- ввод высоты устанавливаемого корпуса ЭК: B_i ;
- все области платы, на которых высота над платой меньше B_i назначить занятыми;
- затем выполнить алгоритм для размещения в двумерном пространстве;
- если не существует ни одного места на МП, куда можно разместить выбранный ЭК, то надо изменить параметры конструкции.

7. В множество индексов занятых позиций T_k , добавить индекс очередной занятой позиции. Исключить из множества индексов свободных позиций T'_k , индекс очередной занятой позиции.

8. В множество элементов I_k , добавить индекс размещенного элемента. Из множества элементов I'_k исключить индекс очередного размещенного элемента.
9. Выполнить проверку – все ли элементы размещены. Если $I'_k=0$, то перейти к п. 10, иначе – к п. 5.
10. Конец алгоритма.

В основе последовательного алгоритма размещения ЭК на ПП в 3D-пространстве лежит контроль высот: выполняется проверка установки корпусов электронных компонентов в модуль верхнего уровня (например, установка печатной платы в корпус блока).

Применение алгоритма позволит увеличить скорость проектирования печатных плат и уменьшить количество ошибок на стадии проектирования. Данный алгоритм может быть реализован в виде отдельной программы или его можно встроить в САПР печатных плат, поддерживающих трехмерное моделирование (Altium Designer, KiCAD, CADSTAR).

Литература

1. Бондарик В.М. Системы автоматизированного проектирования. Курс лекций: Уч. пособие для студ. спец. «Медицинская электроника», «Электронно-оптические системы и технологии» дневной и заочной форм обуч. – Минск: БГУИР, 2006. – С. 46–60.
2. Гатчин Ю.А., Кузнецова О.В., Романова Е.Б. Рекомендации по размещению электронных компонентов на печатной плате // Труды конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «IS&IT'13». Молодежная научно-техническая конференция «Информационные системы и технологии-2013». – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. – Т. 3. – С. 36–37.
3. Кофанов Ю.Н., Сарафанов А.В., Трегубов С.И. Автоматизация проектирования РЭС. Топологическое проектирование печатных плат. Электрон. учеб. пособие. – Красноярск: ИПК СФУ, 2008. – С. 126–132.
4. Кузнецова О.В., Романова Е.Б. Трехмерное моделирование печатного узла // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2011. – № 6 (76). – С. 139.
5. Кокотов В.З. Алгоритм плотного размещения разногабаритных элементов на плате // Электрон. журн. Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2005. – № 9.

УДК 316.74

РЕФОРМА БЮДЖЕТНОГО СЕКТОРА: ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕХОДА ДЕТСКИХ ДОШКОЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ В АВТОНОМНУЮ ФОРМУ

А.Ю. Кулачинская

Научный руководитель – к.э.н., доцент Д.В. Удалова

В работе рассмотрены основные проблемы перехода детских дошкольных образовательных учреждений в автономную форму. Автором была изучена специфика автономного учреждения, а также выявлены достоинства и недостатки данной формы бюджетной организации применительно к детским дошкольным учреждениям. На основе проведенного исследования автором сделаны выводы относительно результатов проводимой реформы бюджетного сектора.

Ключевые слова: реформа, ДОУ, автономный.

В ходе исследования автором внимательно были изучены такие законы, как: Федеральный закон от 3 ноября 2006 года № 174-ФЗ «Об автономных учреждениях»

[1], Федеральный закон от 08.05.2010 г. № 83-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с совершенствованием правового положения государственных (муниципальных) учреждений» [2], Федеральный закон от 12.01.1996 г. № 7-ФЗ «О некоммерческих организациях» [3]. Автор данной работы ознакомился с основными материалами по теме проводимого исследования. Был проанализирован отчет по итогам работы Экспертной группы № 17 «Реформа бюджетного сектора в экономике» (НИУ Высшая школа экономики), а также документ «Стратегия-2020: Новая модель роста – новая социальная политика» [4], который полностью описывает приоритеты проводимой реформы бюджетного сектора, а также ожидаемые результаты.

Начиная с 2010 г., в Российской Федерации (РФ) активно реализуется реформа бюджетного сектора, которая заключается в переходе муниципальных и государственных учреждений к определенным типам государственных учреждений: казенным, автономным и бюджетным.

Гражданам в РФ, согласно части 2 статьи 43 Конституции РФ, гарантируется общедоступность и бесплатность дошкольного образования. При этом не предусматривается бесплатное содержание детей в детских дошкольных образовательных учреждениях (ДОУ). Другими словами, услуги по уходу и присмотру за детьми в ДОУ осуществляются за счет средств муниципалитетов. Согласно действовавшему ранее законодательству, родители оплачивали не более 20% расходов по уходу за детьми в детских садах. С 1 января 2013 г. в результате принятия нового закона «Об образовании» [1], данная норма была исключена. Таким образом, согласно действующему законодательству, муниципалитеты вправе взимать с родителей 100% расходов по содержанию детей в садах. При этом единого норматива стоимости присмотра и ухода за детьми-дошкольниками нет. По данным движения «Российским детям – доступное дошкольное образование» [5], в разных регионах полная стоимость может составлять от 6 до 16 тыс. руб.

До принятия реформы бюджетного сектора, финансирование детских садов осуществлялось следующим образом:

- социальные услуги финансируются одновременно и родителями и муниципалитетом;
- социальные услуги (не более 20% от всей стоимости содержания ребенка в ДОУ), а также услуги, выходящие за рамки образовательного стандарта, оплачиваются родителями самостоятельно;
- содержание материальной базы осуществляется за счет балансодержателя (собственника), в том случае, если ДОУ находится на балансе муниципалитета, то финансирование затрат предусматривается за счет бюджета данного органа местного самоуправления;
- планирование и организация финансирования ДОУ осуществляется на основе подушевого финансирования.

На рис. 1 показано, сколько в период с 1990 по 2012 год всего ДОУ в РФ [6].

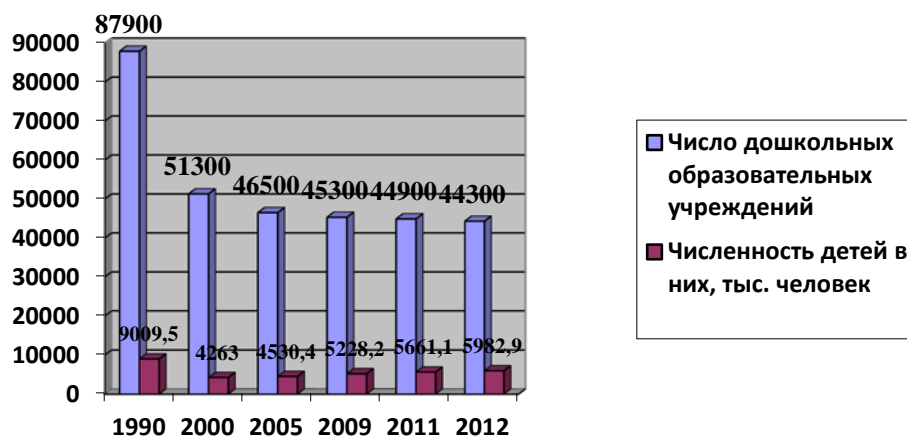


Рис. 1. Число ДОУ и численность детей в них

Можно заметить, что с 2000 г. очевиден спад количества ДОУ, в то время как численность детей с 2005 г. неуклонно растет. Это говорит о том, что вплоть до сегодняшнего дня чувствуется острая нехватка детских садов в стране. И только с 2010 г. государство всерьез занялось этой проблемой и к 2013 г. планировалось полностью избавиться от проблемы отсутствия достаточного количества ДОУ. Но, по данным Росстата, на начало 2013 г. 2403,9 тыс. детей находились в ожидании на устройство в ДОУ.

На рис. 2 показана средняя численность детей на 100 мест в дошкольных образовательных учреждениях в РФ [6].

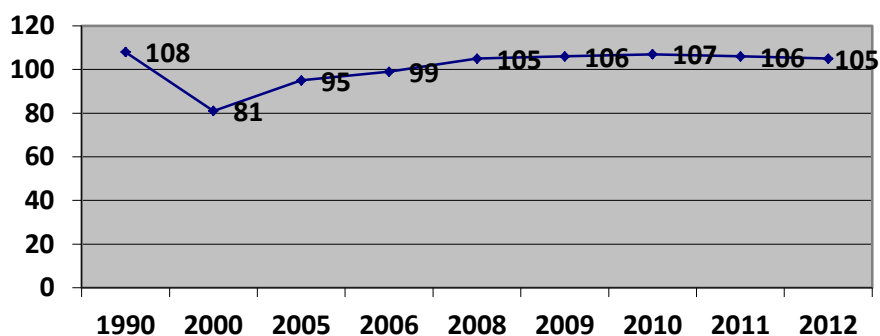


Рис. 2. Численность детей (человек) на 100 мест в ДОУ

Исходя из данных на рис. 2, можно сделать вывод, что на 2000 г. пришелся минимум человек на 100 мест, это говорит о том, что спрос на ДОУ резко сократился. Уже с 2008 по 2010 год можно констатировать некую стабильность в наборе детей в детские сады. В 2012 г. на 100 мест в среднем приходилось 105 детей. В таком случае, следует говорить о нехватке мест в ДОУ для потенциальных воспитанников.

На данный момент пока нет общероссийских данных по переходу ДОУ в автономную форму, но сегодня уже известно, что в Екатеринбурге в 2012 г. в автономную форму переведено 7 детских садов, в 2013 г. планировалось перевести 27. В итоге сегодня функционирует около 20 автономных ДОУ. Исходя из того, что всего в городе 301 детский сад, то доля невелика, но при этом процесс идет.

К октябрю 2012 г. в Санкт-Петербурге только 5 детских садов (всего чуть более 1000 ДОУ) решилось перейти в автономную форму. При этом руководители тех ДОУ, которые уже перешли в новый статус автономных, стараются проводить различные семинары, чтобы поделиться своим опытом с другими детскими садами: обозначить плюсы и минусы такого перехода. А в Уфе уже в начале 2010 г. в автономную форму перешел 31 детский сад. Динамика продолжилась, и к лету 2012 г. число автономных

учреждений дошкольного образования возросло до 46. Всего в городе функционирует 242 детских сада.

Из 41 дошкольного учреждения, в системе автономии в Благовещенске сегодня работает 26 ДООУ. И с 2013 г. на нее перешли не только детские сады, но и вся система дополнительного образования Благовещенска. В то время как в Москве, по данным за 2012 г., автономных детских садов зафиксировано не было. Практически все ДООУ столицы – бюджетные нового типа.

По мнению автора, прежняя бюджетная форма учреждений дошкольного образования более приемлема, нежели появившаяся автономия. Потому как за финансовой самостоятельностью и увеличением социальных услуг стоит другая, наиболее важная, проблема: увеличение платы с родителей за детский сад, а также другие услуги, которые не включаются в общую стоимость нахождения ребенка в саду. Например, занятия иностранными языками, танцы и прочие услуги, которые раньше приходились родителям не так дорого, теперь оплачиваются гораздо большими суммами, притом, что и плата за само нахождение воспитанника в ДООУ стала в разы больше. Таким образом, если в Санкт-Петербурге плата за детский сад приходилась в среднем 700 руб. в месяц, то с переходом в автономную форму, она может увеличиться до 5 тыс. руб. в месяц.

Также стоит отметить, что положительные результаты работы автономного детского сада возможны только при условии, что руководитель является ответственным, компетентным и честным человеком, целенаправленно работающим на благо своего учреждения. И это, к сожалению, не может быть гарантировано даже государством.

Таким образом, исходя из того, что реформа бюджетного сектора находится в процессе своей реализации, стоит отметить, что бюджетная форма нового типа и автономность имеют небольшую разницу между собой, а некоторые эксперты отмечают, что разница между ними настолько несущественно, что реформа со временем может претерпеть некоторые изменения:

- останутся казенные и бюджетные учреждения (созданные на данный момент автономные учреждения (АУ) преобразуются в бюджетные);
- останутся казенные и АУ (бюджетные учреждения преобразуются в казенные или АУ);
- останутся все три типа учреждений при безусловном повышении экономической самостоятельности АУ [4].

Ко всему прочему, автором лично был проведен опрос родителей детского сада № 17 Приморского района г. Санкт-Петербурга в количестве 140 человек на тему: «Ваше отношение к переходу ДООУ в автономную форму?». Были предложены такие варианты ответов, как:

- «Положительное»;
- «Нейтральное»;
- «Негативно»;
- «Я об этом ничего не слышал(а)».

По итогам опроса (рис. 3), 30% респондентов оказались неосведомленными по данной теме, по 25% набрали мнения «нейтральное» и «негативное», что говорит о противоречивости мнений, и 20% положительно отозвались о данном процессе.

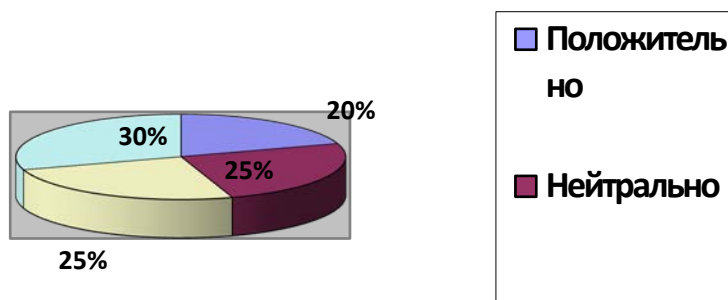


Рис. 3. Опрос респондентов

Исходя из данных на рис. 3, можно сделать вывод, что у жителей Санкт-Петербурга пока нет устойчивого однозначного мнения о перспективах перехода детских образовательных учреждений в автономию. Ко всему прочему, 30% родителей вообще не осведомлены о том, что проходит реформа бюджетного сектора, и какие учреждения она затрагивает.

При этом стоит отметить следующее: респонденты, отметившие процесс перехода ДООУ в автономную форму как негативный фактор, главным минусом обозначили повышение платы за содержание ребенка в саду и неуверенность в автономии как новой форме детского дошкольного учреждения. Родители, выразившие позитивное отношение к проводимой реформе, первым делом отметили финансовую свободу учреждения, что в перспективе даст им более объемный перечень дополнительных занятий для их детей.

Также при проведении опроса автором были розданы анкеты каждому из респондентов. Данные анкеты содержали ряд вопросов, которые более полно раскрывали финансовое положение каждой отдельной семьи, что позволило автору сделать определенные выводы о том, по какому принципу распределялись ответы родителей на заданный вопрос.

Анкета содержала определенный вопрос: «Каков доход на каждого члена Вашей семьи в месяц?». И было предложено несколько вариантов ответа (табл. 1):

- «До 20 тыс. рублей»;
- «От 20 тыс. руб. до 30 тыс. руб.»;
- «От 30 тыс. рублей и выше».

Таблица 1. Распределение ответов на главный вопрос в соответствии с доходами на члена семьи

Доход на 1 члена семьи респондента	Ответы на вопрос: «Ваше отношение к переходу ДООУ в автономную форму?»			
	«Положительно»	«Нейтрально»	«Негативно»	«Ничего об этом не знаю»
До 20 тыс. руб.	8	11	11	15
От 20 тыс. до 30 тыс. руб.	10	13	8	12
30 тыс. руб. и выше	20	14	4	14

Исходя из данных в табл. 1, автором было определено, что чаще выражали положительное отношение к переходу в автономную форму ДООУ те родители, у которых доход на члена семьи от 30 тыс. рублей и выше.

Позже автором было задано два контрольных вопроса тем респондентам, чьи ответы содержали положительный отзыв о переходе детсадов в автономную форму и

чей доход на члена семьи составляет от 20 тыс. руб. до 30 тыс. рублей и от 30 тыс. руб. и выше. В общей сумме, эта цифра составила 30 человек из 140 опрошенных (20%).

1. «Нравится ли Вам сама идея перехода ДООУ в автономную форму?».
2. «Считаете ли Вы, что с переходом детских садов в автономную форму качество услуг станет выше?».

Далее автором был просчитан коэффициент Юла–Кендэла, который отразил взаимосвязь ответов на 1-й и 2-ой вопросы (табл. 2).

Таблица 2. Распределение ответов на 1-й и 2-ой вопросы

Ответы на 1-й вопрос	Ответы на 2-ой вопрос		Итого
	Да, <i>a</i>	Нет, <i>b</i>	
Да, <i>A</i>	13	5	$\sum A=25$
Нет, <i>B</i>	7	15	$\sum B=15$
Итого	$\sum a=20$	$\sum b=20$	$N=40$

В числителе этого относительного показателя разность произведения чисел с одинаковыми ответами на оба вопроса: «да–да» и «нет–нет» и произведения чисел с неодинаковыми ответами: «да–нет» и «нет–да». В знаменателе коэффициента ассоциации – сумма тех же произведений, разность которых стоит в числителе:

$$K_{\text{контингенции}} = \frac{Aa \cdot Bb - Ab \cdot Ba}{Aa \cdot Bb + Ab \cdot Ba}$$

$$K_{\text{контингенции}} = \frac{13 \cdot 15 - 5 \cdot 7}{13 \cdot 15 + 5 \cdot 7} = 0,69 \approx 0,7.$$

Исходя из полученного коэффициента, можно сделать вывод, что имеется тесная связь между ответами на 1-й и 2-ой вопросы, что говорит об однозначности выбора ответа со стороны респондентов. Другими словами, положительное отношение к переходу ДООУ в автономную форму имеют те родители, чьи доходы на каждого члена семьи превышают 20 тыс. руб. в месяц, а также те, кто считает, что переход несет позитивные изменения.

Также автор считает важным отметить, что движение «Российским детям – доступное дошкольное образование» также проводит общественные опросы. В частности, один из опросов был посвящен вопросу: «В какой мере лично Вы готовы принять участие в борьбе за право детей на общедоступное бесплатное дошкольное образование?».

Всего в опросе приняло участие 124 респондента, и были получены следующие ответы [5]:

- «Самое активное – все, что требуется» – 42% (52 голоса);
- «Только массовые мероприятия» – 20% (25 голосов);
- «Только составление запросов, писем, поиск информации в сети» – 18% (22 голоса);
- «Никакого – сижу жду, когда кто-то решит проблему за меня» – 4% (5 голосов);
- «Не вижу смысла в борьбе – решаю проблему своими силами» – 13% (16 голосов);
- «Готов стать одним из лидеров движения» – 3% (4 голоса).

Таким образом, исходя из имеющихся ответов, можно сделать вывод, что большинство родителей решительно настроены на самые активные действия ради получения места в ДООУ. Это может говорить и о том, что суммы от 6 до 16 тыс. руб., которые прогнозируются экспертами в случае перехода ДООУ в автономную форму, не остановят родителей в их стремлении устроить детей в детский сад.

Таким образом, можно выделить следующие положительные и отрицательные моменты перехода ДООУ в автономную форму.

Положительные:

1. выбор поставщиков товаров и продуктов питания осуществляется только по приоритетам руководства ДООУ, и, следовательно, повышается качество питания детей;
2. повышается качество образования за счет развития материально-технической базы и увеличения спектра образовательных услуг;
3. самостоятельность руководства ДООУ в формировании штатного расписания.

Отрицательные:

1. увеличивается длительность процесса переоформления учредительных и финансовых документов;
2. отсутствие возможности использования экономии средств по коммунальным платежам на нужды учреждения;
3. возникает необходимость формирования муниципального задания;
4. многие вопросы отрабатываются в экспериментальном режиме по мере возникновения проблем.

Автором данной работы был рассмотрен процесс перехода детских ДООУ в автономную форму существования, все достоинства и недостатки автономных учреждений, цели и задачи реформы бюджетного сектора. Было выявлено, что с 2010 г. наметился рост числа дошкольных учреждений по всей стране, а также уменьшение количества детей, остающихся в очереди на место в ДООУ.

Также немаловажно отметить, что переход в автономность учреждение – ответственный шаг со стороны руководителя ДООУ, так как это говорит о том, что все финансовые потоки регулируются внутри самого ДООУ, а это: как возможное повышение заработной платы воспитателям, так и повышение платы за услуги детского сада у родителей.

На данный момент процент учреждений, поменявших свой статус и ставших автономными не так велик, как мог бы быть в перспективе. Но сегодня однозначно можно заявить следующее:

- данный переход необратим и несет в себе как массу минусов, так и немало плюсов;
- многие учреждения, уже ставшие автономными, отмечают только позитивный характер перехода и делятся опытом с руководителями других подобных учреждений;
- в обществе царит неопределенность, что говорит о том, что только практика работы автономных ДООУ даст родителям более полное представление об автономии как о форме детского сада.

Литература

1. Федеральный закон Российской Федерации от 3 ноября 2006 г. № 174-ФЗ «Об автономных учреждениях».
2. Федеральный Закон от 8 мая 2010 г. № 83-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с совершенствованием правового положения государственных (муниципальных) учреждений».
3. Федеральный закон от 12.01.1996 № 7-ФЗ «О некоммерческих организациях».
4. Информационный сайт экспертных групп по работе над «Стратегией-2020» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.2020strategy.ru>, своб.
5. Общероссийское движение «Российским детям – доступное дошкольное образование!» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rdddo.ru>, своб.
6. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru>, своб.

ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЫПЕЧНОГО ХЛЕБА ИЗ ПРОРОЩЕННОГО ЗЕРНА

Е.В. Курганова

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

При помолe пшеницы в муку используют только внутреннюю часть зерна, а остальные части, богатые белками, сахарами, жирами, незаменимыми микроэлементами, витаминами и ферментами – не измельчаются и попадают в отруби. Другими словами, в отруби уходит значительная часть зерна, содержащая биологически активные вещества, необходимые для жизнедеятельности человека. Целью нашего исследования является разработка технологии выпечки хлеба из пророщенного зерна пшеницы, в результате чего в таком хлебе сохраняются все ценные части зерна: белки, витамины и микроэлементы. Решались следующие задачи: исследование биохимических изменений, зарождающихся в зерне при прорастании; разработка технологии выпечки хлеба из пророщенного зерна без добавления муки.

Ключевые слова: пророщенное зерно, хлеб, проростки, влажность, расстойка теста, дорасстойка теста.

В последние годы функциональное питание получило широкое развитие. Продукты функционального питания оказывают положительное влияние на здоровье людей.

Во всем мире широко развито новое направление в пищевой промышленности – так называемое функциональное питание, под которым подразумевается использование продуктов естественного происхождения. Они обладают определенными питательными свойствами и оказывают целенаправленное действие на функциональную активность отдельных органов, систем и организма в целом, стимулируют их работоспособность с конкретной профилактической и лечебно-оздоровительной целью [1]. Одним из самых ранних функциональных продуктов был хлеб.

Хлеб и хлебобулочные изделия занимают огромное место в нашем питании. Хлеб играет важную роль в рационе человека, особенно в нашей стране, где производство хлеба связано с глубокими и давними традициями.

Традиционная технология выпечки хлеба заключается в использовании муки. А мука после помола и просеивания теряет большой процент микроэлементов и витаминов, регулирующих активность ферментов и функции жизнедеятельности в организме человека.

Целью нашего исследования является разработка технологии выпечки хлеба из пророщенного зерна пшеницы, в результате чего в таком хлебе сохраняются все ценные белки, витамины и микроэлементы.

При помолe пшеницы в муку используют внутреннюю часть зерна – эндосперму, а остальные части – плодовые и семенные оболочки, алейроновый слой и зародыш, богатый белками, сахарами, жирами, незаменимыми микроэлементами, витаминами и ферментами – не измельчаются и попадают в отруби. Другими словами, в отруби уходит значительная часть зерна, пищевая ценность которой определяется не только калорийностью, но и, в основном, содержанием биологически активных веществ, необходимых для жизнедеятельности человека. С оболочкой теряется также такой элемент, как селен, без которого нарушается весь минеральный обмен. В связи с этим наша технология позволяет сохранить все полезные ценные части зерна и все вещества в своем нативном виде. В целом зерне содержатся: пищевые волокна (клетчатка), оболочка, зародыш, витамины, аминокислоты, минеральные вещества, белок и другие важные компоненты, заложенные природой в пророщенное зерно. Используя цельное зерно, мы обогащаем хлебные продукты важными компонентами.

Технология выпечного хлеба из пророщенного зерна соответствует классической технологии производства обычного хлеба: замес теста, разделка, расстойка и выпечка.

При производстве хлеба из пророщенного зерна особое место занимают стадии

замачивания и прорастания зерна. Этот процесс характеризуется взаимодействием зерна с избыточным количеством воды в соотношении 1:0,6 или 1:1,4 и занимает длительное время – 24–36 ч. Не менее важным условием, определяющим прорастание зерна, является температура – при комнатной температуре 20°C.

Оптимальными условиями для прорастания семян являются влажность, температура и наличие кислорода. Сухие семена злаковых обладают влажностью до 15%, при которой осуществляется нормальное дыхание. Вода играет важную роль. Это объясняется тем, что зерна злаковых и бобовых содержат до 14–15% прочно связанной воды (гидратационной) белками. При повышении влажности появляется свободная вода, которая резко увеличивает интенсивность дыхания и другие процессы метаболизма. Под влиянием свободной воды улучшается проницаемость клеточных стенок. Поступающие внутрь зерна молекулы воды создают гидратную оболочку вокруг белков, которые содержатся в составе запасных веществ семени. 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. Поглощение воды не зависит от температуры, кислорода и света. Влажность замачиваемой пшеницы называется степенью замачивания, которая приводится в процентах. Для хлебопечения используют степень замачивания – 42–44%.

При достижении определенного уровня влажности в набухающем зерне активируются ферменты оксидоредуктазы, в результате чего интенсивность дыхания возрастает в несколько десятков раз, т.е. происходит резкое усиление энергообмена. Энергия, необходимая для начала процессов роста, в зародыше накапливается в форме аденозинтрифосфата и идет на синтез высокомолекулярных соединений, участвующих в формировании морфологических структур проростка.

Параллельно активизируется белоксинтезирующий аппарат и система синтеза нуклеиновых кислот, фосфолипидов и других липидов. На определенных этапах прорастания в активации ферментов принимают участие «живые» клетки щитка и алейронового слоя семени злаков, содержащие биологически активные соединения.

Биохимическая направленность прорастания – это активация гидролитических ферментов в зародыше, эндосперме, семядолях. 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.

Основной показатель значительных биохимических изменений в прорастающем зерне злаковых – повышение активности ферментов амилолитического и протеолитического комплексов.

Таким образом, к моменту начала прорастания зерно содержит огромный энергетический потенциал, который в дальнейшем используется для роста зародыша. 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), А (ретинол), Н (биотин). В прорастающем зерне в 2–3 раза увеличивается содержание витаминов С, Е (токоферол), задерживающих старение организма.

Изменение химического состава зерна пшеницы при прорастании представлено в

таблице [2–4].

Таблица. Изменение химического состава зерна пшеницы при проращении
(по Ж.Б. Буссенго)

Показатели	Зерно пшеницы	Проращенное зерно пшеницы
Сухая масса, %	100,00	85,20–98,10
1000 зерен, г	44,40	37,80–43,50
Сухое вещество, %	31,30	31,50–19,50
Белок, % к массе сухого вещества	13,80	14,60
Жир, % к массе сухого вещества	2,70	2,90
Клетчатка, %	5,98	20,64
Крахмал, декстрины, гемицеллюлозы, %	73,95	17,15
Сахар, %	0	21,04
Витамины, Мг %		
В ₁	0,46	2,00
В ₂	0,13	0,70
РР	5,60	0,35
С	–	10,30
β-каротин, Мг %	0,01	1,60
Азот, %	1,05	1,08–0,95
Зола, %	1,70	3,46
Минеральные вещества, Мг %	В 100 г зерна	
К	350,00	850,00
Са	61,00	70,00
Р	400,00	1100,00
Mg	114,00	400,00
Fe	5,70	10,00

Увеличение клетчатки, азота и золы в проращенном зерне пшеницы свидетельствует о процессах синтеза новых углеводов и белков, необходимых для развивающегося проростка. В проросшем зерне возрастает общее количество водорастворимых веществ, в том числе декстринов, восстанавливающих сахаров.

После проращения, до получения проростков длиной 1,0–2,0 мм, 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 пророщенного зерна, так и на его пористости. Для усиления данного эффекта нужно дополнительно промыть зерно водой. 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. Полученная зерновая масса состоит из измельченного айлеронового слоя зерен и цельных, неповрежденных зародышей. Затем она проходит все этапы традиционной технологии (замес, разделку, расстойку и выпечку). При замесе в тестовую массу добавляются только дрожжи, соль и сахар. Мука в технологическом процессе приготовления выпечного хлеба из пророщенного зерна не применяется.

Дрожжи в технологическом процессе могут применяться прессованные, а также сушеные.

Прессованные дрожжи представляют собой скопление дрожжевых клеток, выделенных из культурной среды, промытых и спрессованных. При подготовке прессованные дрожжи разводят водой температурой 29–32°C соотношении 1:2 или 1:4.

Сушеные дрожжи получают высушиванием измельченных прессованных дрожжей теплым воздухом до остаточной влажности 8–9%.

В тестовую массу из пророщенного зерна мы добавляли дрожжи: сушеные 1,4%, прессованные 3,3%; соль 1,32%, сахар 3% и воду 11% от полученной массы. Вместо воды для получения теста нужной консистенции можно использовать жидкую фракцию, собирающуюся 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 или на противни и направляют на расстойку. Расстаивают тесто 30–120 мин при температуре 30–37°C и равновесном состоянии влажности в системе «тесто–атмосфера». 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 на поверхности разделанного теста подсохшей корки, препятствующей свободному выходу влаги из выпекаемого теста, что обуславливает неэластичность мякиша даже у полностью пропекающегося хлеба [5].

Выпечку хлеба ведут при температуре 190–250°C. Первые 15–40 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.

В пророщенных семенах полезные вещества находятся в активном состоянии, их количество сбалансировано, поэтому они улучшают работу сердечно-сосудистой, костно-хрящевой и нервной систем, положительно влияют на работу желудочно-кишечного тракта, нормализуют функцию щитовидной железы и других органов. Пшеница повышает сопротивляемость организма, восстанавливает иммунитет, применяется для лечения онкологических заболеваний [6, 7].

По своему внешнему виду и вкусу хлеб из пророщенного зерна не отличается от обычного хлеба – имеет тонкую хрустящую корочку и аппетитный, приятный на вкус мякиш.

Он хорошо помогает больным сахарным диабетом и ожирением, сердечникам и почечникам. Его состав содержит богатый набор полезных веществ, по сравнению с мучными сортами. При регулярном употреблении хлеб нормализует обмен веществ; очищает организм от шлаков, канцерогенов и токсических веществ; стабилизирует и уменьшает сахар в крови при диабете; выводит избыток холестерина из крови; улучшает моторную функцию кишечника; снижает вес при ожирении; повышает содержание гемоглобина в крови, улучшает функцию кроветворения.

На рисунке представлены образцы хлеба из пророщенного зерна, полученные в лаборатории кафедры технологии мясных, рыбных продуктов и консервирования холодом Института холода и биотехнологий НИУ ИТМО.

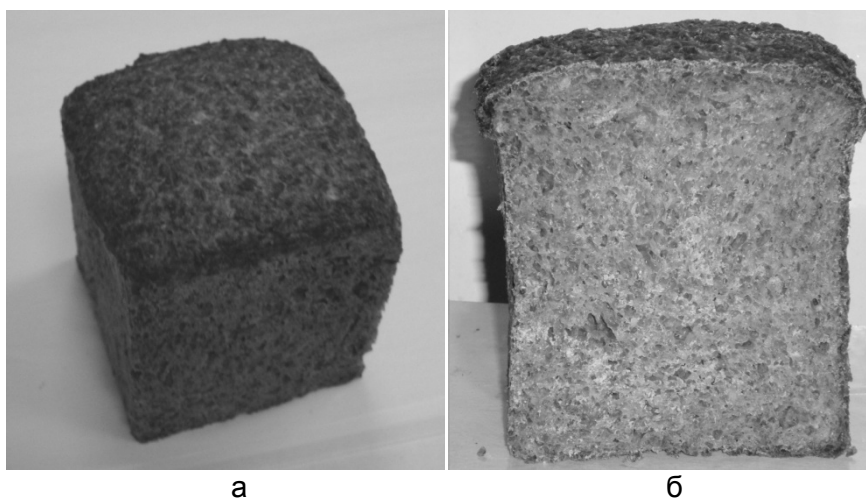


Рисунок. Образец (а) и срез образца (б) выпечного хлеба из пророщенного зерна

Литература

1. Никберг И.И. Функциональные продукты в питании человека // Международный журнал эндокринологии. – 2011. – № 6. – С. 39.
2. Скуратовская О.Д. Контроль качества продукции физико-химическими методами. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: ДеЛи принт. 1. Хлебобулочные изделия, 2002. – 111 с.
3. Скурихин И.М., Нечаев А.П. Все о пище с точки зрения химика. – М., 1991. – 288 с.
4. Труфанов А.В. Биохимия витаминов и антивитаминов. – М.: Колос, 1972. – 271 с.
5. Патент РФ № 2134511. Антонов В.М., Калниш Г.И. Способ производства зернового хлеба, 1999.
6. Артемова А. Пшеница исцеляющая и омолаживающая. – СПб: Диля, 2001. – 160 с.
7. Байгамабетов Е.Б., Втаковская А.В. Пророщенное зерно – путь к здоровью // Пища. Экология. Качество. Материалы 4-ой международной научно-практической конференции. – Новосибирск, 2004.

УДК 621.01

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИКИ И ДИНАМИКИ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГЕРКОНОВ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Р.Я. Лабковская

Научный руководитель – д.т.н., профессор В.Л. Ткалич

Работа посвящена исследованию статики и динамики чувствительных элементов герконов систем управления. Предлагаемое исследование должно облегчить решение современных проблем, стоящих перед приборостроением в области создания надежных систем управления. В работе проведено теоретическое исследование существующих методов расчета и математических моделей динамики плоских упругих чувствительных элементов герконов и акселерометров.

Ключевые слова: геркон, математическая модель, надежность.

Автоматизация производственных процессов неуклонно ведет к росту технических требований к первичным измерительным приборам, переключателям, распределителям и т.д., которые являются неотъемлемой частью систем управления

(СУ). Ответственную роль в датчиках, микросенсорах и коммутационных устройствах этих систем выполняют тонкостенные упругие чувствительные элементы (пластины, мембраны, пружины, и т.д.), воспринимающие измеряемую величину. Такие важные характеристики микросенсоров и магнитоуправляемых контактов как быстродействие, механическая устойчивость и вибропрочность обеспечиваются именно качеством упругих подвижных звеньев.

Упругие чувствительные элементы (УЧЭ) нашли применение в широком спектре деятельности человека. УЧЭ используются в промышленных и автомобильных датчиках, датчиках охранной сигнализации, в измерительной аппаратуре, реле. В современных иностранных автомобилях так, например, только датчиков на герконах используется от 10 до 40 штук. Ряд особенностей УЧЭ делают их незаменимыми во многих областях техники. Герконовое реле по совокупности положительных свойств и рентабельности часто превосходит полупроводниковые аналоги, которые еще десять лет назад занимали лидирующие позиции в приборостроении. В настоящее время в связи с развитием высоких технологий в ряде отраслей наблюдается обратный переход от полупроводниковых устройств к устройствам на герконах [1].

Прогресс в области микроэлектроники и материаловедения привел к созданию малогабаритных и дешевых микромеханических устройств, выполненных с использованием современных высокоточных технологий. Использование таких приборов для измерения динамики подвижных объектов ознаменовало революционные изменения в инерциальной технике. Рост требований к первичным преобразователям, к их метрологическим характеристикам и показателям надежности, делает актуальным решение проблемы повышения качества УЧЭ. Эти требования обусловили развитие расчетных и экспериментальных методов, которые изменили общую методологию проектирования новых типов датчиков и коммутационных устройств.

На сегодняшний день существует много различных методов расчета статики и динамики [2, 3] плоских УЧЭ, но не существует ни одного простого, универсального и автоматизированного метода расчета параметров этих элементов. Исходя из этого, необходимо обратить внимание на создание альтернативных вариантов расчета, некое объединение различных численных методов в одном алгоритме, с целью использования их преимуществ и компенсации слабых сторон. Следовательно, дальнейшее развитие датчиков, микросенсоров и коммутационных устройств СУ, содержащих УЧЭ, связано с созданием автоматизированной системы расчета и проектирования УЧЭ, базирующейся на современных машинно-ориентированных методах расчета.

Методы исследования и область использования

Полученные в исследовании результаты основаны на системном подходе к рассматриваемой проблеме. Они базируются на традиционных численных методах анализа тонкостенных структур. Для построения математических моделей (ММ) присоединенных масс [4] были применены методы сечений, электромеханических аналогий [5, 6]. При расчете амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) УЧЭ был применен метод половинного деления.

Результаты, полученные в работе, обеспечиваются строгостью постановок задач и применяемых математических методов, контролем сходимости приближенных решений и аналитических сравнений, где это возможно, с экспериментальными данными и результатами других авторов. Разработаны алгоритмы для построения АЧХ и расчета геометрических параметров плоских УЧЭ систем управления, обеспечивающие:

- высокую степень приближения к экспериментальным данным плоских УЧЭ датчиков и коммутационных устройств;
- уменьшение трудоемкости расчетов на стадии проектирования датчиков СУ.

Заключение

Таким образом, полученные в работе результаты [7, 8] представляют собой теоретическое обобщение и решение крупной научной проблемы – создание современных методик, позволяющих проводить моделирование стереометрических параметров УЧЭ герконов, что является одним из важных аспектов проблемы создания высокоточных и надежных датчиков систем управления.

Литература

1. Лабковская Р.Я., Ткалич В.Л., Пирожникова О.И. Разработка библиотеки конечных элементов для САПР упругих конструкций герконов // Изв. вузов. Приборостроение. – 2013. – Т. 56. – № 3. – С. 21–24.
2. Лабковская Р.Я. Исследование статики и динамики оболочечных упругих элементов систем управления // Шестнадцатая Санкт-Петербургская Ассамблея молодых ученых и специалистов. – СПб, 2011. – С. 114.
3. Лабковская Р.Я. Моделирование статики и динамики элементной базы // Альманах научных работ молодых ученых НИУ ИТМО. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – С. 331–334.
4. Лабковская Р.Я., Пирожникова О.И., Ткалич В.Л. Анализ присоединенных масс упругих чувствительных элементов ртутных герконов // Изв. вузов. Приборостроение. – 2012. – Т. 55. – № 7. – С. 32–35.
5. Лабковская Р.Я., Пирожникова О.И., 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. – СПб: ФИЗМАТЛИТ, 2012. – Т. 2. – С. 107–111.
6. Лабковская Р.Я., Лысов А.Л., Коробейников А.Г. Разработка математической модели расчета тонкостенных упругих чувствительных элементов систем управления // Сб. материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Информационные технологии в профессиональной деятельности и научной работе». – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2013. – Т. 1. – С. 176–183.
7. Labkovskaya R.Y., Pirozhnikova O.I., Lysov A.L., Gatchin Y.A. Trends and the modern use of reed switches in protection devices. – Moscow: Physmathlit, 2013. – V. 4. – P. 58.
8. Лабковская Р.Я., Пирожникова О.И., Лысов А.Л., Гатчин Ю.А. Тенденции развития и современное применение герконов в устройствах защиты. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. – Т. 3. – С. 398–403. – 412 с.

О ВОЗМОЖНОСТИ КОНТРОЛЯ ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗЕЛЕННОГО ЩЕЛОКА МЕТОДОМ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ СПЕКТРОСКОПИИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОТОКАХ РЕГЕНЕРАЦИИ ВАРОЧНЫХ РАСТВОРОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

С.Н. Лапшов

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

Дано описание спектрофотометрического метода анализа состава зеленого щелока из сульфатного производства целлюлозы. Приведены результаты измерения спектров пропускания растворов щелоков различных концентраций и составов в ультрафиолетовом диапазоне длин волн. Кратко рассмотрены варианты конструктивных особенностей реализации промышленного спектрофотометра, предназначенного для количественного анализа компонент зеленого и белого щелоков на всех этапах регенерации: от растворения плава до каустизации и получения варочного раствора.

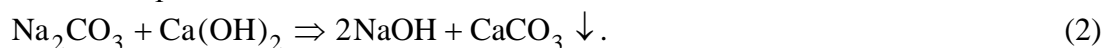
Ключевые слова: ультрафиолетовая спектроскопия, оптическая плотность раствора, концентрация раствора, общая щелочь, сульфидность, зеленые щелока, каустизация.

Введение

На современных заводах, использующих замкнутый цикл производства сульфатной целлюлозы, в процессе регенерации можно восстановить до 95% первоначального содержания гидроксида натрия для последующего приготовления варочного раствора. Поскольку процесс делигнификации сильно зависит от качества белого щелока, т.е. концентрации гидроксида и сульфида натрия, целью каустизации является производство белого щелока с высоким процентным содержанием гидроксида (OH^-) сульфида (HS^-) и малым содержанием карбоната натрия (Na_2CO_3). Для полного возобновления химических компонент перед сжиганием в черный щелок добавляют дешевый минерал сульфит натрия Na_2SO_3 , который под действием высоких температур и соответствующей среды восстанавливается до сульфида натрия Na_2S . Таким образом, после сжигания в содорегенерационном котле черного щелока образуется минеральный продукт – плав, который при последующем разбавлении слабым белым щелоком, а в большинстве случаев – водой, образует зеленый щелок. Полное восстановление требуемого химического состава варочного щелока обеспечивается в процессе каустизации зеленых щелоков, состоящем в добавлении к раствору оксида кальция CaO . Во время каустизации происходят две основные химические реакции. Во-первых, взаимодействие оксида кальция с водой:



В результате данной реакции еще и происходит повышение плотности раствора, за счет уменьшения количества воды. Во-вторых, взаимодействие карбоната натрия Na_2CO_3 с гидроксидом кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Таким образом, в результате химической реакции обмена, происходит восстановление основного варочного компонента – гидроксида натрия:



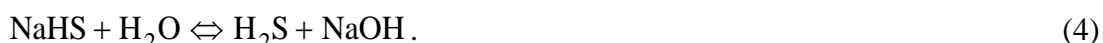
Далее карбонат кальция идет в известеобжигательную печь, где под действием высоких температур он восстанавливается до оксида кальция для последующих каустизаций, а гидроксид натрия идет на этапы очистки и обогащения [1].

Мы видим, что при каустизации дозировка реагентов определяется содержанием карбоната натрия, грубую оценку которого можно произвести при измерении плотности, которая, в свою очередь, связана с показателем преломления. На сегодняшний день это один из основных способов контроля процесса регенерации,

который осуществляется измерением плотности автоматическими плотномерами или показателем преломления промышленными рефрактометрами прямо в технологическом потоке. Но при измерении плотности мы определяем общую щелочь, т.е. содержание всех растворимых солей натрия, что не дает объективную информацию о том, какое количество оксида кальция нужно для процесса каустизации, поэтому приходится увеличивать количество реагента. На предприятиях делают параллельное, более точное, измерение параметров щелоков при помощи методов аналитической химии. Одним из таких способов является титрование [2]. В виду того, что основными параметрами щелоков являются концентрации титруемой ($\text{NaOH}+\text{Na}_2\text{S}+\text{Na}_2\text{CO}_3$), активной ($\text{NaOH}+\text{Na}_2\text{S}$) и эффективной ($\text{NaOH}+1/2\text{Na}_2\text{S}$) щелочей, то при помощи титрования, без труда можно определить их значение. Но для этого нужны лабораторные условия и время более получаса, что при производстве в промышленных масштабах становится достаточно проблематичным. Исходя из этого, данный способ измерения используется в качестве промежуточного средства контроля приблизительно раз в 4–5 ч при непрерывном способе производства, или при отборе пробы из общего каустизатора при периодическом производстве целлюлозы. Хотя автоматические титраторы, работающие в режиме реального времени, разработаны и используются в некоторых химических производствах, но высокая стоимость, требовательность к условиям эксплуатации, приближающиеся к лабораторным, частое техническое обслуживание делают их малоприменимыми для использования на целлюлозных заводах. Помимо этого, разработаны и другие безтитрометрические методы контроля компонент. Такие как датчики проводимости и обычная ультрафиолетовая (УФ) спектроскопия применяются в некоторых случаях для мониторинга крепких белых и зеленых щелоков. Общий недостаток этих приборов в том, что они могут обеспечить контроль только одного компонента. Например, датчик проводимости способен контролировать только концентрацию гидроокиси, да к тому же и с не высокой степенью точности. Таким образом, для контроля должна использоваться система, в которую входят сразу несколько датчиков, чтобы можно было одновременно определять концентрации сульфида, гидроокиси и карбоната.

Эксперимент

По результатам анализа научно-технической литературы [1, 3] и образцов зеленого щелока, предоставленного целлюлозно-бумажным комбинатом (ЦБК), компонентами, вносящими вклад в поглощение в УФ области спектра, оказались водные растворы NaOH , Na_2CO_3 , Na_2S . После детального исследования каждого из веществ было сделано заключение о том, что основное поглощение, как при формировании края фундаментальной полосы, так и остальных трех полос вносит продукт реакции гидролитической диссоциации сульфида натрия. В результате гидролитической диссоциации происходит разложение сульфида натрия до гидроокиси натрия и сероводорода:



Можно сказать с высокой степенью точности, что гидролиз идет в основном только по первой ступени реакции, так как константа диссоциации у нее на шесть порядков больше, чем у второй ($K_1=1,0 \cdot 10^{-7}$ и $K_2=1,3 \cdot 10^{-13}$ соответственно). Этим объясняется наличие коэффициента $1/2$ в значении эффективной щелочи ($\text{NaOH}+1/2\text{Na}_2\text{S}$), так как одна молекула сульфида натрия в результате гидролиза дает одну молекулу гидроокиси. Также, именно за счет данной реакции, кислотность среды в процессе варки целлюлозы практически не меняется.

Были измерены спектры пропускания растворов зеленых щелоков, предоставленных Сегежским ЦБК. Отобранные образцы имели характерные свойства присущие всему объему щелока, из которого они были взяты надлежащим образом. Концентрация общей щелочи в них составляла $C=50-150$ г/л, и была определена по плотности. Помимо данных образцов в лаборатории были приготовлены несколько проб синтетического белого щелока и водные растворы составляющих его компонент, отличающиеся объемными долями растворителя.

Подготовка образцов проходила следующим образом. При исследовании зеленого щелока, при помощи градуированной пипетки для химического анализа с точностью $\pm 0,2$ мл производился забор необходимого объема раствора и взвешивался на ювелирных микровесах LT-JS 20, точность которых составляет $\pm 1 \cdot 10^{-3}$ г. Таким образом, определялась плотность и общая щелочь растворов зеленых щелоков, полученных разбавлением дистиллированной водой в пропорции 1:2 каждого последующего образца. Далее пробы помещали в кварцевую кювету и измеряли их спектр пропускания на спектрофотометре. Изображения этих спектров приведены на рис. 1.

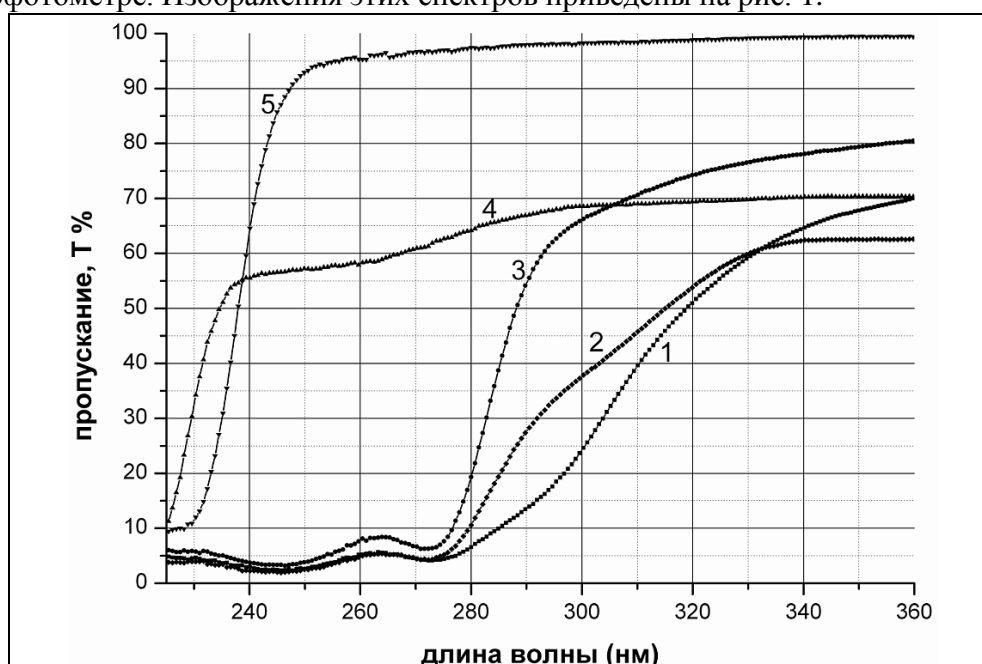


Рис. 1. Спектры пропускания зеленого щелока и водных растворов, составляющих его компонент: зеленый щелок с плотностью $\rho=1171,18$ г/дм³ (1); раствор белого щелока $\text{Na}_2\text{S}+\text{NaOH}+\text{Na}_2\text{CO}_3$ (в соотношении 1:1:0,5) с плотностью $\rho=1140$ г/дм³ (2); раствор Na_2S с плотностью $\rho=1052,94$ г/дм³ (3); раствор NaOH с плотностью $\rho=1203,33$ г/дм³ (4); раствор Na_2CO_3 с плотностью $\rho=1136,47$ г/дм³ (5)

Похожим образом готовились растворы основных компонент сульфида, гидроксида и карбоната натрия, входящих в состав зеленого щелока. Сначала делали высококонцентрированный раствор, практически по пределу растворимости реагента в воде при 20°C. На весах измерялась масса вещества, а с помощью градуированной пипетки – объем растворителя, в данном случае – дистиллированной воды. По значению этих параметров вычислялась молярная объемная концентрация каждого компонента по формуле:

$$C_M = \frac{v}{V}, \tag{5}$$

где v – количество растворенного вещества, моль; V – объем раствора, л.

Знание этих величин нам необходимо для нахождения молярного коэффициента экстинкции, каждого из веществ. Все реактивы, использованные в работе, были

квалификации «о.с.ч» или «ч.д.а». Исходный раствор, содержащий сульфид-ионы, готовили из навески $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$.

Измерение коэффициента пропускания $T(\lambda)$ в растворах щелоков производилось в области длин волн $\lambda=225\text{--}400$ нм при $T=20^\circ\text{C}$ с использованием спектрофотометра, который был описан в работе [4]. В качестве эталона коэффициента пропускания $T(\lambda)=100\%$ принималась стандартная кювета из кварцевого стекла КУ-1 с длиной прохода 5 мм, заполненная дистиллированной водой.

Обсуждение результатов

На рис. 2 представлен спектр оптической плотности зеленого щелока. В нем можно заметить две аналитические полосы, отображающие качественную индивидуальность компонента входящего в состав раствора.

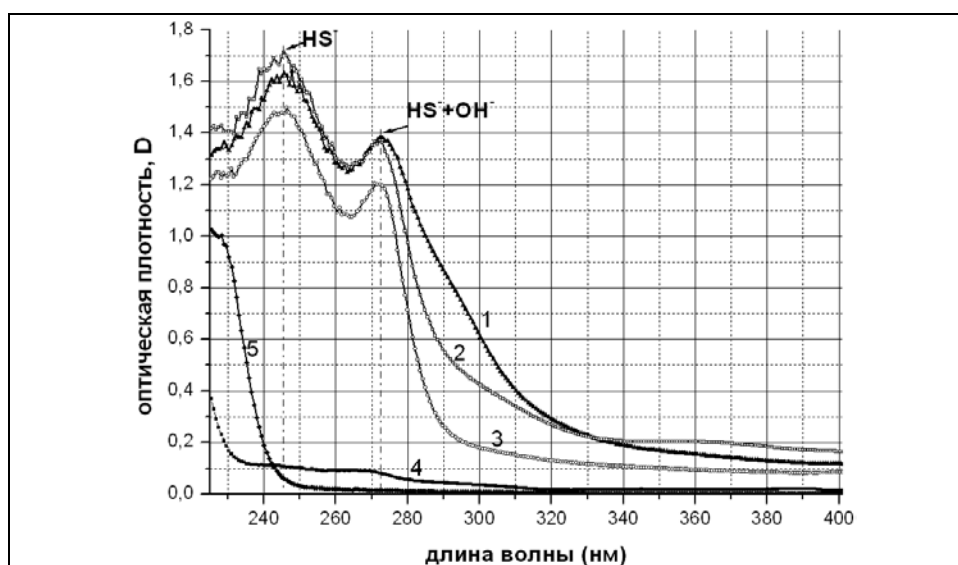


Рис. 2. Спектры оптической плотности зеленого щелока и водных растворов, составляющих его компонент: зеленый щелок с плотностью $\rho = 1171,18$ г/дм³ (1); раствор белого щелока $\text{Na}_2\text{S} + \text{NaOH} + \text{Na}_2\text{CO}_3$ (в соотношении 1:1:0,5) с плотностью $\rho = 1140$ г/дм³ (2); раствор Na_2S с плотностью $\rho = 1052,94$ г/дм³ (3); раствор NaOH с плотностью $\rho = 1203,33$ г/дм³ (4); раствор Na_2CO_3 с плотностью $\rho = 1136,47$ г/дм³ (5)

Природа полос поглощения в УФ области спектра (10–400 нм) связана главным образом с числом и расположением электронов в поглощающих молекулах и ионах. Надо также помнить, что в растворе вклад в поглощение вносит не само растворенное вещество, а продукт его гидролитической диссоциации. За фундаментальную полосу поглощения с максимумом на 245 нм, ответственен продукт неполного разложения в результате гидролиза сульфида натрия, анион HS^- . Полоса с максимумом поглощения на длине волны 273 нм соответствует сумме вкладов оптической плотности от гидроксильной группы OH^- и сульфид-аниона HS^- . Аналитическая полоса карбоната и гидроксида натрия находится вблизи вакуумного УФ диапазона, что выходит за пределы измерения нашего спектрофотометра, но приблизительно оценить их вклад в светопоглощение мы можем, используя закон аддитивного сложения оптических плотностей.

Измерение концентраций компонентов в растворах зеленых щелоков производилось методом молярного коэффициента поглощения. Он основан на пропорциональной зависимости между светопоглощением и концентрацией поглощающего вещества. При работе по этому методу мы определяли оптическую плотность нескольких стандартных растворов $D_{\text{ст}}$ на длине волны, соответствующей максимуму поглощения внутри аналитической полосы, принадлежащей исследуемому

компоненту раствора, затем для каждого из них рассчитывали молярный коэффициент экстинкции по формуле:

$$\varepsilon_{\lambda} = \frac{D_{\text{ст}}}{(l \cdot C_{\text{ст}})}, \quad (6)$$

где l – длина прохода кюветы, см; $C_{\text{ст}}$ – молярная концентрация растворенного компонента, моль/л.

Одним из необходимых условий применения данного метода является соблюдение в анализируемой системе, особенно в области исследуемых концентраций, закона Бугера–Ламберта–Бера.

Измерялось пропускание стандартных растворов относительно растворителя, затем вычислялась оптическая плотность, и строился график зависимости $C(D)$.

Полученная калибровочная кривая имела вид прямой. Таким образом, по ней можно найти концентрацию C_x опытного раствора и раствора зеленого щелока, предварительно определив оптическую плотность D_x и сопоставив ее значение оси абсцисс на графике.

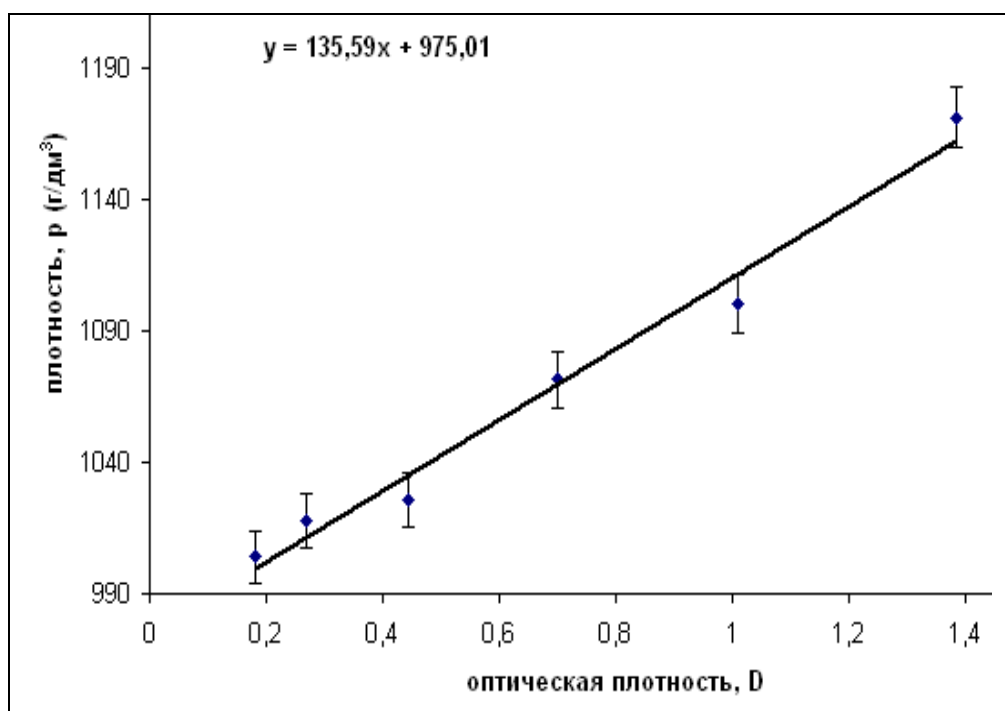


Рис. 3. Калибровочная кривая для растворов зеленого щелока (точки – экспериментальные данные, прямые – рассчитанные теоретически). Оптическая плотность приведена для полосы с максимумом поглощения на длине волны 273 нм

На рис. 3 приведена калибровочная кривая $P(D)$ для растворов зеленого щелока, которая может быть использована для калибровки промышленных спектрофотометров, установленных на линии каустизации. Экспериментальные данные, отмеченные точками, хорошо интерполируются уравнением кривой первого порядка. Эта прямая не выходит за планки погрешности, имеющие значение 1%.

Как известно, спектрофотометрическим методом можно определять компоненты смеси двух и более веществ. Эти измерения основаны на свойстве аддитивности оптической плотности:

$$D_{\text{см}} = D_1 + D_2 + \dots + D_n, \quad (7)$$

где $D_{\text{см}}$ – оптическая плотность смеси; D_1, D_2, D_n – оптические плотности для различных компонентов смеси. Этим фактом можно воспользоваться для определения концентрации карбоната натрия, так как у него наблюдается только одна аналитическая

полоса на длине волны $\lambda=225$ нм, соответствующей максимуму поглощения, которая перекрывается полосами гидрооксид и сульфид ионов. В связи с этим, измерив отдельно пропускание растворов с известным содержанием гидроокиси и сульфида натрия, и рассчитав по спектрам их оптические плотности, мы можем вычислить по формуле (7), измерив пропускание зеленого щелока, оптическую плотность карбонат ионов, а затем по формуле (6) и его концентрацию.

Заключение

Спектрофотометрические методы анализа применяются для контроля разнообразных производственных процессов. Эти методы могут быть применены для анализа больших и малых содержаний веществ, но особенно ценной их особенностью является возможность определения примесей (до 10^{-5} – 10^{-6} %).

Данные, полученные в работе, могут быть применены для калибровки промышленных спектрофотометров, установленных непосредственно в технологический поток регенерации варочных растворов на сульфатном производстве целлюлозы, а также на всех этапах каустизации зеленых щелоков от растворения плава и до получения крепких белых щелоков.

Литература

1. Миловидова Л.А., Севастьянова Ю.В., Комарова Г.В., Дубовый В.К. Регенерация химикатов в производстве сульфатной целлюлозы. Каустизация и регенерация извести. – Архангельск: Изд-во Северного (Арктического) федерального университета, 2010. – 157 с.
2. Золотов Ю.А., Дорохова Е.Н., Фадеева В.И. и др. Основы аналитической химии. Методы химического анализа: Учеб. для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2004. – 503 с.
3. Утегенов М.М., Копылова Е.А., Естемесов З.А. Об электронных спектрах синтетических водно-щелочных растворов // Вестник Казахского национального технического университета им. К.И. Сатпаева. – 2006. – С. 90–96.
4. Белов Н.П., Гайдукова О.С., Панов И.А., Патяев А.Ю., Смирнов Ю.Ю., Шерстобитова А.С., Яськов А.Д. Лабораторный спектрофотометр для ультрафиолетовой области спектра // Изв. вузов. Приборостроение. – 2011. – Т. 54. – № 5. – С. 81–87.

РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА ДЛЯ ЭКОНОМИКИ И ОБЩЕСТВА

В.В. Манко

Экономическая роль физической культуры и спорта просматривается по следующим направлениям: физическая активность и массовый спорт позволяют минимизировать экономические потери во многих сферах деятельности общества, а также являются альтернативой пагубным привычкам человека; физическая активность является весомым фактором увеличения продолжительности жизни населения, что непосредственно оказывает влияние на увеличение трудоспособного возраста населения страны; физическая культура является одним из элементов при подготовке высококвалифицированных трудовых ресурсов, и, как следствие, фактором устойчивого экономического роста; физическая культура и спорт представляют собой сферу предпринимательской деятельности.

Ключевые слова: физическая культура, спорт, экономика, общество.

Введение

Экономическая роль и значение физической культуры и спорта наиболее четко просматривается по следующим направлениям:

- минимизация экономических потерь во многих сферах деятельности общества;
- увеличение продолжительности жизни населения;
- фактор устойчивого экономического роста;
- сфера предпринимательской деятельности [1].

В России исследованием экономики физической культуры и спорта занимаются ученые-экономисты В.В. Галкин, А.В. Литвин, М.И. Золотов и др. Отечественная литература по экономике и управлению физической культурой и спортом весьма скудна; узкий круг монографий и учебных пособий, имеющих по данной тематике, быстро устаревает, появляются целые направления спортивного менеджмента и экономики спорта, не вошедшие в предыдущие издания.

Здоровье общества и экономика потерь

Анализируя социально-экономические процессы, которые протекают в обществе, также используют термин – здоровье. Здоровье – это социальное и экономическое понятие, которое охватывает большинство сфер жизнедеятельности общества в целом, а также отдельные социальные группы и экономические институты. Здоровье общества сказывается на экономике прямым образом: нарушение общественного здоровья приводит к значительным хозяйственным потерям, на фоне общественной деградации развиваются преступность, пьянство, наркомания, и, как следствие, происходит рост сердечно-сосудистых и психических заболеваний, увеличивается численность инвалидов, растет количество самоубийств и т.п. [1].

Перейдем к рассмотрению механизма воздействия здоровья общества на российскую экономику, определим значение и роль физической культуры в рассматриваемых процессах. Потери от пьянства и алкоголизма в России являются величиной значительной, которая складывается из отдельных компонентов. Все компоненты можно подразделить на первичные (бытовые преступления на почве пьянства, потери в дорожно-транспортных происшествиях, потери от потребления спиртных напитков-суррогатов и т.п.) и вторичные (рост числа психических и сердечнососудистых заболеваний, снижение производительности труда, рост смертности и т.п.). Численность населения, заболевшего алкоголизмом и алкогольными психозами, представлена в табл. 1.

Таблица 1. Заболеваемость населения алкоголизмом и алкогольными психозами

	Год								
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Взято под диспансерное наблюдение больных с впервые в жизни установленным диагнозом в отчетном году, тыс. чел.	228,2	218,4	209,2	192,9	174,9	173,4	159,7	153,9	138,1
Численность больных, состоящих на учете в лечебно-профилактических учреждениях на конец отчетного года, тыс. чел.	2213,1	2203,1	2190,7	2151,9	2115,8	2082,7	2016,5	1953,1	1865,9

Примечание. Таблица составлена автором на основании данных Федеральной службы государственной статистики [2]

По данным Федеральной службы государственной статистики, из табл. 1, наблюдается сокращение численности взятых под наблюдение больных алкоголизмом и численности состоящих на учете в лечебно-профилактических учреждениях с 2003 по 2007 годы. Однако данные не отражают полной картины заболеваемости алкоголизмом, так как не учитывают больных, не стоящих на учете в лечебно-профилактических учреждениях.

Величину социальных и экономических потерь от употребления алкоголя и пьянства можно определить на основании статистических данных (табл. 2). Следует отметить, что каждое третье преступление совершается в состоянии опьянения [3].

Таблица 2. Умершие в Российской Федерации (РФ), по классам причин смерти, чел.

	Год					
	1995	2000	2005	2007	2008	2009
Умершие от всех причин	2203811	2225332	2303935	2080445	2075954	2010543
в том числе:						
от ишемической болезни сердца	554605	578257	625544	594183	599635	585177
от других болезней сердца	–	64303	109235	94450	99227	97993
от новообразований	298710	297943	287915	288563	289257	293602
от случайных отравлений алкоголем	43461	37214	40877	25202	23947	21337
от алкогольной болезни печени	2642	5004	15385	13131	13939	13078
от самоубийств	60953	56934	46063	41329	38406	37570
от психических расстройств и расстройств поведения	14968	8460	7964	6520	6795	6136

Примечание. Таблица составлена автором на основании данных Федеральной службы государственной статистики [2]

Из табл. 2 видим, что в РФ с 1995 по 2009 годы произошло сокращение числа умерших в год людей (по всем причинам) в 1,09 раза. У людей, которые злоупотребляют алкоголем, наиболее частыми причинами смерти являются отравления, тяжелые травмы, а также другие несчастные случаи, от расстройства сердечно-сосудистой системы умирает в среднем 15,5%, от новообразований – 13,6%, от алкогольной болезни печени – 0,5%, заканчивают самоубийством жизнь около 2,17%

(табл. 3). Около 60–72% людей, злоупотребляющих алкоголем, не доживают и до 50 лет [3].

Таблица 3. Доля умерших в РФ, по классам причин смерти, в %

	Год					
	1995	2000	2005	2007	2008	2009
Умершие от всех причин	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
в том числе:						
от ишемической болезни сердца	25,17	25,99	27,15	28,56	28,88	29,11
от других болезней сердца	–	2,89	4,74	4,54	4,78	4,87
от новообразований	13,55	13,39	12,50	13,87	13,93	14,60
от случайных отравлений алкоголем	1,97	1,67	1,77	1,21	1,15	1,06
от алкогольной болезни печени	0,12	0,22	0,67	0,63	0,67	0,65
от самоубийств	2,77	2,56	2,00	1,99	1,85	1,87
от психических расстройств и расстройств поведения	0,68	0,38	0,35	0,31	0,33	0,31

Примечание. Таблица составлена автором на основании данных табл. 1

Следует отметить, что алкоголизм способствует росту численности инвалидов (к примеру, вследствие нетрезвого зачатия детей), так, с 2005 по 2011 годы численность детей в возрасте до 18 лет, впервые признанных инвалидами, увеличилась 1,37 раза (табл. 4).

Таблица 4. Инвалидность в РФ

	Год						
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Численность детей в возрасте до 18 лет, впервые признанных инвалидами, тыс. чел.	51,99	80,89	70,21	67,12	69,78	73,55	71,24

Примечание. Таблица составлена автором на основании данных Федеральной службы государственной статистики [2]

Как следствие, употребление алкоголя в больших количествах приводит к потерям в хозяйственной жизни страны, что исчисляется десятками миллиардов рублей, вместе с этим, ложится нагрузка на систему медицинского обеспечения и социального страхования [3].

Социальные и экономические потери, которые несет государство и общество, связаны, в главную очередь, с ухудшением состояния здоровья курящих людей. Согласно исследованию, проведенному Американским журналом по проблемам общественного здоровья (American Journal of Public Health), в 2007 г. Россия заняла третье место в мире по количеству выкуриваемых сигарет. В первую пятерку потребителей сигарет вошли такие страны, как Китай, Соединенные Штаты Америки, Россия, Япония и Индонезия. В 2007 г. каждый житель России с населением 142,8 млн человек выкуривал 2792 тыс. сигарет [4]. По данным статистического отчета американского онкологического общества, посвященного проблеме курения в мире, выяснилось, что в 2009 г. РФ заняла второе место из расчета потребляемых сигарет на одного человека [5].

Табак является второй по значимости причиной в структуре смертности в мире. Необходимо отметить, что злостные курильщики заболевают раком легких в 30 раз чаще, чем некурящие [1]. Курение является одним из ведущих факторов,

способствующих развитию сердечно-сосудистых заболеваний, а также оказывает воздействие на пищеварительную систему, мочеполовую систему, кости.

Другая беда, оказывающая влияние на социальные и экономические потери – наркомания, так, в начале XXI века наркотики употребляло свыше 180 млн чел. (порядка 4% от всего населения планеты, старше 15 лет) [1]. Численность больных наркоманией в РФ, состоящих на учете, представлена в табл. 5.

Таблица 5. Заболеваемость населения РФ наркоманией

	Год								
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Взято под диспансерное наблюдение больных с впервые в жизни установленным диагнозом в отчетном году, тыс. чел.	22,9	21,0	24,4	27,2	30,0	26,5	25,2	24,9	21,9
Численность больных, состоящих на учете в лечебно-профилактических учреждениях на конец отчетного года, тыс. чел.	326,6	325,7	328,0	333,3	338,7	341,9	340,2	330,9	320,2

Примечание. Таблица составлена автором на основании данных Федеральной службы государственной статистики [2]

Согласно данным табл. 5, численность больных наркоманией, состоящих на учете, снизилась с 2003 по 2011 годы, однако данная статистика не позволяет оценить численность наркоманов в России, поскольку данные лица не встают на учет, а также не проходят лечение.

По данным правоохранительных органов, а также органов здравоохранения, на начало 2005 г. общее число граждан России, употребляющих наркотики на регулярной основе, превышало 2,2 млн чел. Также нужно отметить, что по состоянию на 2005 г. в РФ не осталось ни одного региона, в котором не было бы зафиксировано случаев распространения или употребления наркотиков. По оценкам экспертов, один наркоман привлекает к употреблению наркотиков порядка 13–15 человек [3]. В 2008 г. объем социального и экономического ущерба в РФ от наркомании составил 2,5% от валового внутреннего продукта, т.е. 1,5 трлн руб. [6].

Противостоять алкоголизму, табакокурению, а также распространению наркотиков позволяет массовая физическая активность, поскольку является альтернативой пагубным привычкам.

Экономические аспекты увеличения продолжительности жизни

Известно, что физическая культура и спорт являются одними из важнейших факторов увеличения продолжительности жизни, а также трудоспособного возраста.

Данные ожидаемой продолжительности жизни при рождении в РФ и некоторых европейских странах, таких как Германия, Швейцария, Италия, представлены в табл. 6.

Таблица 6. Ожидаемая продолжительность жизни мужчин и женщин при рождении в РФ и странах Европы, число лет

Страна	Год									
	2002		2004		2006		2008		2010	
	муж.	жен.	муж.	жен.	муж.	муж.	жен.	муж.	жен.	муж.
Россия	58,7	71,9	58,9	72,4	60,4	73,3	61,9	74,3	63,1	74,9

Страна	Год									
	2002		2004		2006		2008		2010	
	муж.	жен.	муж.	жен.	муж.	жен.	муж.	жен.	муж.	жен.
Германия	75,6	81,6	75,9	81,7	77,2	82,4	77,6	82,7	78,0	83,0
Швейцария	77,7	83,3	77,8	83,4	79,2	84,2	79,8	84,6	80,2	84,8
Испания	76,1	83,0	76,0	83,3	77,7	84,4	78,0	84,3	79,1	85,3
Италия	76,8	82,5	77,1	83,2	77,6	83,2	78,7	84,2	79,5	84,4
Португалия	73,6	80,5	74,1	80,8	75,5	82,3	76,2	82,4	76,7	82,8
Норвегия	76,4	81,7	77,1	82,0	78,2	82,9	78,4	83,2	79,0	83,3

Примечание. Таблица составлена автором на основании данных Федеральной службы государственной статистики [2]

Из табл. 6 видно, что продолжительность жизни граждан России в среднем на 10–15% ниже, чем у жителей европейских стран. Отметим, что у мужчин (в частности, трудоспособного возраста) по причинам потребления алкоголя и курения, низкого уровня медобслуживания, недостаточности физической активности и занятиями физической культурой, продолжительность жизни ниже, чем у женщин.

Огромный экономический ущерб приносят дорожно-транспортные происшествия, произошедшие по причине управления транспортным средством людей в нетрезвом виде, а также алкоголь на производстве, при совершении преступлений, самоубийствах и т.п. Данные факторы сокращения продолжительности жизни в российской экономике носят гипертрофированный характер, таким образом, и ущерб достаточно высок, и исчисляется сотнями миллиардов рублей. Решить двуединую проблему, с одной стороны, по увеличению продолжительности жизни, с другой стороны, по сокращению экономических потерь, возможно при помощи развития физической культуры и спорта, а также соответствующей спортивной инфраструктуры.

Воздействие физической культуры и спорта на экономический рост

Из экономической теории известно, что повысить благосостояние страны возможно только за счет экономического роста. Ввиду ограниченности и редкости ресурсов, наиболее сообразно рассматривать интенсивный путь экономического роста. Так, производительность труда зависит от качества рабочей силы (от интеллектуальных и физических возможностей). Систематически занимаясь физической культурой и спортом, повышается не только физическая работоспособность, но и умственная деятельность. Это связано, по мнению экспертов, с влиянием активной физической деятельности на человеческий организм, что способствует укреплению здоровья, развитию общей выносливости организма, созданию положительного эмоционального фона – тех качеств, способствующих успешной трудовой деятельности человека.

Тип экономического роста, его динамика, а также устойчивость во многом зависят от конкурентоспособности рабочей силы: ее целеустремленности, аккуратности, дисциплинированности и работоспособности. Данные характеристики являются существенными конкурентными преимуществами трудящихся во всех сферах экономики. Безответственность, недобросовестность и неорганизованность в жизни и трудовой деятельности, являются существенными недостатками, данные недостатки необходимо минимизировать.

Для решения данной экономической задачи, физическая культура и спорт играют незаменимую роль. Посредством физической активности и спорта школьники, студенты и работники всех сфер хозяйственной деятельности приобретают и развивают в себе такие качества, как самодисциплина и целеустремленность, самоконтроль и

самонаблюдение, учатся подавлять в себе лень и душевную слабость, тренируют волю и мускулы [1].

Экономика и спортивный бизнес

Влияние на экономику физической культуры и спорта не ограничивается вышеперечисленными факторами. Отметим, что с начала 90-х годов XX столетия начала активно развиваться индустрия физической культуры, туризма и спорта, как отрасль предпринимательской деятельности [3]. Как за границей, так и в РФ происходит создание спортивных клубов и организаций различных форм собственности: оздоровительные и физкультурные ассоциации и клубы – фитнес-клубы, спортивные клубы, салоны массажа, всевозможные спортивные секции и т.п. [3]. Другим элементом спортивного бизнеса является профессиональный спорт, к нему относятся спортивные федерации, спортивные лиги, профессиональные команды и клубы, действующие на основе самофинансирования, которые могут получать доходы от издательской деятельности, за счет рекламы, продажи прав на радиотрансляцию и телетрансляцию и другой коммерческой деятельности.

К спортивной индустрии относится и сфера производства (инвентаря, тренажеров, спортивной одежды, обуви, аксессуаров). Еще одним элементом спортивной индустрии является информационно-спортивный бизнес: сюда относятся информагентства, спортивные издательства, спортивные телеканалы, программы на радио.

Спортивный бизнес, в отличие от иных видов предпринимательской деятельности, выполняет социально значимую роль, с одной стороны – он удовлетворяет такие потребности людей, как активные занятия физической культурой, спортом, потребности к здоровью, долголетию, к активному и содержательному проведению досуга. С другой стороны – данный вид предпринимательской деятельности способствует сокращению употребления алкоголя и табакокурения, которые являются вредными привычками общества.

Заключение

Подводя итог, отметим, что спорт, физическая активность, помимо экономических выгод, которые можно оценить количественно, способствует формированию благ, не имеющих количественной оценки, благ нематериального характера. К ним, прежде всего, относятся: участие в соревнованиях, расширение кругозора и интеллектуального уровня, т.е. люди проводят свой досуг более конструктивно и рационально. Физическая культура и спорт открывают для каждого человека возможности для самосовершенствования и самовыражения. Таким образом, спорт и физическая культура являются существенным фактором роста общественного благосостояния и улучшения качества жизни населения страны.

Литература

1. Галкин В.В. Экономика и управление физической культурой и спортом: Учебное пособие для вузов. – Ростов н/Д: Феникс, 2006. – 448 с.
2. Федеральная служба государственной статистики Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru>, свобод.
3. Галкин В.В. Экономика спорта и спортивный бизнес. Учебное пособие для высших и средних профессиональных учебных заведений физической культуры. – М.: «Кнорус», 2006. – С. 6–22. – 320 с.

4. Россия занимает 3 место в мире по количеству выкуриваемых сигарет [Электронный ресурс] // Православное информационное агентство «Русская линия» – Режим доступа: <http://rusk.ru/st.php?idar=1002759>, своб.
5. Больше, чем в России, курят только в Китае [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://forpostmir.ru/sajt-na-rekonstruktsii/>, своб.
6. Мониторинг. Обзор СМИ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.netnarkotikam.samara.ru/smi/topic_10399, своб.

УДК 33.338

СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ

Д.И. Негреев

Научный руководитель – д.э.н., профессор В.Л. Василёнок

В работе рассмотрен логистический комплекс Санкт-Петербурга. Выявлены проблемы, связанные с информационным обеспечением транспортной логистики морского порта. Определены некоторые стратегии развития Большого морского порта и стратегии развития логистической информационной системы, обеспечивающей интегрированный подход к решению существующих проблем.

Практика показывает, что логистический подход к транспортным процессам за последнее десятилетие коренным образом изменился, что управление грузоперевозками стало одной из высокоприбыльных и развитых сфер экономики и бизнеса. Это стало возможным благодаря новым хозяйственным отношениям, которые возникли между владельцами грузов, перевозчиками и транспортно-экспедиторскими компаниями на основе новейших информационных технологий.

Время и качество становятся самыми критическими факторами в системе транспортной логистики. В этой связи возникают вопросы взаимодействия между перевозчиком, логистическим оператором и потребителем транспортных услуг на базе информационных ресурсов интегрированной логистики, т.е. должны выполняться основополагающие факторы, такие как доставка «точно в срок» с обеспечением сохранности груза.

Информационное обеспечение в транспортной логистике играет одну из ключевых ролей. Исходя из этого, менеджеры и специалисты должны уметь вырабатывать управленческие решения по его внедрению и развитию и применять их в масштабе предприятия или транспортно-логистической сети. Основным побудительным мотивом применения логистических информационных систем (ЛИС) на транспорте является повышение производительности интегрированных транспортных систем, получение качественной информации на всех иерархических уровнях, существенное снижение совокупных затрат. Успех фирмы, эффективное управление интегрированными цепями поставок зависит от умения использовать и выбирать информацию, которую содержат формальные и неформальные информационные системы.

Управление данными в ЛИС обеспечивает все виды операций, необходимых для выполнения заказов по транспортировке грузов, контроля за операциями и оценки их эффективности. В результате информационного обеспечения транспортной логистики (ИОТЛ) формируется два информационных потока:

1. планирование и координация производственной, транспортной деятельности и размещение запасов;
2. оперативная деятельность, связанная с управлением, транспортированием и грузопереработкой.

Цель ИОТЛ заключается в том, чтобы получить возможность эффективного управления, контроля и комплексного планирования движения транспортно-

материального потока. Все более насущной становится проблема непрерывного учета результатов функционирования системы, что способствует оперативному внесению изменений, как в построении, так и реализации хода интегрированного процесса «поставка–транспортировка».

В ЛИС весь ход подготовки и принятия решений является процессом переработки информационного потока. Различают три варианта взаимодействия транспортных и информационных потоков: информация опережает, сопровождает, поясняет транспортно-материальный поток.

Опережение материального потока информационным ставит своей целью устранение узких мест в логистическом процессе. Опережающий информационный поток во встречном направлении содержит сведения о заказе, в прямом направлении – предварительное сообщение о предстоящем прибытии груза [1].

Сопровождение, когда одновременно с транспортным потоком идет информация о количественных и качественных параметрах, позволяет быстро и правильно идентифицировать грузы и направить их по назначению.

Отставание информационного потока от транспортного обычно допускается только для пояснения и оценки последнего. Вслед за транспортным потоком во встречном направлении может проходить информация о результатах приемки груза по количеству и качеству, претензиях и взаиморасчетах.

Информационный процесс с помощью информационных технологий реализуется со следующими основными функциями:

1. транспортировка потоков информации внутри ЛИС;
2. накопление информации и хранение данных в базе знаний;
3. фильтрация потока – избирательная переработка одних и «фильтр» других информационных данных и сопровождающих документов;
4. объединение и разделение информационных потоков в структуре ЛИС и сетях коммуникаций;
5. различные элементарно-информационные преобразования (копирование, тиражирование информации, обработка и систематизация данных, поиск и выдача информации, создание информационных моделей) и управление информационным потоком;
6. преобразование информации, связанной с осуществлением логистических операций.

В этой связи ИОТЛ должно соответствовать следующим основным требованиям:

1. системность обслуживания с учетом характера деятельности потребителей, решаемых ими задач при управлении транспортно-логистическими процессами (ТЛП), качественном удовлетворении информационных потребностей;
2. надежность обслуживания, что предполагает обеспечение информацией логистических менеджеров и участников транспортно-логистических цепочек в нужные сроки и в наиболее удобном для них виде;
3. полнота информационного обслуживания выполняемых процессов (операций) и доведение необходимой информации до конкретного потребителя;
4. дифференцированность, состоящая в том, что каждый потребитель индивидуально обеспечивается информацией, которая способствует решению поставленных задач.

Таким образом, ИОТЛ напрямую связан со сферой сервисной логистики, которая в России находится на начальной стадии совершенствования. По опубликованным данным Института товародвижения и конъюнктуры оптовых рынков в России сложилась следующая структура оплаты логистических услуг: приемка продукции и ответственное хранение – 16,8%; производственные услуги – 36,0%; консалтинговые услуги – 0,2%; информационные услуги – 0,4%; транспортно-экспедиторские услуги – 33,6%; прочие услуги – 13,0% [2].

Информационные ресурсы интегрированной логистики представляют собой

взаимосвязанные элементы, такие как логистическая информация, которая учитывает назначение имеющейся информации и принципы организации. Второй элемент – информационные логистические системы – включает в себя структуру ЛИС, функции системы, управление потоками логистической информации. Третий элемент – информационные технологии – представлен в виде электронного обмена данными, наличие персональных компьютеров (ПК), эффективное использование средств связи и коммуникаций, а также штриховое кодирование.

В транспортной логистике информация является одним из ключевых факторов конкурентоспособности. Конкурентоспособность ТЛП обеспечивает такая ЛИС, которая способна обеспечить информационную поддержку базовых логистических операций, управленческого контроля и анализа оперативных и стратегических решений. ЛИС для эффективного обслуживания ТЛП доопределяется следующими качествами:

1. доступность – простота и легкость доступа к логистической информации;
2. точность – информация должна точно отражать текущие операции;
3. динамичность – изменение процессов при выполнении заказов, консолидации грузов при грузопереработке в транспортных терминалах;
4. своевременность – информация измеряется промежутком времени между моментом, когда происходит событие, и моментом, когда оно находит отражение в ЛИС;
5. возможность сосредоточить внимание на наиболее трудных и не поддающихся автоматизации процессах и решениях;
6. гибкость – структура информационной системы должна предусматривать ее совершенствование и настройку на нужды клиентов;
7. эффективность оформления отчетных данных – экраны ПК и отчеты должны содержать нужную информацию в удобной форме.

Связь подсистемы стратегического логистического управления с основными информационными потоками представлена на рисунке.

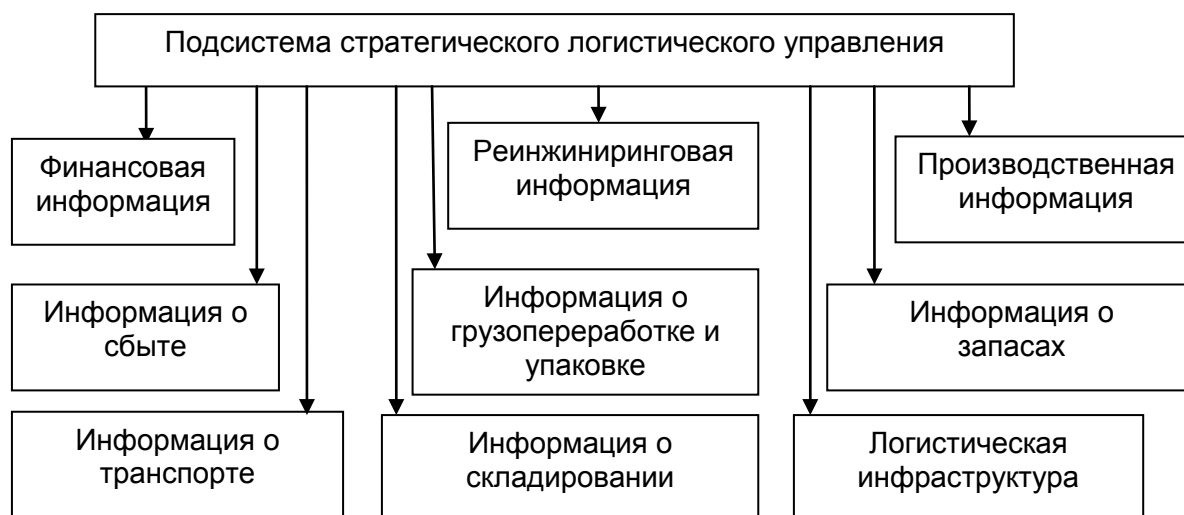


Рисунок. Связь стратегического управления с основными информационными потоками

На первом (нижнем) уровне ЛИС функциональная система непосредственно обслуживает транспортно-логистические сделки и операции. Она включает прием заказа, распределение запасов, консолидацию грузов, сам процесс транспортировки (отправка и доставка), предоставление информации клиентам о ходе выполнения заказа. Весь функциональный цикл заказа управляется с помощью оперативной информации. Учитывая большой поток данных и операций, существенное значение имеет производительность информационных систем.

На втором уровне осуществляется логистическая координация входящих и

исходящих потоков. Подсистема учитывает ограничения и загрузку транспортных мощностей, взаимоувязку производственных, складских и транспортных ресурсов, а также потребности производства и снабжения.

На третьем уровне происходит оценка результатов функционирования ТЛП. На основе полученных результатов менеджер по логистике осуществляет оценку экономической эффективности, уровня сервиса и качества предоставленных транспортных услуг, пропускной способности системы и др. [3].

Следует обратить внимание на тот факт, что потребность в создании стратегии, обуславливается тем, что до настоящего времени единой политики развития транспортно-логистических комплексов (ТЛК) в Санкт-Петербурге не существовало, а реальные условия диктуют необходимость в создании единой транспортной сети, чтобы развитие всех видов транспорта, улично-дорожной сети и терминально-складского хозяйства было взаимосвязано. Вместе с тем особенностью транспортного комплекса Санкт-Петербурга является то, что он работает в основном с транзитными грузопотоками, следующими в другие регионы или страны, и только 20% его деятельности устремлено на удовлетворение потребностей экономики самого города. Это значит, что, несмотря на большой объем проходящих через Санкт-Петербург грузов, налоговые поступления в городской бюджет незначительны, так как они проходят без какой-либо обработки. Так, например, в 2010 году поступления в бюджет составили около 10 млрд руб., или 5,6%, при этом больше половины доходов обеспечивают транзитные грузы, из которых 50% составляют грузы Большого порта [4].

Санкт-Петербургский морской порт – один из главных транспортных узлов Северо-Запада России. Он представляет собой комплекс терминалов, принадлежащих различным юридическим лицам. Большой порт включает в себя группу компаний под общим названием «Морской порт Санкт-Петербург». Всего в данную систему включено более ста причалов, общая длина которых составляет почти десять километров. Если рассматривать грузоперевозки по России, Санкт-Петербург в последние 20 лет играет в них все более заметную роль. Во многом это связано с общемировыми тенденциями развития грузоперевозок: увеличилась доля контейнерных грузов, все чаще перевозят морем и нефтепродукты. За период с 2010 до 2011 гг. грузооборот Большого порта вырос на 3% – до 59 млн тыс. т. Изменился он и по структуре: на 2,4% – вырос объем контейнерных грузоперевозок до 1 млн 431 тыс. 439 TEUs, которые составляют большой объем международных грузоперевозок в Санкт-Петербурге.

Соответственно, формируется основная цель стратегии – обеспечить эффективное функционирование ТЛК Санкт-Петербурга, одновременно повысив доходы в городской бюджет. Проблема в достижении данной цели состоит в том, что город на данный момент имеет только косвенные рычаги влияния на развитие ТЛК, такие как формирование улично-дорожной сети, зонирование территорий в рамках Генерального плана. Большая же часть транспортной инфраструктуры находится в федеральном ведении: порт, железная дорога, водные пути, федеральные автотрассы. В связи с этим, несмотря на то, что документ уже прошел согласование в инстанциях городского уровня, наибольшие сложности ждут проект при согласовании на федеральном уровне, особенно с Министерством обороны. Другая проблема состоит в существующем распределении полномочий. Санкт-Петербург не получает достаточной отдачи от основы ТЛК – Большого порта, через который сегодня проходит более 50% от всего объема импорта и около 15% экспортных грузов, перевозимых на морском транспорте. При этом порт является лидером по перевалке сухих, контейнерных и рефрижераторных грузов среди морских портов России.

Таким образом, сегмент комплексной логистики до сих пор остается одним из

самых слабых мест развития ТЛК Санкт-Петербурга. В связи с этим многие зарубежные компании, выходя на петербургский рынок, отмечают отставание именно в вопросах предоставления услуг 3PL-операторов, включающих транспортировку, складирование, распределение, управление логистическими цепочками, что и позволяет создавать значительную добавленную стоимость.

Чтобы воплотить на практике инновационный вариант развития ТЛК города, необходимо изменение структуры грузопотоков, проходящих через петербургский порт, в сторону увеличения доли высокодоходных и наиболее технологичных грузов. Необходимо сформулировать дифференцированный подход к грузам, например, предпочтительные грузы, нейтральные грузы и нежелательные.

Существует еще одна проблема, связанная с дальнейшим развитием Большого порта Санкт-Петербурга. Спрос на перевозки через петербургский порт превышает его мощности по приему и обработке грузов, особенно высокодоходных, а для обработки некоторых грузов на Северо-Западе пока и вовсе нет действующих терминалов. Это приводит к частичному переключению российских грузопотоков на порты соседних стран – Балтики и Финляндии. Во главу угла встает вопрос о развитии новых районов порта ближе к дамбе, что позволило бы вывозить грузы сразу на кольцевую автодорогу. Существуют два перспективных района: Бронка–Ломоносов и Кронштадт–Горская. Однако участники рынка сомневаются, что в ближайшее время они получат активное развитие, так как здесь требуются слишком большие инвестиции.

Развитие транспортных подходов к порту является также важной частью стратегии развития ТЛК. Сейчас пропускная способность улично-дорожной сети Петербурга практически исчерпана, особенно в районах, примыкающих к порту. При этом программы развития различных видов транспорта и улично-дорожной сети разрабатываются и реализуются без координации с развитием терминально-складских мощностей. Планируется разработать общегородскую систему доступа грузового транспорта в город, чтобы облегчить дорожную ситуацию. Основная идея заключается в том, чтобы определить зоны локализации грузогенерирующих объектов – складов, терминально-логистических комплексов [5].

Итак, логистический подход позволяет увеличивать организационную и экономическую стабильность предметов предпринимательства на товарном рынке и услугах, минимизировать общие затраты и повышать доходность предприятий. Логистический подход к транспортным процессам за последнее десятилетие коренным образом изменился, что управление грузоперевозками стало одной из высокоприбыльных и развитых сфер экономики и бизнеса. Логистические системы управления по своей природе являются совокупностью информационных, технических, технологических и социально-экономических элементов.

Литература

1. Дегтяренко В.П. Основы логистики и маркетинга. – Ростов н/Д: Экспертное бюро. – М.: Гардарики, 2011. – 120 с.
2. Джамбраилов А.Э., Моргунов В.И. Маркетинг. Логистика. Транспортно-складские логистические комплексы. – Изд. Дашков и Ко, 2010. – 388 с.
3. Силантьев Г.В. Сервисные потоки в микрологистической системе предприятия: Учебник. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2007. – 76 с.
4. Логист.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://logist.ru/>, своб.
5. Голиков Е.А., Пурлик В.М. Основы логистики и бизнес-логистики: Монография. – М.: Рос. экон. акад., 1993. – 173 с.

РАЗРАБОТКА ПОРТАЛА ОТКРЫТЫХ СВЯЗАННЫХ ДАННЫХ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

О.В. Пархимович, М.А. Галкин, В.С. Князев
Научный руководитель – к.т.н., доцент Д.И. Муромцев

В работе рассматривается разработка портала открытых связанных данных Санкт-Петербурга с использованием системы Information Workbench, которая позволяет хранить, визуализировать и преобразовывать данные в форматах Semantic Web, а также описывается адаптивный алгоритм для поиска данных на html-страницах.

Ключевые слова: государственные данные, открытые данные, Semantic Web, Information Workbench.

Введение

Сегодня существует тенденция публикации открытых государственных данных в сети Интернет, что позволяет их анализировать и использовать. Благодаря этому многие проблемы граждан могут быть решены с помощью сервисов и проектов, создаваемых разработчиками. Это создает возможность осуществления коммерческой деятельности, которая может улучшить экономику, а также увеличить эффективность управления государством и сделать его работу более прозрачной.

Анализируя российский и мировой опыт можно рассмотреть несколько проектов, использующих открытые данные. Например, сайт США [1] позволяет гражданам узнать информацию о бюджете страны, ее расходах и доходах, а также влиять на государственную политику. Подобный портал есть и в Австралии [2], он дает возможность сравнивать показатели различных регионов (уровень образования, социально-экономические показатели и уровень экономического развития) или портал MySchool [3], объединяющий информацию обо всех государственных и частных школах: количество школьников, средние оценки или количество финансирования. Данные могут быть представлены в виде таблиц, графиков или диаграмм.

Появление Партнерства в области открытого правительства (Open Government Partnership) [4] в 2011 г. подтверждает заинтересованность стран в сфере разработки сервисов на основе открытых данных, повышения прозрачности и подотчетности правительства. Благодаря данной инициативе объединяются страны, ориентированные на повышение прозрачности управления.

Технические аспекты разрабатываемого проекта

Сегодня государство публикует некоторые массивы данных, что является большим шагом к прозрачности управления. Но в лучшем случае данные опубликованы в формате CSV, который не соответствует международным стандартам, согласно которым идеальным форматом для публикации являются связанные данные, опубликованные в форматах Semantic Web. Об этом говорится, например, в рекомендациях, разработанных W3C-консорциумом [4] или руководящими принципами, согласно которым была разработана платформа Socrata [5], предназначенная для создания сайтов и публикации открытых данных. В связи с этим мы приступили к разработке системы, позволяющей автоматизированным способом преобразовывать данные в форматы Semantic Web и опубликовывать их.

Перед началом практической разработки необходимо разработать архитектуру системы. Она должна соответствовать следующим требованиям:

– возможность собирать открытые данные из различных источников;

- возможность преобразования этих данных в формат RDF;
- обеспечение доступа к открытым данным с помощью SPARQL-запросов;
- представление данные в различных форматах: например, wiki, таблицы, диаграммы, графики.

Для этого требуется соответствующая техническая платформа. Существует несколько решений, которые могут быть использованы в качестве платформы:

- Semantic MediaWiki (SMW);
- Information Workbench (IWB);
- OntoWiki.

У каждой системы есть свои преимущества и недостатки, представленные в таблице.

Таблица. Сравнение семантических платформ

	SMW	IWB	OntoWiki
Язык программирования	PHP	Java	PHP
Разработчик	Institute AFIB at Karlsruhe Institute of Technology (KIT)	fluid Operations	AKSW research group, Leipzig
Зависимость	Расширение MediaWiki	Автономный	Автономный
База данных	4Store Virtuoso	Sesame	MySQL Virtuoso
Язык вопросов	SMW-QL SPARQL	SPARQL	SQL SPARQL
Визуализация данных	Подробная	Подробная	Подробная

Мы считаем целесообразным использовать систему Information Workbench, разработанную организацией FluidOps. В ней используется концепция Поставщика данных, которая является наиболее подходящей для нашей разработки. С помощью нее становится возможным разработка расширения, обновляющего автоматически загруженные данные из определенного источника. Кроме этого, данная система написана на языке программирования Java. Information Workbench является мощным инструментом для создания систем, работающих со всеми видами семантических данных. Кроме того, данная система удовлетворяет всем требованиям и обеспечивает следующие дополнительные возможности, связанные с методами анализа данных, их представления и доступа к ним:

- работает с различными форматами (RDF, 3, Turtle, N-Triples, TriG, TriX);
- представляет широкие возможности для визуализации данных (графы, диаграммы, таблицы, карты);
- обеспечивает возможность SPARQL-запросов;
- поддерживает концепцию связанных открытых данных и представляет инструменты для работы с этими данными;
- сопровождается подробной документацией и API.

Платформа обладает несколькими способами представления данных, некоторые из которых представлены ниже:

- таблицы (рис. 1);
- диаграммы (рис. 2);
- графики (рис. 3);
- карты (рис. 4).

http://www.semwebtech.org/mondial/10/countries/D/

Germany
Type of government: federal republic

Abbreviation	Name
AG	Andean Group
ANC	North Atlantic Cooperation Council
ADB	African Development Bank
AsDB	Asian Development Bank
BDEAC	Central African States Development Bank
BIS	Bank for International Settlements
CBSS	Council of the Baltic Sea States
CCC	Customs Cooperation Council
CDR	Caribbean Development Bank
CE	Council of Europe
CERN	European Organization for Nuclear Research
EBRD	European Bank for Reconstruction and Development
ECE	Economic Commission for Europe
EIB	European Investment Bank
EN	Nuclear Energy Agency
ESA	European Space Agency
EU	European Union
FAO	Food and Agriculture Organization
G-10	Group of 10
G-5	Group of 5
G-7	Group of 7
G-8	Group of 8
IADB	Inter-American Development Bank
IAEA	International Atomic Energy Agency
IBRD	International Bank for Reconstruction and Development
ICAO	International Civil Aviation Organization
ICC	International Chamber of Commerce
ICTU	International Confederation of Free Trade Unions

Рис. 1. Представление таблиц в разрабатываемой системе

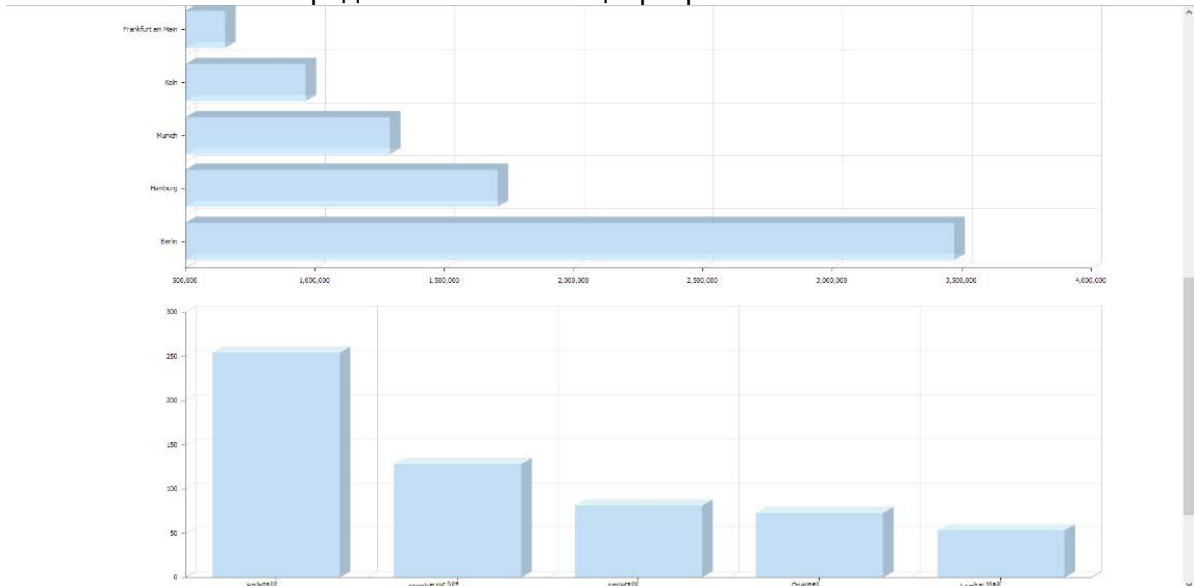


Рис. 2. Представление диаграмм в разрабатываемой системе

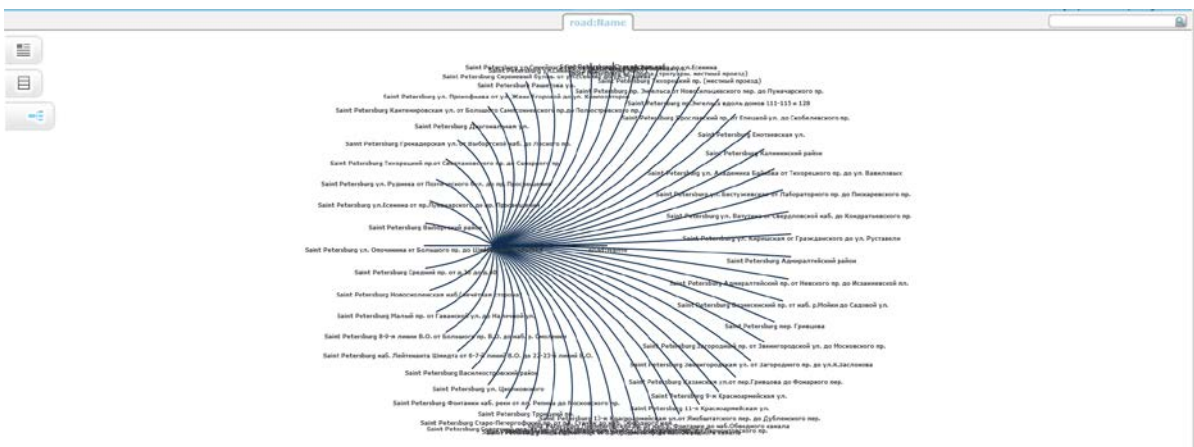


Рис. 3. Визуализация данных в виде графа в разрабатываемой системе

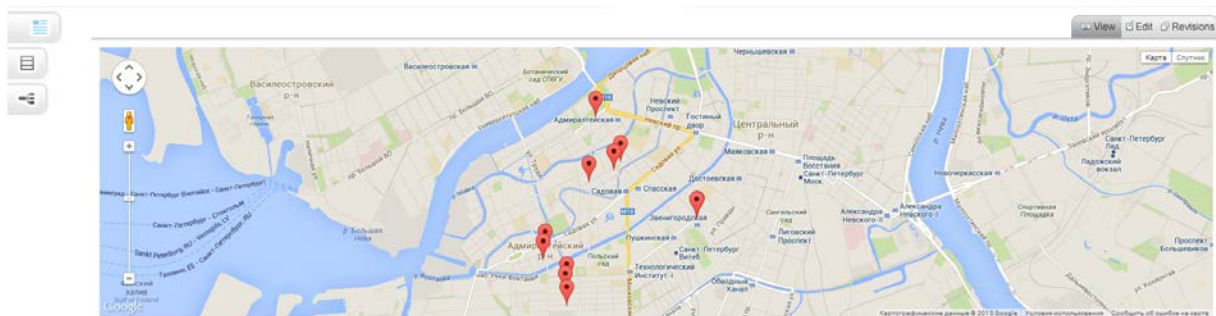


Рис. 4. Визуализация данных на карте

Благодаря гибкой архитектуре выбранной платформы, системы на ее основе обладают мощным потенциалом для дальнейшей корректировки. Текущий набор данных, частично изображенных на предыдущих рисунках, связан с ремонтом дорог в Санкт-Петербурге. Данные разделены по районам и содержат информацию о протяженности отремонтированных дорог и тротуаров. Исходная таблица опубликована на официальном сайте Правительства Санкт-Петербурга. Представленные данные могут быть сопоставлены с дополнительной статистикой: например, информацией о парковках, пробках, количестве травм или средней стоимости конкретного участка дороги.

Нашей первоначальной целью является разработка расширения, позволяющего пользователю получать данные из HTML-страниц. Это может показаться простой задачей, но современные методы верстки дают большое количество возможных вариантов формирования кода HTML. Следовательно, необходим адаптивный алгоритм, способный выполнить поиск определенных данных по каждой странице. Для идеального адаптивного алгоритма необходим только URL-адрес и возможность автоматического определения данных, которые будут собраны со страницы. Для простой версии алгоритма необходимо название данных, которые ему необходимо найти на странице. Данная функция может быть реализована с использованием механизма поставщика данных, представленного в InformationWorkbench. Поставщики данных – это настраиваемые программы, которые подключаются к удаленным источникам данных, извлекают эти данные из источников, при необходимости преобразовывают их в формат RDF и сохраняют эти данные в локальном хранилище. Расширение Data Provider позволяет указывать конкретный URL с данными и получать эту информацию в RDF-формате.

Алгоритм, решающий данную проблему, описан ниже:

1. определение структуры страницы;
2. определение метода, который будет применяться для сбора необходимой информации;
3. локализация данных в коде HTML (для приведенного выше примера – локализация и получение содержимого тега <table>);
4. преобразование полученных данных в формат RDF с использованием предопределенной онтологии;
5. помещение данных в хранилище;
6. предоставление данных в виде графиков, текста, диаграммах.

Графически данный алгоритм может быть изображен следующим образом (рис. 5).

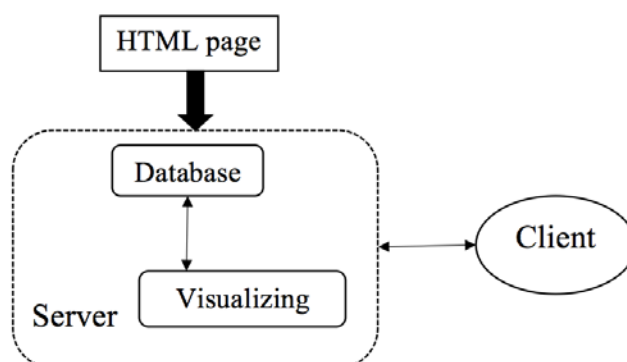


Рис. 5. Расширение архитектуры

Заключение

Открытые данные являются важной и актуальной темой. Необходимо улучшать формат, в котором публикуются данные правительства. В связи с этим является важной задача интеграции их с семантическими данными. Information Workbench является мощным инструментом для достижения данной цели. Предлагаемый метод объединения семантических данных является гибким и эффективным, поэтому он может быть модернизирован и использован для более высоких целей и задач.

Литература

1. Center for responsive politics official website [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.opensecrets.org>, своб.
2. Australian suburban trends official website [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.suburbantrends.com.au/>, своб.
3. My school official website [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://myschool.edu.au/>, своб.
4. Publishing Open Government Data. W3C Working Draft 8 Sep.2009 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.w3.org/TR/gov-data/>, своб.
5. 3 Guidelines for Publishing Your First Open Data Sets [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.socrata.com/blog/3-guidelines-for-publishing-your-first-open-data-sets/>, своб.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОДДЕРЖАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ОХЛАЖДЕНИЯ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ РАЗЛИЧНОГО АССОРТИМЕНТА. СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

А.С. Пастухов

Научный руководитель – к.т.н., доцент В.Б. Данин

Передаточная функция камеры «кулера», применяемого для охлаждения хлебобулочной продукции может быть представлена в виде суммы передаточной функции изменения температуры внутренней поверхности ограждения камеры и передаточной функции изменения температуры охлаждаемого продукта. Для стабилизации параметров процесса охлаждения хлебобулочных изделий различного ассортимента разработан специальный алгоритм, основанный на экспериментальных исследованиях и математическом моделировании охлаждения хлеба.

Ключевые слова: охлаждение хлебобулочных изделий, «кулер», параметрическая схема.

Введение

Вопрос об охлаждении хлебобулочной продукции разной степени готовности довольно широко обсуждается в научных и производственных кругах последние 10 лет. Основным назначением операции охлаждения свежеспекаемых изделий, помимо подготовки к последующим стадиям нарезки и упаковки, является уменьшение потери массы, возникающей из-за усушки [1]. Условно различают два периода усушки. Первый период характеризуется быстрым изменением скорости усыхания от максимального значения в начале процесса до значения чуть большего значения скорости усыхания второго периода, который, в свою очередь, характеризуется низкой скоростью усыхания.

Эффективным способом уменьшения потери массы хлебобулочной продукции является сокращение длительности первого периода усушки. В производственной практике такое сокращение достигается за счет ускоренного охлаждения только что вышедшей из печи продукции до температуры хлебохранилища или склада экспедиции.

Существуют разные способы и технические решения, реализующие охлаждение хлебобулочных изделий [2], но наиболее эффективными с точки зрения производительности и занимаемой площади считаются спиральные конвейерные системы – так называемые «кулеры».

О достоинствах применения установок на основе спиральных конвейерных систем говорится уже более 5 лет [3]. Тем не менее, в настоящее время проблема использования спиральных конвейерных устройств для снижения продолжительности процесса охлаждения и усушки хлебобулочных изделий в научной среде остается актуальной. В работе [4] представлены сравнительные характеристики различных способов охлаждения и хранения хлебобулочной продукции. Однако при приведении численных, а не относительных значений продолжительностей процессов охлаждения хлебобулочных изделий с применением как «кулеров», так и традиционных тоннельных схем, не берутся во внимание параметры охлаждения, такие как температура, влажность и скорость обдувающего продукт воздуха, а также теплофизические свойства и масса охлаждаемого продукта. Не менее важно учитывать и форму изделий [5]. Разные виды хлебобулочных изделий имеют разные

теплофизические свойства, форму, массу, а, следовательно, для достижения одной и той же температуры внутри мякиша требуют разных параметров охлаждения [6].

Постановка задачи

«Кулер» представляет собой спиральную конвейерной систему, расположенную в камере из теплоизоляционного материала. За счет действия потоков холодного воздуха и поддержания необходимого количества влаги в рабочей камере «кулера» происходит охлаждение свежеспеченного хлеба. Продукт проходит по всем ярусам с нижнего до верхнего. С верхнего яруса охлажденная продукция ссыпается или в приемный бункер или подается по дополнительному транспортеру на весовой стол, аппарат нарезки или фасовочный аппарат [2].

При автоматизации охлаждения хлебобулочной продукции посредством «кулеров» возникает необходимость разработки комплексной системы управления, позволяющей оптимизировать параметры технологического процесса при возникновении различных производственных ситуаций, которые могут возникнуть на хлебопекарном предприятии. Разработка такой системы начинается с параметрического и структурного анализов объекта управления.

Основные результаты

На рисунке представлена параметрическая схема спирального конвейера, как объекта управления. Процесс представлен в виде «черного ящика», в который поступают неуправляемые, возмущающие и управляющие воздействия, а выходят сформированные показатели качества охлажденных хлебобулочных изделий.

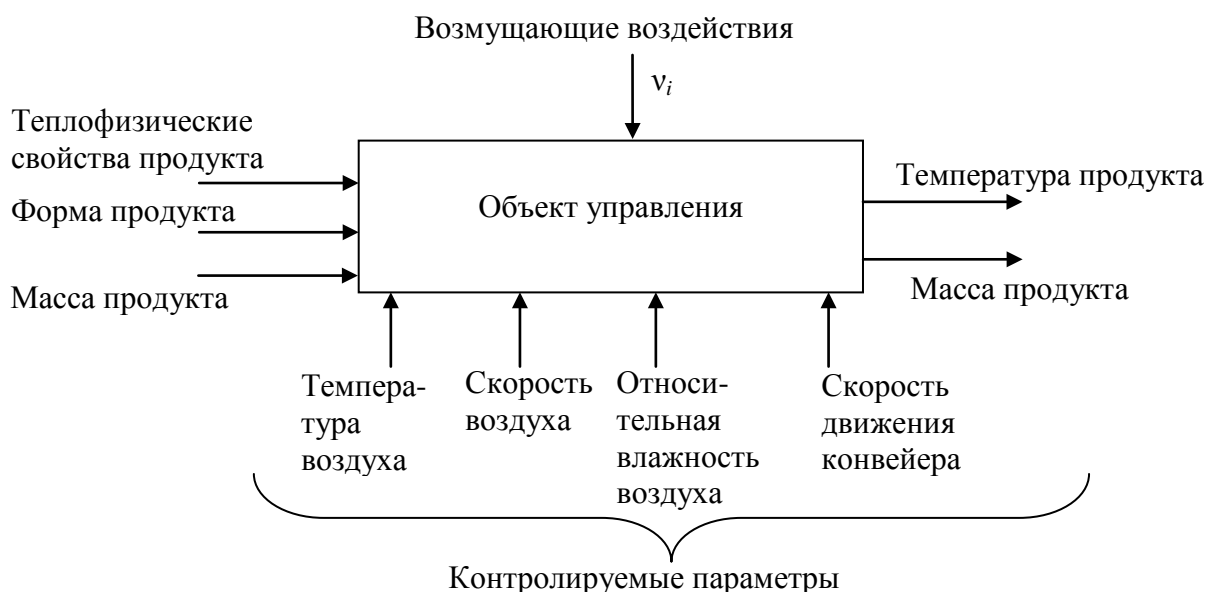


Рисунок. Параметрическая схема объекта управления

Возмущающие воздействия, входные, выходные и контролируемые параметры процесса охлаждения хлебобулочных изделий различного ассортимента, осуществляемого при помощи «кулера», подробно рассмотрены в [7]. Основной задачей управления таким многофакторным объектом является достижение определенной температуры в центре изделия путем поддержания температуры охлаждающего воздуха вблизи поверхности буханки в заданных пределах $t \pm \Delta t$, его скорости $v \pm \Delta v$ и влажности $\phi \pm \Delta \phi$, а также поддержания скорости конвейера в пределах $v_k \pm \Delta v_k$ при условии, что усушка для каждого вида изделия не превысит величины

указанной ГОСТ. Одновременное воздействие по нескольким каналам управления позволяет подбирать оптимальное для процесса охлаждения сочетание команд управления, получая на выходе из «кулера» продукт с заданными температурой и массой.

Аналитический способ получения модели объекта пригоден при условии хороших знаний физических процессов, протекающих в объекте управления, но в любом случае этот способ дает приближенную модель, так как она не может отразить все малые параметры, свойственные этому объекту.

При составлении модели считаем холодопроизводительность воздухоохладителя постоянной и учитываем только теплопритоки от ограждения $Q_{огр}$ и охлаждаемого продукта $Q_{пр}$. Тогда за элементарное время Δt температура воздуха внутри камеры «кулера» изменится за счет теплопритоков на величину Δt_k . Уравнение теплового баланса примет вид:

$$V_B \rho_B c_B \Delta t_k = (Q_{огр} + Q_{пр}) \Delta \tau, \quad (1)$$

где V_B , ρ_B , c_B – объем воздуха внутри камеры «кулера», удельный вес воздуха и удельная теплоемкость воздуха соответственно. Раскрыв правую часть уравнения (1), получим:

$$Q_{огр} = \alpha_{огр} F_{огр} (t_{огр} - t_k); \quad Q_{пр} = \alpha_{пр} F_{пр} (t_{пр} - t_k). \quad (2)$$

Подставив выражения (2) в (1), получаем в приращениях $\Delta t_{пр}$ и $\Delta t_{огр}$.

$$V_B \rho_B c_B \Delta t_k = ((\alpha F)_{огр} \Delta t_{огр} + (\alpha F)_{пр} \Delta t_{пр} - (\alpha F)_{огр} \Delta t_k - (\alpha F)_{пр} \Delta t_k) \Delta \tau, \quad \text{или при } \Delta \tau \rightarrow 0,$$

получим:

$$V_B \rho_B c_B (d\Delta t_k / d\tau) + ((\alpha F)_{огр} + (\alpha F)_{пр}) \Delta t_k = (\alpha F)_{огр} \Delta t_{огр} + (\alpha F)_{пр} \Delta t_{пр}. \quad (3)$$

Поделим левую и правую части уравнения (3) на $(\alpha F)_{огр} + (\alpha F)_{пр}$

$$T(d\Delta t_k / d\tau) + \Delta t_k = k_1 \Delta t_{огр} + k_2 \Delta t_{пр}, \quad (4)$$

где $T = \frac{V_B \rho_B c_B}{(\alpha F)_{огр} + (\alpha F)_{пр}}$ – постоянная времени воздуха холодильной камеры,

имеющая размерность времени и характеризующая ее инерционность;

$k_1 = \frac{(\alpha F)_{огр}}{(\alpha F)_{огр} + (\alpha F)_{пр}}$ – коэффициент, учитывающий степень влияния изменения

температуры внутренней поверхности ограждения на температуру воздуха камеры

«кулера»; $k_2 = \frac{(\alpha F)_{пр}}{(\alpha F)_{огр} + (\alpha F)_{пр}}$ – коэффициент, учитывающий степень влияния

изменения температуры охлаждаемого продукта на температуру воздуха камеры «кулера».

Передаточные функции на основании выражения (4) будут иметь вид:

$$W_1(P) = \Delta t_{огр}(P) / \Delta t_k(P) = k_1 / TP + 1; \quad W_2(P) = \Delta t_{пр}(P) / \Delta t_k(P) = k_2 / TP + 1. \quad (5)$$

Из уравнения (5) следует, что упрощенно передаточная функция камеры «кулера» может быть представлена в виде суммы двух передаточных функций $W_1(P) + W_2(P) = W_k(P)$.

Для проведения анализа статических и динамических свойств «кулера», как объекта управления разработана специальная программа, выполняющая совместное решение системы уравнений звеньев, входящих в «кулер», методом численного интегрирования.

Система автоматического контроля и регулирования процесса охлаждения основывается на том, что текущее значение регулируемых параметров в блоке рассогласования сравнивается с заданными значениями соответствующих параметров, и формируются сигналы рассогласования, которые усиливаются до значений,

достаточных для срабатывания исполнительных механизмов, обеспечивающих работу регулирующих органов. Научная новизна заключается в вычислении заданных значений параметров охлаждения. Данные вычисления основаны на экспериментальных исследованиях и математическом моделировании.

Экспериментальные исследования проводились на хлебе, который был изготовлен в лаборатории и охлаждался после выпечки путем естественной и принудительной конвекции. Выпечка производилась в специальных параллелепипедных хлебопекарных формах с крышками. Таким образом, на выходе получался продукт, имеющий форму параллелепипеда.

Процесс охлаждения путем естественной конвекции проводился в помещении, в котором измерялись температура и относительная влажность воздуха. Во время проведения экспериментов регистрировались изменение температуры в центре буханки и потеря массы, которая определялась путем вычисления разницы масс буханки до и после охлаждения с использованием весов Mettler PE 3600 precision scale. Охлаждение путем принудительной конвекции проводилось в климатической камере Votsch VC 7018 (Votsch-Lindenstrath, Германия), оснащенной контролерами температуры и относительной влажности. Скорость воздуха измерялась с помощью анемометра VelociCalc 8355 (TSI, MN, США), и колебалась в пределах 1,5–2,5 м/с.

Время охлаждения определяется временем, необходимым для достижения в центре буханки температуры 30°C. Измерения температуры в середине мякиша и температуры корочки были проведены в течение 12000 с через каждую секунду с помощью термопар, подключенных к системе сбора данных Grant data-acquisition system (UK). Показания изменения температуры и относительной влажности воздуха во время охлаждения снимались и обрабатывались системой сбора данных DataLog 20 (AOIP, Orangis, Франция), термопарами К-типа, а также регистратором данных Hygrolog (Rotronic, Bassersdorf, Швейцария). Влажность мякиша и корочки после охлаждения определялась гравиметрически, путем отбора проб и нагревания их в течение 1,5 ч при 130°C.

Эксперименты проводились при финансовой поддержке в форме гранта DAAD и Министерства образования и науки Российской Федерации по программе «Михаил Ломоносов».

На основе полученных экспериментальных данных построены математическая модель [8] и вычислительная система, позволяющие рассчитать параметры охлаждения [9].

Заключение

Проведенный структурно-параметрический анализ сложного многофакторного объекта управления, которым является «кулер», позволил разработать алгоритм вычисления значений температуры, влажности и скорости обдуваемого продукта воздуха, который используется для решения задачи автоматического регулирования и управления технологическим процессом охлаждения хлебобулочных изделий различного ассортимента.

Литература

1. Пастухов А.С., Данин В.Б. Современные методы борьбы с усушкой хлебобулочных изделий // Известия СПбГУНиПТ. – СПб, 2006. – № 1. – С. 88–90.
2. Пастухов А.С., Данин В.Б. Общие сведения об охлаждении хлеба // Известия СПбГУНиПТ. – СПб, 2007. – № 1. – С. 37–41.

3. Пастухов А.С., Данин В.Б. Применение спиральных конвейерных установок для охлаждения хлебобулочных изделий с целью оптимизации качества на финишных технологических операциях // Депонированный сборник ВИНТИ № 550-В 2007 год регистр. 22.05.07.
4. Шамшин А.С., Сагдеев А.А. Использование спиральных конвейерных устройств для снижения продолжительности процесса охлаждения и усушки хлебобулочных изделий // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т. 15. – № 1. – С. 138–140.
5. Сергеев А.А., Косачев В.С., Кошевой Е.П. Учет формы хлебобулочных изделий в задачах теплообмена // Электронный научный журнал «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2012. – № 1. – С. 341–345.
6. Pastukhov A. Calculation of the energy efficiency improving for the bakery products cooling process // Economics for Ecology ISCS'2013: матеріали XIX Міжнародної наукової конференції, м. Суми, 30 квітня-3 травня 2013 р. – Суми: СумДУ, 2013. – Р. 125–126.
7. 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 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.processes.ihbt.ifmo.ru>, своб.
8. Pastukhov A., Danin V. Model development for fresh baked bread natural and forced cooling // Proceedings of the 6-th Conference on Food Science and Technology «Innovations for Food Science and Production» FOODBALT-2011. – Jelgava, Latvia, 2011. – Р. 209–214.
9. Пастухов А.С., Данин В.Б. Разработка вычислительной системы параметров процесса охлаждения хлебобулочных изделий на основе математического моделирования // Электронный научный журнал «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2012. – № 1. – С. 141–148.

УДК 535.62 535.65

МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОКОМПОНЕНТНОГО ЦВЕТНОГО ИСТОЧНИКА ИЗЛУЧЕНИЯ

В.С. Перетягин

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

Работа посвящена математическому описанию многоэлементного источника излучения с управляемой цветностью. В предлагаемой модели форма пространственного распределения освещенности на заданном расстоянии от источника определяется количеством и взаимным расположением его элементов, функциями, описывающими оптические характеристики элементов, и расстоянием от многоэлементного источника до зоны анализа (экрана, рабочей зоны и т.п.).

Ключевые слова: источник многоэлементный, координаты цвета, цветность, RGB-источник.

Введение

На сегодняшний день существует потребность в достоверном измерении и правильном представлении цветовых и спектральных параметров и характеристик источников оптического излучения, применяемых в различных областях и сферах производства. Такая потребность объясняется стремительным развитием светодиодной продукции, а также технологическими процессами, связанными с использованием

указанных типов источников. Одним из преимуществ данных светодиодных технологий является возможность сочетания высокой мощности излучения с практически любой формой его пространственного распределения и большим многообразием цветовых оттенков. В связи с этим данные технологии требуют более пристального внимания в том случае, если требуется обеспечить определенный характер распределения освещения и (или) распределения цветовой картины на заданном расстоянии.

В настоящее время представление или образование цвета, также как его распознавание или сравнение является сложной, и порой неосуществимой задачей, которая зависит от совокупности многих факторов. В качестве одной из систем представления цвета Международной комиссией по освещению (МКО) была предложена система координат цветности xY [1]. Однако полученные в результате цвета являются физической абстракцией и выполняют лишь вспомогательную математическую роль.

Предлагаемое решение

Для расчета и создания реального цветного источника света помимо цветной и спектральной составляющей необходимо учитывать другие факторы, такие как параметры питания, пространственные характеристики и т.д. [2]. Как известно действительное излучение светодиода имеет сложные по форме пространственные характеристики, которые различаются в зависимости от способа производства, формы линзы или отсутствия таковой, наличия люминофора и т.д. Для решения данных проблем были построены две модели, описывающие пространственное распределение освещенности, данные модели представлены на рис. 1.

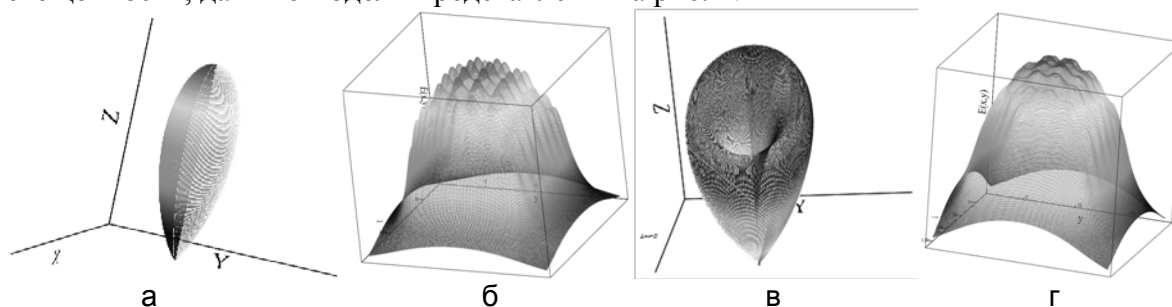


Рис. 1. Диаграммы пространственного распределения освещенности, образованные функцией Ламберта

На рис. 1, а, б, представлен классический случай, когда распределение освещенности в зоне анализа имеет форму «колокола». За основу данной модели была взята функция Гаусса. На рис. 1, в, г, представлена модель, когда в центре излучения присутствует энергетический провал. Для создания данной модели использовалась функция косинусов [3]. Однако при разработке моделей, представленных на рис. 1, цветовые параметры (особенности) как излучателей, вошедших в источник, так и всего источника не учитывались.

Рассмотрим параметры, связанные с питанием многокомпонентного источника света. В качестве примера смоделируем источник света, состоящий из 81 светодиодного источника (красного, зеленого и синего цветов), при этом элементы расположены в сотовом порядке друг относительно друга. И в результате смешивания трех основных цветов должен получиться белый цвет. Для получения белого цвета необходимо получить равномерность в распределении освещения, это можно добиться с помощью параметра питания для каждого излучающего элемента. Так как при моделировании используются светодиоды трех цветов, тогда разделим данный

источник, во-первых, на три цветных канала, и, во-вторых, на светодиоды (в каждом канале) имеющие схожие значения питания (рис. 2).

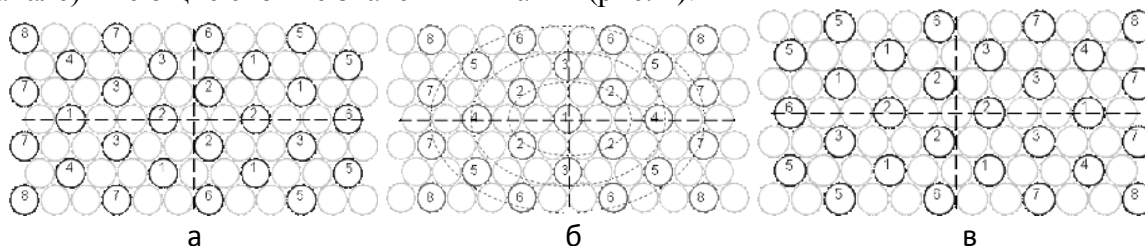


Рис. 2. Моделирование многокомпонентного светодиодного RGB-источника по мощности распределения красного (а) зеленого (б) и синего (в) светодиодов в этом источнике

Из рис. 2 можно заметить, что зеленый канал цветности имеет более выраженную эллипсоидную форму, чем два другие, а также излучающие элементы в данном канале расположены непосредственно по центру излучающей площадки в отличие от двух других каналов. Отсюда можно сделать вывод, что распределение освещенности в зеленом канале является более симметричным и равномерным. Также из рис. 2, а, в, явно видно, что красный и синий каналы цветности являются «зеркальной проекцией» друг друга.

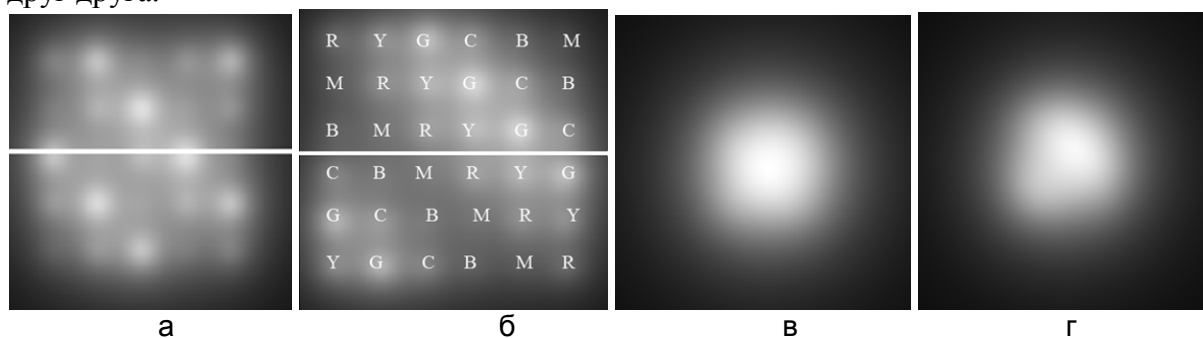


Рис. 3. Цветовые картины зоны анализа, создаваемые источником регулярной структурой: цветная картина от RGB-источника на расстоянии 100 мм до источника излучения (а); цветная картина от шестицветного RGB-источника на расстоянии 100 мм до источника излучения (б); цветная картина от RGB-источника на расстоянии 10 мм до источника излучения (в); цветная картина от шестицветного RGB-источника на расстоянии 10 мм до источника излучения (г)

Учитывая параметры и характеристики, рассмотренные выше, можно получить различные цветовые картины для разных типов источников (например, с разным расположением или количеством излучателей, с разным цветом излучения или с различными значениями питания и т.д.) (рис. 3).

Верификация результатов

Для проверки полученных теоретических моделей, в лаборатории кафедры ОЭПиС НИУ ИТМО был собран макет многоэлементного цветного светодиодного источника света и проведен эксперимент по исследованию данного макета. Эксперимент проводился на установке, представленной на рис. 4. В результате проведения эксперимента источник находился на расстоянии 100 мм от исследованной зоны размером 200×200 мм. Во время проведения эксперимента установка находилась в фотометрическом блоке.



Рис. 4. Экспериментальная установка

Макет многоэлементного светодиодного источника подключался как к блоку управления, так и к блоку питания. Параллельно источнику был размещен аппаратно-программный комплекс для измерения протяженных источников (АПК ИПИ) [4]. В качестве основных элементов предлагаемой системы используются три линейные моторизованные платформы, расположенные под углом 90° друг к другу. Измерение цветовых и спектральных характеристик излучения производится с помощью спектрометра. Результатом сканирования указанной области являются цветовая характеристика излучения исследуемого источника света в зоне анализа. Обработка данных осуществляется с помощью компьютера.

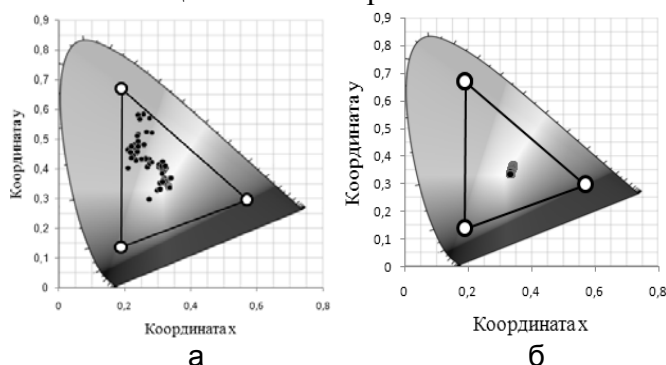


Рис. 5. Координаты цветности разрабатываемого макета светодиодного источника света

При этом рассматривались 2 случая:

1. на светодиоды подавались максимальные значения питания, указанные в технической документации (рис. 5, а);
2. использовались поправочные коэффициенты, рассмотренные выше (рис. 5, б).

Полученные на установке цветовые параметры представлены в виде графиков цветности.

Из рис. 6 видно, что при использовании данных поправочных коэффициентов можно получить белый цвет, образованный многоэлементным источником излучения. Из всего этого можно сделать вывод, что для получения различных цветных картин, образованных реальными многоэлементными источниками излучения, необходимо учитывать и использовать не только цветовые составляющие, но и пространственные, энергетические, спектральные и т.д.

Заключение

Представленная в данной работе методика формирования цветовой картины учитывает основные законы формирования, как светового потока, так и цветовых

картин для различных типов источников излучения, и может использоваться для разработки или аттестации качества:

- источников излучения на производстве;
- многоэлементных источников излучения (линейных, круговых и т.д.) для высокоточных оптико-электронных систем;
- адаптивных (меняющих спектральные и цветовые характеристики) источников освещения, используемых при цветовом анализе различных объектов.

Литература

1. Кириллов Е.А. Цветоведение: Учебное пособие для вузов. – М.: Легпромбытиздат, 1990. – 128 с.
2. Горбунова Е.В., Перетьягин В.С., Чертов А.Н. Организация освещения рабочей зоны оптико-электронных систем цветового анализа промышленного назначения // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2011. – № 3 (73). – С. 140.
3. Aleksandr N. Chertov, Elena V. Gorbunova, Valery V. Korotaev, Vladimir S. Peretyagin, Maria G. Serikova // Simulation of the multicomponent radiation source with the required irradiance and color distribution on the flat illuminated surface // Proc. SPIE. – 2012. – V. 8429. – P. 84290D.
4. 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.

УДК 544.023.223

КИНЕТИКА ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ АНИЛИНА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИНЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РОСТА НАНОСТРУКТУРЫ ПОЛИАНИЛИНА

А.В. Подшивалов, В.В. Зуев (Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики),

С.В. Бронников (Институт высокомолекулярных соединений РАН)

Научный руководитель – д.х.н., профессор В.В. Зуев

(Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики)

Кинетика реакции окислительной полимеризации анилина изучена методом электронной микроскопии с последующим статистическим анализом микрофотографий и аналитическим описанием гистограмм размера гранул. Установлены три стадии процесса: образование и рост первичных гранул; образование монослоя гранул и образование новых гранул на монослое, а также определены кинетические параметры этих стадий, такие как скорость реакции и скорость роста гранул.

Ключевые слова: полианилин, кинетика окислительной полимеризации, топохимическая реакция, морфология, статистический анализ, термодинамика необратимых процессов, скорость реакции.

Введение

Полианилин (ПАНИ) является одним из наиболее востребованных проводящих полимеров вследствие простоты его синтеза и экологической стабильности. В настоящее время ПАНИ применяется для изготовления многих высокотехнологичных устройств, включая электроды для точной электроники, химические датчики, электроды для светодиодов, конденсаторы и батареи [1]. Свойства этих устройств чувствительны к форме частиц ПАНИ и его молекулярной массе, которые задаются

условиями синтеза. В связи с этим исследование кинетики окислительной полимеризации анилина является необходимым условием для понимания свойств, морфологии и спектра применения ПАНИ.

Целью настоящей работы являлось изучение кинетики окислительной полимеризации анилина методом электронной микроскопии с применением статистического анализа и последующим аналитическим описанием гистограмм размера гранул ПАНИ с использованием модели агрегации [2], описывающей эволюцию микроструктуры в рамках термодинамики необратимых процессов. Модель была успешно применена ранее для описания ансамблей частиц минорной фазы в смеси полиэтилен низкой плотности/полиамид-6 (ПЭНП/ПА-6) с органически модифицированной глиной [3], ансамблей полиуретановых микрокапсул, содержащих каланговое масло [4], и многих других систем.

Экспериментальная часть

В настоящей работе реализован наиболее распространенный метод синтеза ПАНИ с использованием сильного окислителя (пероксисульфат аммония) и высокой концентрацией анилина при высоком уровне кислотности ($\text{pH} < 2,5$). Свежеприготовленный раствор сульфата анилина (0,2 М) и раствор пероксисульфата аммония (0,25 М) сливали в стеклянной чашке при температуре 20°C без перемешивания. Затем ПАНИ осаждали на предметных стеклах 3×2 см в виде пленки.

С использованием сканирующего электронного микроскопа Supra 55 VP (Carl Zeiss, Германия) были получены электронные микрофотографии, регистрирующие процесс полимеризации с течением времени. Полученные фотографии были подвергнуты сегментации и последующему статистическому анализу с использованием программного обеспечения UTHSCSA Image Tool 3.0, в результате чего были получены гистограммы размера гранул ПАНИ. Затем гистограммы были описаны с использованием алгоритма, построенного на основании уравнений модели агрегации [2].

В основе модели агрегации лежат принципы термодинамики необратимых процессов, используемые для описания эволюции микроструктуры, которая в каждый момент времени рассматривается как последовательность ограниченных квазиравновесных состояний. В рамках модели статистическое распределение размера гранул ПАНИ $h(s)$ имеет вид [2]:

$$h(s) = \sum_i^{i=N} a_i s_i^2 \exp\left(-\frac{s_i \Delta u_{0i}}{kT}\right), \quad (1)$$

где a_i – нормировочный параметр; s_i – площадь гранул в i -ом ансамбле; Δu_{0i} – энергия агрегации i -го ансамбля; T – абсолютная температура; N – количество статистических ансамблей; i – номер статистического ансамбля.

Использование уравнения (1) позволяет определить средний размер гранул $\langle s_i \rangle$ как нормированное математическое ожидание $M s_i$:

$$\langle s_i \rangle = M s_i = \frac{\int_0^{\infty} s_i h(s_i) ds}{\int_0^{\infty} h(s_i) ds} = \frac{3kT}{\Delta u_{0i}}. \quad (2)$$

Результаты и их обсуждение

На рис. 1 представлены микрофотографии гранул ПАНИ, осевших на предметном стекле в течение 8 мин реакции, и соответствующие им статистические распределения размера гранул, описанные с использованием уравнений модели агрегации [2].

Для описания статистических распределений, приведенных на рис. 1, б, г, успешно использована мономодальная версия уравнения модели агрегации (уравнение (1), $N=1$). Однако статистическое распределение на рис. 1, е, ($t=3$ мин) удалось адекватно описать уравнением (1) лишь при значении $N=2$, что говорит о наличии двух статистических ансамблей гранул на этой стадии полимеризации. На рис. 1, е, тонкие линии показывают индивидуальные распределения, а толстая линия показывает суммарное распределение. Статистические распределения на рис. 1, з, к, м, о, были успешно аналитически описаны с использованием мономодального уравнения (уравнение (1), $N=1$), что говорит о существовании лишь одного статистического ансамбля гранул в интервале 4–8 мин процесса полимеризации.

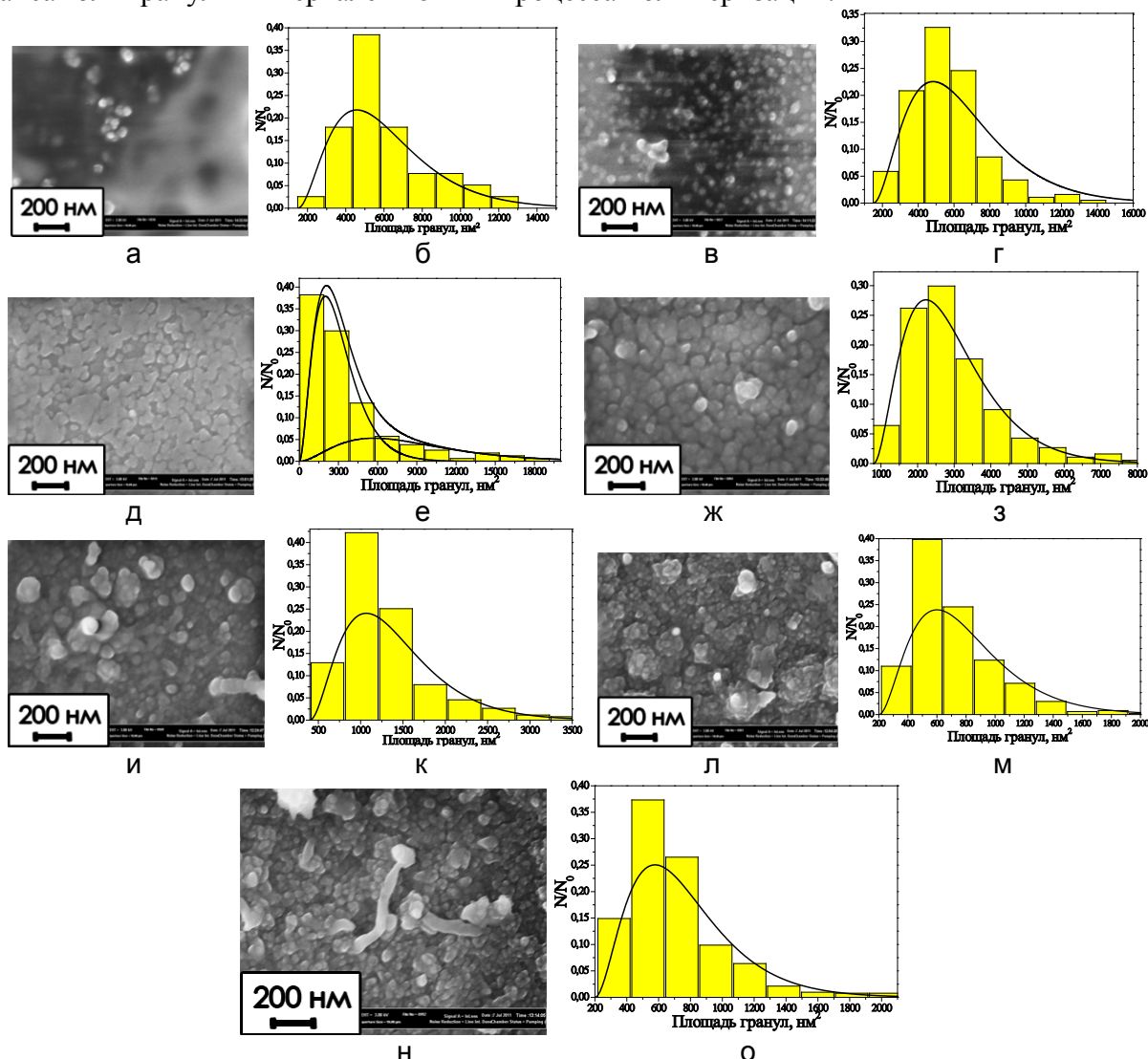


Рис. 1. Микрофотографии гранул ПАНИ (а, в, д, ж, и, л, н), осевших в течение 8 мин реакции окислительной полимеризации анилина и соответствующие им статистические распределения размера гранул ПАНИ (б, г, е, з, к, м, о), аналитически описанные с использованием уравнения (1)

Аналитическое описание гистограмм размера гранул ПАНИ и визуальный анализ микрофотографий показывают, что в начале реакции (1 мин) на предметном стекле

образуются первичные гранулы ПАНИ, далее количество и размер этих гранул увеличивается (2 мин) и, наконец, гранулы, достигнув максимального размера, образуют плотно упакованную гранулированную пленку или монослой ПАНИ (3 мин). Затем в промежутке времени 3–8 мин количество гранул сильно возрастает, а их размер уменьшается, что свидетельствует об образовании новых гранул непосредственно на монослое гранул, образовавшемся в течение первых 3 мин реакции. Обнаруженная закономерность отражается на зависимости среднего размера гранул от времени полимеризации (рис. 2).

Рис. 2 демонстрирует зависимость среднего размера гранул ПАНИ, вычисленного с использованием уравнения (2), от времени полимеризации. Эта зависимость показывает, что процесс окислительной полимеризации анилина состоит из трех стадий:

1. образование и рост первичных гранул (0–2 мин);
2. образование монослоя ПАНИ (2–3 мин);
3. образование новых гранул на монослое (3–8 мин).

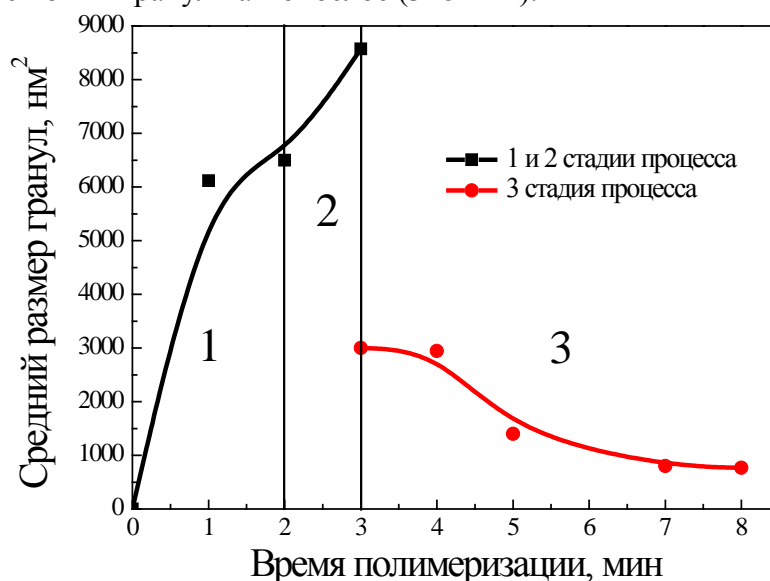


Рис. 2. Средний размер гранул ПАНИ в зависимости от времени полимеризации и топохимические стадии процесса

Обнаруженные закономерности свидетельствуют о топохимической природе реакции образования олигомеров анилина, которые, в свою очередь, становятся центрами инициации роста новых гранул ПАНИ (3–8 мин) на монослое, образовавшемся в промежутке 0–3 мин. Учитывая топохимическую природу реакции, становится возможным определить ее кинетические параметры [5]. Так, скорость роста гранулы сферической формы определяется как

$$\frac{dr}{dt} = \frac{M}{d} W_s, \quad (3)$$

где r – радиус растущей гранулы; t – время; M – молекулярный вес продукта; d – плотность; площадь растущей поверхности гранулы (полусфера) – как

$$S = 2\pi \left(\frac{M}{d} W_s \right)^2 t^2, \quad (4)$$

ее проекция на подложку – $S = \frac{4}{\pi} \langle s \rangle$, (5)

и, наконец, скорость реакции – уравнением

$$W = 2\pi \left(\frac{M}{d} \right)^2 t^2 W_s^3. \quad (6)$$

Результаты расчета кинетических параметров процесса с использованием уравнений (5) и (6) приведены в таблице.

Таблица. Кинетические параметры процесса окислительной полимеризации анилина

Время полимеризации, мин	Стадии процесса	Скорость роста гранул, моль/(нм ² ·с)	Скорость реакции, моль/с
1	1	0,0132	266,11
2		0,0067	133,05
3	2	0,0052	139,96
4	3	0,0091	83,34
5		0,0031	13,18
7		0,0012	3,06
8		0,0009	0,003

Из представленной таблицы видно, что скорость роста гранул ПАНИ на первой минуте процесса максимально высока, на второй стадии (3 мин) снижается более чем в два раза и на третьей стадии (4 мин) вновь незначительно возрастает. Скорость реакции также имеет максимальное значение на стадии образования первичных гранул в первую минуту реакции, медленно снижаясь к концу полимеризации.

Заключение

Изучена кинетика окислительной полимеризации анилина методом сканирующей электронной микроскопии с последующим статистическим анализом и кинетическим описанием с использованием уравнений модели обратимой агрегации. Установлено, что синтез ПАНИ данным методом может быть описан как топохимический процесс. Это позволило сделать вывод о существовании трех фаз процесса: образование и рост первичных гранул, образование монослоя ПАНИ и образование новых гранул на монослое, а также установить кинетические параметры этих стадий.

Литература

1. MacDiarmid Alan G. «Synthetic Metals»: A Novel Role for Organic Polymers (Nobel Lecture) // *Angew. Chem. Int. Ed.* – № 40. – 2001. – P. 2581–2601.
2. Kilian H.-G., Bronnikov S., Sukhanova T. Transformations of the micro-domain structure of polyimide films during thermally induced chemical conversion: characterization via thermodynamics of irreversible processes // *J. Phys. Chem. B.* – 2003. – V. 107. – № 49. – P. 13575–13582.
3. Подшивалов А.В., Зуев В.В., Бронников С.В. Термодинамический анализ процессов образования двухкомпонентных полимерных смесей // *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* – 2012. – № 3 (79). – С. 114–118.
4. Podshivalov A.V., Zuev V.V., Bronnikov S.V., Jiamrungraksa T., Charuchinda S. Synthesis and characterization of polyurethane-urea microcapsules containing galangal essential oil. The statistical analysis of encapsulation // *J. Microencapsul.* – 2013. – № 2 (30). – P. 198–203.
5. Розовский А.Я. Кинетика топохимических реакций. – М.: Химия, 1974. – 224 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ВОЛНОВОГО ПАКЕТА НА ПОВЕРХНОСТИ ЖИДКОСТИ

А.И. Попов

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор В.М. Уздин

В настоящей работе построены решения типа волнового вала для волн на поверхности океана. Мы предполагаем, что глубина океана есть медленно меняющаяся функция своих декартовых координат. Волновой вал представляет собой пакет коротких волн, сконцентрированный в окрестности некоторой движущейся линии (которая формирует фронт волны). В основе метода лежит представление решения в виде асимптотического пространственно-временного лучевого ряда, каждый член которого является формальным степенным рядом. Подобрано подходящее выражение для анзаца. Выведены уравнения для коэффициентов формальных степенных рядов, как для фазовых, так и для амплитудных членов. Доказана их разрешимость. Построено полное асимптотическое разложение решения типа волнового вала, движущегося с групповой скоростью по поверхности жидкости.

Ключевые слова: волновой вал, асимптотическое разложение, пространственно-временной лучевой метод.

Введение и постановка задачи

Исследование пространственно-локализованных волн – это один из наиболее интересных разделов волновой теории. Задача эта важна как для фундаментальных исследований, так и для разного рода приложений (от электронных устройств в электродинамике до создания конструкций в океане, устойчивых к воздействию волн). Впервые локализованные решения были разработаны в электродинамике. Однако для волн в океане задача так и осталась нерешенной. Цель настоящей работы – развитие асимптотических методов для волн, локализованных на поверхности тяжелой жидкости.

Рассмотрим волны на поверхности океана с медленно меняющейся глубиной и попробуем построить решения типа волнового вала. Для начала сформулируем задачу. Уравнения и краевые условия имеют следующий вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta\Phi = 0 \\ \left(\frac{\partial\Phi}{\partial z} + \frac{\partial H}{\partial x^1} \frac{\partial\Phi}{\partial x^1} + \frac{\partial H}{\partial x^2} \frac{\partial\Phi}{\partial x^2} \right) \Big|_{z=-H} = 0, \\ \left(\frac{\partial^2\Phi}{\partial t^2} + g \frac{\partial\Phi}{\partial z} \right) \Big|_{z=0} = 0 \end{array} \right. \quad (1)$$

Здесь $\vec{v} = -\text{grad}\Phi$; Φ – потенциал поля скоростей; $z = -H(\varepsilon x^1, \varepsilon x^2)$ – поверхность дна.

$$\left\{ \begin{array}{l} -H \leq z \leq 0 \\ -\infty < x^1, x^2 < \infty \end{array} \right. \quad (2)$$

Анализ пространственно-временного (ПВ) лучевого метода – это разложение вида:

We assume the following form of the ansatz (ε is small parameter characterizing the depth variation):

$$\Phi \sim e^{\frac{i\theta(\tau, \xi^1, \xi^2)}{\varepsilon}} \sum_{j=0}^{\infty} \Phi_j(\tau, \xi^1, \xi^2, z)(i\varepsilon)^j, \quad (3)$$

где $\tau = \varepsilon t$; $\xi^1 = \varepsilon x^1$; $\xi^2 = \varepsilon x^2$; ε – малый параметр задачи, характеризующий скорость изменения глубины океана.

Роль частоты и волнового вектора здесь играют

$$\omega = -\frac{\partial\theta}{\partial\tau} = -\frac{\partial}{\partial\tau}\left(\frac{\theta}{\varepsilon}\right); \quad \vec{k} = \left(\frac{\partial\theta}{\partial\xi^1}, \frac{\partial\theta}{\partial\xi^2}\right) = \nabla\left(\frac{\theta}{\varepsilon}\right); \quad \nabla = \left(\frac{\partial}{\partial x^1}, \frac{\partial}{\partial x^2}\right). \quad (4)$$

Подставляя анзац в уравнение Лапласа $\Delta\Phi = 0$ и приравнявая коэффициенты при одинаковых степенях ε , приходим к последовательности равенств:

$$L_0\Phi_0 = 0, \quad L_0\Phi_1 + L_1\Phi_0 = 0, \quad \dots, \quad L_0\Phi_j + L_1\Phi_{j-1} + L_2\Phi_{j-2} = 0, \quad (5)$$

здесь

$$L_0\Phi \equiv \frac{\partial^2\Phi}{\partial z^2} - k^2\Phi, \quad (6)$$

$$L_1\Phi = 2\nabla'\theta\nabla'\Phi + \Delta'\theta\Phi, \quad L_2\Phi = -\Delta'\Phi, \quad (7)$$

$$\nabla' = \left(\frac{\partial}{\partial\xi_1}, \frac{\partial}{\partial\xi_2}\right), \quad \Delta' = \frac{\partial^2}{\partial\xi_1^2} + \frac{\partial^2}{\partial\xi_2^2}, \quad k^2 = \left(\frac{\partial\theta}{\partial\xi_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial\theta}{\partial\xi_2}\right)^2. \quad (8)$$

Краевые условия из (1) приводят к соотношениям:

$$\left(g\frac{\partial\Phi_j}{\partial z} - \omega^2\Phi_j + \frac{\partial^2\theta}{\partial\tau^2}\Phi_{j-1} + 2\frac{\partial\theta}{\partial\tau}\frac{\partial\Phi_{j-1}}{\partial\tau} - \frac{\partial^2\Phi_{j-2}}{\partial\tau^2}\right)\Bigg|_{z=0} = 0, \quad (9)$$

$$\left(\frac{\partial\Phi_j}{\partial z} + \nabla'H\nabla'\theta \cdot \Phi_{j-1} - \nabla'H\nabla'\Phi_{j-2}\right)\Bigg|_{z=-H} = 0, \quad (10)$$

$$j = 0, 1, 2, \dots, \quad \Phi_{-1} = \Phi_{-2} \equiv 0.$$

При $j = 0$ мы получим необычную спектральную задачу, где роль собственного числа играет ω^2 и входит это собственное число в краевое условие:

$$\frac{\partial^2\Phi_0}{\partial z^2} - k^2\Phi_0 = 0, \quad \left(g\frac{\partial\Phi_0}{\partial z} - \omega^2\Phi_0\right)\Bigg|_{z=0} = 0, \quad \frac{\partial\Phi_0}{\partial z}\Bigg|_{z=-H} = 0. \quad (11)$$

Отсюда нетрудно получить, что:

$$\Phi_0 = A_0(\tau, \xi^1, \xi^2) \cdot \text{ch}[k(z+H)], \quad \omega^2 = gk \cdot \text{th}(kH), \quad k = \sqrt{\theta_{\xi^1}^2 + \theta_{\xi^2}^2}. \quad (12)$$

Замечание. На данном этапе коэффициент A_0 остается неизвестным. Он будет определен позже.

Таким образом, дисперсионное соотношение имеет вид:

$$\omega = \omega(k) = \sqrt{g} \sqrt{\text{th}(kH)}, \quad \text{where } \vec{k} = (k_1, k_2) = (\theta_{\xi^1}, \theta_{\xi^2}). \quad (13)$$

Используя равенство $\omega = -\frac{\partial\theta}{\partial\tau}$, дисперсионному соотношению можно придать вид

классического уравнения Гамильтона–Якоби:

$$\frac{\partial\theta}{\partial\tau} + H(\xi^1, \xi^2, \theta_{\xi^1}, \theta_{\xi^2}) = 0, \quad H = \sqrt{g} \sqrt{k \cdot \text{th}(kH)}. \quad (14)$$

Каноническая система для уравнения Гамильтона–Якоби имеет вид:

$$\frac{d\tau}{ds} = 1, \quad \frac{d\xi^i}{ds} = \frac{\partial H}{\partial\theta_{\xi^i}}, \quad \frac{d\theta_{\xi^i}}{ds} = 0, \quad \frac{d\theta_{\xi^i}}{ds} = -\frac{\partial H}{\partial\xi^i}, \quad \frac{d\theta}{ds} = -H + \theta_{\xi^i} \frac{\partial H}{\partial\theta_{\xi^i}}. \quad (15)$$

Решение этой системы $\xi^i = \xi^i(s)$ задает ПВ-луч.

$$\Phi_0 = A_0(\tau, \xi^1, \xi^2) \cdot \text{ch}[k(z+H)], \quad \omega^2 = gk \cdot \text{th}(kH), \quad k = \sqrt{\theta_{\xi^1}^2 + \theta_{\xi^2}^2}.$$

Построение θ

Для дальнейших построений будет удобно ввести новые координаты τ, s^1, s^2 (рисунок). Здесь l_1 – опорная кривая, l_2 – ПВ-луч. P – фиксированная точка на кривой l_1 . s^1 – длина дуги опорной кривой между точками P и P_1 . $s^2 = |M_1M_2|$, $\tau = |M_1M|$.

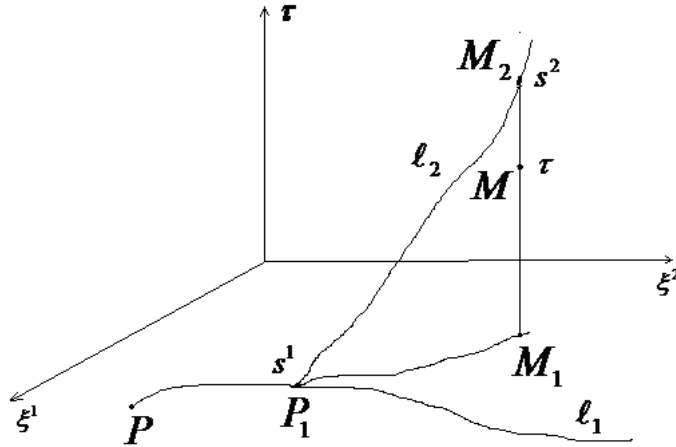


Рисунок. Новые координаты

Координата s^2 задает точки на ПВ-луче; $s^2 - \tau$ определяет отклонение по оси времени данной точки от ПВ-луча. Уравнение ПВ-луча:

$$\begin{cases} s^1 = \text{const} \\ s^2 = \tau \end{cases} \quad (16)$$

Для дальнейших построений будет удобно ввести модифицированные координаты τ, η^1, η^2 :

$$\eta^1 = s^1, \quad \eta^2 = s^2 - \tau. \quad (17)$$

Мы ищем формальное решение системы (1) типа волнового вала, т.е. решение, сосредоточенное в окрестности некоторой поверхности $\eta^2 = 0$ и экспоненциально убывающее при удалении от нее. Указанное решение сосредоточено вблизи некоторой линии, каждая точка которой движется вдоль соответствующего луча. Уравнение Гамильтона–Якоби в координатах τ, η^1, η^2 имеет следующий вид:

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} - \frac{\partial \theta}{\partial \eta^2} + H(\eta^1, \eta^2, \theta_{\eta^1}, \theta_{\eta^2}) = 0. \quad (18)$$

Для удобства записи Гамильтониан в новых координатах будем обозначать той же буквой H . Ищем θ в виде формального степенного ряда по η^2 :

$$\theta = \theta^{(0)} + \theta^{(1)} + \theta^{(2)} + \dots, \quad (19)$$

где $\theta^{(0)} = \theta^0(\eta^1, \tau)$, $\theta^{(1)} = \theta^1(\eta^1, \tau)\eta^2$, $\theta^{(2)} = \theta^2(\eta^1, \tau)(\eta^2)^2$, $\dots, \theta^{(l)} = \theta^l(\eta^1, \tau)(\eta^2)^l$.

Подставляя ряды для θ и $H(\eta^1, \eta^2, \theta_{\eta^1}, \theta_{\eta^2})$ в (18) и приравнивая коэффициенты при одинаковых степенях η^2 , приходим к рекуррентной системе уравнений для θ^l . Решение этой системы даст нам выражение для θ .

Построение Φ_j

Все Φ_j ищем в виде формальных степенных рядов по η^2 . Последовательно определяем Φ_j , $j = 0, 1, 2, \dots$, из (5). Ряд для Φ_0 имеет ту же форму, как и ранее в (12),

где коэффициент $A_0 = A_0(\tau, \eta^1, \eta^2)$ находится из условия разрешимости задачи для Φ_1 . Нам потребуется известная теорема о разрешимости неоднородной задачи Штурма–Лиувилля. Теорема сохраняет свой вид в случае, если решение ищется в случае формального степенного ряда.

Теорема 1.

Рассмотрим однородную задачу Штурма–Лиувилля:

$$\begin{cases} Ly = (p(x)y')' - q(x)y = 0 \\ l_0 y = (\alpha_0 y + \alpha_1 y')|_{x=x_0} = 0, \\ l_1 y = (\beta_0 y + \beta_1 y')|_{x=x_1} = 0 \end{cases} \quad (20)$$

где $p(x) > 0$, $\text{Im } q = 0$, α_j, β_j ($j = 0, 1$) – вещественные числа; $p(x), q(x)$ – формальные степенные ряды (ФСР).

Пусть существует решение в виде ФСР $y_0, y_0 \neq 0$. Тогда необходимое и достаточное условие существования решения в виде ФСР неоднородной задачи Штурма–Лиувилля

$$\begin{cases} Ly = -F \\ l_0 y = A \\ l_1 y = B \end{cases}$$

таково:

$$p(x_1) \frac{B}{\beta_1} y_0 \Big|_{x=x_1} - p(x_0) \frac{A}{\alpha_1} y_0 \Big|_{x=x_0} = - \int_{x_0}^{x_1} F(x) y_0(x) dx. \quad (21)$$

Здесь $F(x), A, B$ – ФСР.

Условие разрешимости (21) для Φ_1 может быть переписано в следующей форме:

$$\text{div } \bar{A} = 0. \quad (22)$$

Здесь $\bar{A} = (\langle \varepsilon \rangle, v_{gr_1} \langle \varepsilon \rangle, v_{gr_2} \langle \varepsilon \rangle)$, где $\langle \varepsilon \rangle = \frac{1}{g} \left(-\frac{\partial \theta}{\partial \tau} \right) \Phi_0^2$, $v_{gr_i} \langle \varepsilon \rangle = \int_{-H}^0 \Phi_0^2 dz \cdot \frac{\partial \theta}{\partial \xi^i}$, $i = 1, 2$.

Где $\langle \varepsilon \rangle$ – обозначена поверхностная плотность энергии, v_{gr} – групповая скорость.

Введем некоторые понятия, необходимые для формулировки теоремы о неявной функции для формальных степенных рядов.

Предварительные сведения

Рассмотрим $r + s$ формальных степенных рядов:

$$\sum_{|\alpha|=0}^{\infty} A_{\alpha}^j(x) y^{\alpha} = a^{(j)}, \quad j = 1, 2, \dots, r. \quad (23)$$

$$\sum_{|\alpha|=1}^{\infty} A_{\alpha}^j(x) y^{\alpha} = b^{(j-r)}, \quad j = r+1, r+2, \dots, r+s. \quad (24)$$

$$\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_s), \quad (25)$$

$$|\alpha| = \alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_s, \quad \alpha_i \in \square_+. \quad (26)$$

Коэффициенты $A_{\alpha}^j \in C_{loc}^{\infty}(\Omega)$, $\Omega \subset \square^r$.

Переменные $x = (x^1, x^2, \dots, x^r)$ будем называть конечными переменными, $y = (y^1, y^2, \dots, y^s)$ – малыми переменными.

Пусть x and y – формальные степенные ряды:

$$x^{(j)} = \sum_{|\alpha|=0}^{\infty} B_{\alpha}^j(a) b^{\alpha}, \quad j=1,2,\dots,r, \quad (27)$$

$$y^{(j-r)} = \sum_{|\alpha|=1}^{\infty} B_{\alpha}^j(a) b^{\alpha}, \quad j=r+1,r+2,\dots,r+s, \quad (28)$$

где $B_{\alpha}^j(a) \in C^{\infty}(\Omega_1)$ ($\Omega_1 \subset \square^r$) – функции, причем область значений $B_{(0,0,\dots,0)}^j(a) \in \Omega$; $a = (a^{(1)}, a^{(2)}, \dots, a^{(r)})$ – конечные переменные; $b = (b^{(1)}, b^{(2)}, \dots, b^{(s)})$ – малые переменные.

Тогда $x^{(j)}$ и $y^{(j)}$, даваемые формулами (27), (28), можно подставлять в ряды (23), (24). При подстановке формальных степенных рядов для $x^{(j)}$ и $y^{(j)}$, функции $A_{\alpha}^j(x)$ меняются рядами Тейлора–Маклорена. Сходимость не предполагается.

Определение.

Обращение рядов (23), (24) – это нахождение таких рядов (27), (28), что при их подстановке в (23), (24) получится:

$$\sum_{|\alpha|=0}^{\infty} A_{\alpha}^j(x) y^{\alpha} = a^{(j)}, \quad j=1,2,\dots,r.$$

$$\sum_{|\alpha|=1}^{\infty} A_{\alpha}^j(x) y^{\alpha} = b^{(j-r)}, \quad j=r+1,r+2,\dots,r+s.$$

Теорема 2.

Рассмотрим ряды:

$$\sum_{|\alpha|=0}^{\infty} A_{\alpha}^j(x) y^{\alpha} = a^{(j)}, \quad j=1,2,\dots,r. \quad (29)$$

$$\sum_{|\alpha|=1}^{\infty} A_{\alpha}^j(x) y^{\alpha} = b^{(j-r)}, \quad j=r+1,r+2,\dots,r+s. \quad (30)$$

$$A_{\alpha}^j \in C_{loc}^{\infty}(\Omega), \quad \Omega \subset \square^r.$$

Пусть определитель

$$J = \frac{D(A_{(0,\dots,0)}^1(x), \dots, A_{(0,\dots,0)}^r, A_{(1,0,\dots,0)}^{r+1} \cdot y^{(1)}, \dots, A_{(0,\dots,0,1)}^{r+s} \cdot y^{(s)})}{D(x^{(1)}, \dots, x^{(r)}, y^{(1)}, \dots, y^{(s)})} \Bigg|_{x^{(j)}=x_0^{(j)}, y^{(j)}=0} \neq 0, \quad (31)$$

где

$$x_0^{(j)} = x^{(j)} \Big|_{b^{(1)}=0, b^{(2)}=0, \dots, b^{(s)}=0}. \quad (32)$$

Тогда можно обратить ряды (29), (30).

Вернемся к нашей задаче. Используя Теорему 2, можно переписать уравнение (22) в новых координатах (τ, η^1, η^2) . Уравнение существенно упростится:

$$\frac{1}{J} \frac{\partial}{\partial \tau} (\langle \varepsilon \rangle J) = 0, \quad J = \frac{D(\tau, \xi_5^1, \xi_5^2)}{D(\tau, \eta^1, \eta^2)}. \quad (33)$$

Это позволит нам найти A_0 :

$$A_0(\tau, \eta^1, \eta^2) = \sqrt{\frac{g(\langle \varepsilon \rangle J) \Big|_{\tau=0}}{-\frac{\partial \theta}{\partial \tau} \cdot J \Big|_{z=0}}} \cdot \frac{1}{\cosh(kH)}. \quad (34)$$

Таким образом, мы определили A_0 , а, следовательно, и Φ_0 тоже, из условия разрешимости задачи для Φ_1 . Аналогично, Φ_j определяется из условия разрешимости задачи для Φ_{j+1} .

Итак, построено полное асимптотическое разложение решения типа волнового вала. С одной стороны, это точный математический результат, с другой – это может иметь также и прикладное значение для описания реальных океанических волн.

Литература

1. Babich V.M., Popov A.I. An asymptotic solution of the Hamilton-Jacobi equation concentrated near a surface // Journal of Mathematical Sciences, Springer Science. – 2012. – V. 185. – № 4. – P. 523–525.
2. Babich V.M., Popov A.I. Quasiphotons of waves on the surface of a heavy liquid // Journal of Mathematical Sciences, Springer Science. – 2011. – V. 173. – № 3. – P. 243–253.
3. Бабич В.М., Булдырев В.С., Молотков И.А. Пространственно-временной лучевой метод: линейные и нелинейные волны. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1985. – 272 с.
4. Bochner S., Martin W.T. Several complex variables. – Princeton, Princeton Univ. Press, 1948. – 216 p.

УДК 544.032:67.01

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ МИКРОФЛЮИДНЫХ ЧИПОВ ДЛЯ ПОЛИМЕРАЗНОЙ ЦЕПНОЙ РЕАКЦИИ

Я.С. Посмитная

Научный руководитель – д.т.н., доцент А.А. Евстрапов

Целью данных исследований является разработка и изготовление прототипа гибридного (стеклянно-полимерного) микрофлюидного чипа для полимеразной цепной реакции в жидкой среде. Для получения мастер-форм применялись методы лазерной литографии и кислотного травления, а для формирования микроразмерных структур в полимере – метод «мягкой» литографии. Актуальной задачей является исследование методов модификации поверхностей, позволяющих создавать герметичные конструкции чипов, выдерживающие температурные режимы, необходимые для проведения реакции. Перспективой развития подобного устройства является возможность создания чипа с множеством реакционных камер малого объема для реализации метода цифровой полимеразной цепной реакции.

Ключевые слова: полимеразная цепная реакция, гибридный микрофлюидный чип, модификация поверхности, метод лежащей капли, герметизация реакционной камеры.

Введение

Проводимая в настоящее время научная работа затрагивает такие актуальные направления исследований, как развитие методов молекулярной диагностики, микрочиповых технологий и др. Одной из тенденций совершенствования приборных методов для медицинской диагностики является адаптация метода полимеразной цепной реакции (ПЦР) для микрофлюидных чипов (МФЧ). Благодаря этому становится возможным реализовать амплификацию фрагментов нуклеиновых кислот с последующим детектированием результатов реакции на миниатюрной платформе, при этом значительно уменьшив расход пробы и дорогостоящих реагентов и существенно сократив время анализа. В связи с этим целью исследований являлись разработка и изготовление прототипа гибридного (стеклянно-полимерного) МФЧ для полимеразной

цепной реакции в жидкой среде. В процессе создания аналитического МФЧ решались следующие задачи: разработка топологии и конструкции микрочипа; выбор материалов; определение технологий формирования функциональных структур микрочипа; изготовление микроразмерных структур и элементов на подложке и их контроль; изучение способов эффективной обработки и модификации поверхности; герметизация полученных структур; контроль и испытание микрочипа, как готового изделия.

Конструкции микрочипов для ПЦР по принципу движения пробы в реакционной камере разделяются на проточные и стационарные. В микрочипах с проточными камерами амплификация происходит во время транспортировки реакционной смеси по микроканалам, в этом случае нагрев смеси осуществляется в потоке. Однако подобная конструкция чипов имеет ряд недостатков: образование пузырьков воздуха в каналах; размытие образца; сложность контроля скорости перемещения и создания условий для стабильной реакции [1]. Альтернативой проточных МФЧ является использование ПЦР-чипов, содержащих миниатюрные стационарные реакционные камеры. Такие чипы можно разделить на однокамерные, мультикамерные и чипы с «виртуальными» камерами. В последней конструкции применяется гидрофобная-олеофобная поверхность, на которой размещается капля масла, выступающая в качестве своеобразной «виртуальной» реакционной камеры, содержащей внутри себя каплю ПЦР-смеси [2]. Принимая во внимание специфику проведения полимеразной цепной реакции, а также приборные особенности была выбрана двухкамерная топология: в одну реакционную камеру загружается исследуемая проба, вторая камера требуется для осуществления отрицательного контроля.

Традиционными материалами для микрочипового производства являются кремний, кварц и стекло, так как для них хорошо отработаны технологии изготовления микроразмерных структур. В настоящее время наметилась устойчивая тенденция использования полимерных материалов, таких как полидиметилсилоксан (ПДМС), поликарбонат (ПК), полиметилметакрилат (ПММА), и т.д. [3], благодаря низкой себестоимости и относительно низкой стоимости изделий при массовом производстве, что позволяет создавать одноразовые чипы и применять данные материалы в конструкциях аналитических микрофлюидных устройств (МФУ). Для изготовления чипов были выбраны материалы: стекло марки Крон 8 (К8) (ГОСТ 3514-76, Россия), полидиметилсилоксан марки Sylgard® 184 (Dow Corning Corporation, США).

Методы изготовления микроразмерных структур зависят от применяемого материала и, как правило, связаны с активным воздействием на поверхность материала, что приводит к изменению поверхностных свойств. Это следует учитывать при создании МФЧ. Применяются следующие методы изготовления микроструктур на подложке:

1. литография (в том числе фотолитография и травление; ультрафиолетовая, рентгеновская, ионная литография, ионно-реактивное травление и др.) [4];
2. лазерная механическая обработка [5];
3. получение отпечатков с помощью мастер-форм: горячее тиснение, литье под давлением, «мягкая» литография (soft lithography) [6];
4. LIGA-технологии (литография, гальваника, импринтинг) [7] и пр.

Для получения мастер-форм применялись методы лазерной литографии и кислотного травления, а для формирования микроразмерных структур в полимере – метод «мягкой» литографии.

Модификация поверхности функциональных элементов в МФУ является одним из наиболее важных этапов в процессе изготовления устройства. К наиболее общим задачам, решаемым при модификации поверхности, следует отнести: блокирование неспецифического связывания белков, управление смачиванием поверхности [8],

крепление (пришивка) к поверхности функциональных молекул [9] или создание полимерных слоев [10].

ПДМС имеет высокую адгезию к стеклу и кремнию, поэтому обратимая герметизация микроструктур в этом полимере может осуществляться при помощи ван-дер-ваальсовых сил, путем прикрепления к подложке. Однако такой способ связывания не рассчитан на воздействие высоких температур, применяемых при проведении ПЦР, и может быть использован для создания микрофлюидных устройств, в каналах которого не требуется высокое давление. Необратимая герметизация может быть достигнута при обработке в среде кислородной плазмы или после химической модификации поверхности при связывании ПДМС со стеклянными пластинами, кремнием, полистиролом, при этом прочность соединения выдерживает давление до 200 кПа. В работе исследованы способы физической и химической модификации поверхностей полимерных и стеклянных материалов.

Исследование физических и химических методов обработки материалов и способов их герметизации

В качестве физических методов обработки поверхности были выбраны: плазменная обработка материалов, которая проводилась на вакуумной напылительной установке SPI Module Sputter/Carbon Coater (Structure Probe, Inc., США) в аргонной среде; воздействие ультрафиолетовым (УФ) излучением на образцы, которое осуществлялось при помощи УФ ртутной лампы 50 Вт (OSRAM GmbH, Германия) со спектральным диапазоном 220–450 нм.

Результаты воздействия различных методов обработки на поверхность образцов контролировались методом лежащей капли при измерении контактного угла с помощью экспериментальной установки на базе оптического микроскопа PrimaExpert (ЛОМО, Россия). Проводилось по 6–8 измерений контактного угла для каждого образца, объем капли 20 мкл.

Обработка плазмой в течение 30 с поверхности стекла К8 (исходное значение контактного угла θ составляет $47 \pm 2^\circ$) приводит к увеличению угла смачивания ($72 \pm 2^\circ$). В случае с ПДМС, напротив, поверхность приобретает гидрофильные свойства: значение угла меняется с $107 \pm 1^\circ$ на около 42° . В последнем случае удалось получить приблизительную оценку, так как капля при нанесении на поверхность имеет неправильную форму. После обработки ПДМС в течение 2 мин, поверхность приобретает супергидрофильные свойства ($\theta \rightarrow 0^\circ$).

Воздействие УФ излучением в течение 1,5 ч на поверхность ПДМС практически не приводит к изменению свойств смачивания (значение угла после обработки составляет $104 \pm 2^\circ$).

Был проведен ряд экспериментов по изучению возможности изменения свойств поверхности ПДМС различными методами химической обработки: выдерживанием в растворах соляной кислоты, «пираньи» ($\text{H}_2\text{SO}_4:\text{H}_2\text{O}_2$) с различными соотношениями щелочи NaOH. Кроме того, изучалось влияние соотношения компонентов ПДМС (основа:отвердитель 10:1, 3:1) на свойства поверхности при кипячении в воде, а также исследовалась модификация полимера путем введения в состав исходной смеси избыточного количества одного из компонентов отвердителя. Наиболее эффективным способом обработки согласно табл. 1 с точки зрения наибольшего изменения свойств и оптимального времени воздействия является выдерживание образца полимера в растворе «пиранья» с соотношением 3:1 в течение 1 мин. Экспериментально было установлено, что обработка в указанном растворе более длительное время приводит к тому, что поверхность полимера становится матовой.

Таблица 1. Изменение контактного угла ПДМС (соотношение основа:отвердитель 10:1) в зависимости от способов и времени обработки

Метод обработки	Время обработки	Контактный угол, °
Исходный образец	–	107±1
Раствор «пиранья» H ₂ SO ₄ (конц):H ₂ O ₂ (30%) (3:2)	1 ч	91±3
Раствор «пиранья» H ₂ SO ₄ (конц):H ₂ O ₂ (30%) (3:2)	18 ч	88±2
Раствор «пиранья» H ₂ SO ₄ (конц):H ₂ O ₂ (30%) (3:1)	1 мин	93±1
Раствор H ₂ O:H ₂ O ₂ :HCl (3:3:1)	10 мин	103±2
	40 мин	100±1
1M NaOH	18 ч	108±2

Учитывая ранее полученные результаты, были проведены исследования по изучению влияния времени обработки раствором «пиранья» H₂SO₄(конц):H₂O₂(30%) (3:2) в течение 10, 20, 30 и 40 мин на величину контактного угла. Также была проведена серия экспериментов, включающих выдерживание образцов в растворе «пиранья» с последующей обработкой 1 M раствором щелочи KOH в течение равных промежутков времени. Полученные результаты свидетельствуют о том, что существенное изменение свойств поверхности происходит при кратковременной (в течение 10 мин) обработке полимера раствором «пиранья». Последующее выдерживание в растворе щелочи после обработки «пираньей» не приводит к значительному изменению свойств поверхности, хотя контактный угол уменьшается на 7° при обработке в течение 30 мин (при этом общее время обработки составило 1 ч).

В работе [11] предложен способ увеличения гидрофильности поверхности отвержденного ПДМС путем его обработки кипящей водой от 30 мин до 2 ч. Авторы считают, что в реакции участвуют избыточные Si-H группы, присутствующие на поверхности полимера. Идея этих авторов и полученные ими результаты явились отправной точкой для исследований. Стоит отметить, что авторами не было рассмотрено изменение контактного угла после кипячения образцов с соотношением основа:отвердитель 3:1 и эти результаты получены впервые (табл. 2).

Таблица 2. Изменение контактного угла поверхности ПДМС с различными соотношениями основы к отвердителю в зависимости от времени кипячения в воде

Соотношение основа:отвердитель	Контактный угол, °				
	Исходный образец	Время кипячения, ч			
		0,5	1	1,5	2
10:1	107±1	104±2	106±1	103±2	105±2
3:1	102±1	96±1	92±1	93±1	94±1

Согласно полученным результатам в случае стандартного соотношения основа:отвердитель 10:1 для ПДМС не наблюдается существенного изменения свойств поверхности. Возможной причиной этого является неполная полимеризация материала. Исходя из этого, были проведены исследования по изучению влияния кипячения на величину контактного угла для соотношения основа:отвердитель 3:1. После 1 ч кипячения для данного соотношения наблюдалось снижение угла смачивания на 10°.

Для увеличения концентрации водород-содержащих (гидридных) групп на поверхности отвержденного ПДМС было предложено ввести в состав исходной смеси избыточное количество одного из компонентов отвердителя, декларированного

производителем, содержащего 50% (моль) гидридных групп – гидросилоксана и провести реакцию гидролиза в кипящей воде.

Для экспериментов были изготовлены образцы пленок ПДМС с добавками 5% (масс.) и 10% (масс.) гидросилоксана (ГС) по отношению к массе основы. Соотношение основы и отвердителя составляло 10:1 (по массе). Известно, что в случае мономерных соединений для возникновения реакции достаточно присутствия следов щелочи. Потому в качестве катализатора при кипячении в воду было добавлено небольшое количество щелочи (50 мкл КОН на 250 мл воды). Результаты измерений представлены в табл. 3.

Таблица 3. Изменение контактного угла ПДМС и его модификаций в зависимости от способа обработки

Состав образца	Способ обработки	Контактный угол, °
исходный состав	–	103±1
исх. сост. + 5% ГС	–	101±2
исх. сост. + 5% ГС	кипячение, 1 ч	102±1
исх. сост. + 10% ГС	–	96±1
исх. сост. +10% ГС	кипячение, 1 ч	104±2

В данном случае изучались пленки ПДМС другой партии, поэтому значение исходного контактного угла отличается от приведенного ранее. Из полученных данных следует, что добавление 10% ГС в состав ПДМС приводит к уменьшению контактного угла на 7°, при этом стадию кипячения следует исключить, так как поверхность приобретает исходные свойства.

С целью получения необратимого герметичного соединения необходимо также обрабатывать поверхность стекла. Влияние способа обработки на шероховатость и неоднородность поверхности стекла марки К8 изучалось при измерении необработанной и обработанной поверхностей методом микроскопии поперечных сил (зондовая нанолaborатория NTEGRA Solaris, (НТ-МДТ, Россия)). Исследования показывают, что наиболее существенное изменение шероховатости наблюдается после обработки раствором «пиранья» H_2SO_4 (конц): H_2O_2 (30%) (3:1) в течение 10 мин, средняя шероховатость $Ra=2,6$ нм, тогда как для необработанного образца $Ra=0,5$ нм. При этом происходит травление поверхности стекла (кислота взаимодействует с оксидами металлов, входящими в состав стекла, что приводит к образованию солей). После данной обработки поверхность приобретает супергидрофильные свойства ($\theta \rightarrow 0^\circ$). При выдерживании образца в растворе щелочи 0,5М NaOH в течение 12 ч также происходит изменение рельефа поверхности ($Ra=1,0$ нм) за счет выщелачивания стекла. Исследования контактного угла смачивания после обработки образцов стекла растворами щелочей были проведены в работе [12].

В процессе изготовления микрочипов в ПДМС методом «мягкой» литографии были сформированы микроразмерные реакционные камеры глубиной 50 мкм. Конструкция прототипа МФЧ (рис. 1) представила собой герметично соединенную стеклянную пластину толщиной 1 мм с пленкой ПДМС аналогичной толщины. Общий объем загружаемой в чип пробы составил около 1 мкл.

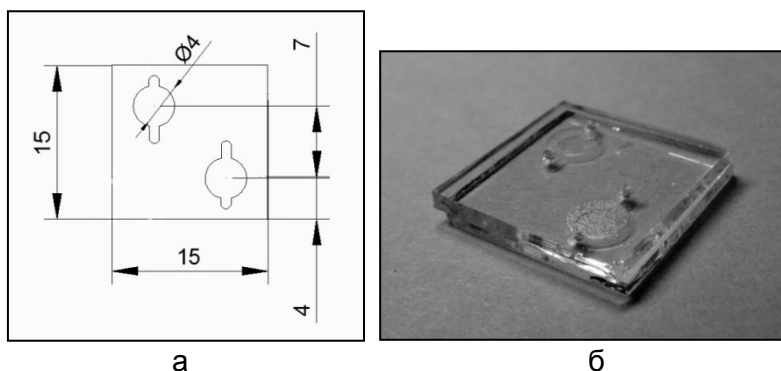


Рис. 1. Гибридный МФЧ с двумя реакционными камерами: эскиз топологии, размеры приведены в мм (а); изображение прототипа (б)

Для создания герметичного соединения между стеклянной подложкой и полидиметилсилоксановым отпечатком были выбраны химические и физические методы. Контроль герметичности прототипов до и после термоциклирования проводился на конфокальном лазерном сканирующем микроскопе Leica TCS SL (Leica Microsystems CMS GmbH, Германия).

1. Обработка в растворе «пирания» $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}): \text{H}_2\text{O}_2(30\%)$ в соотношении 3:1. Выдерживание стекла в этом растворе в течение 10 мин приводит к тому, что поверхность материала становится супергидрофильной. Для ПДМС время обработки было выбрано экспериментально и составило 1 мин, так как при дальнейшем выдерживании поверхность становилась матовой. После обработки пластины обоих материалов промывались в воде, высушивались и соединялись, далее выдерживались 12 ч при комнатной температуре. Затем проводилось заполнение реакционных камер раствором флуоресцеина $C=10^{-4}$ М и выполнялся контроль герметичности до и после термоциклирования (циклический нагрев и охлаждение МФЧ от 60 до 97°C в течение 15 циклов). Термоциклирование проводилось на устройстве Swift MaxPro Thermal Cyclers (ESCO Healthcare MicroPte Ltd., Сингапур). Полученные изображения приведены на рис. 2.

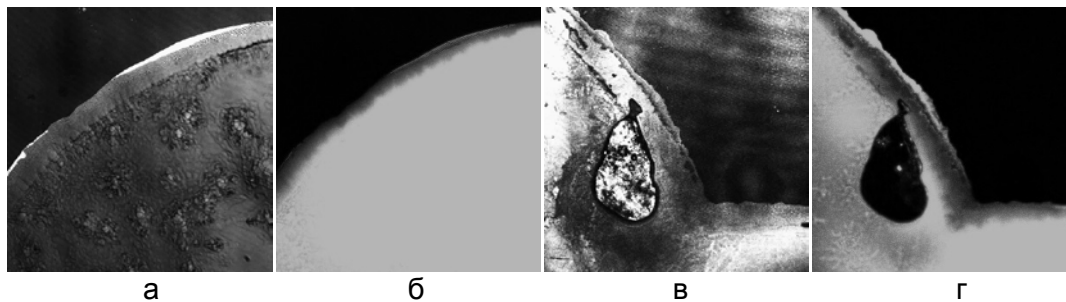


Рис. 2. Изображения границы реакционной камеры в режиме отраженного света (а, в) и флуоресценции (б, г) после обработки раствором «пирания» до процесса термоциклирования (а, б) и после (в, г). Размеры кадров 1,2×1,2 мм

2. Плазменная обработка в течение 2 мин в среде аргона. При данной модификации ПДМС, поверхность приобретала супергидрофильные свойства. Выполнялись аналогичные действия, описанные в п. 1 для контроля герметичности. Полученные изображения приведены на рис. 3.

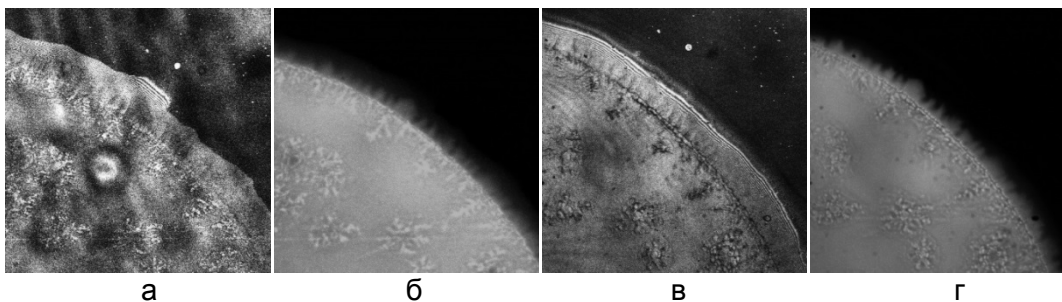


Рис. 3. Изображения границы реакционной камеры в режиме отраженного света (а, в) и флуоресценции (б, г) после плазменной обработки до процесса термоциклирования (а, б) и после (в, г). Размеры кадров 1,2×1,2 мм

Данные результаты позволяют сделать вывод о том, что предложенные методы обработки дают возможность получить герметичное соединение, которое сохраняется после воздействия циклически меняющихся температур, что подтверждается изображениями флуоресценции, наблюдаемой только в области заполненной реакционной камеры.

Заключение

Показана перспективность применения ПДМС Sylgard 184 для создания реакционных камер МФЧ методами быстрого прототипирования.

Проведены экспериментальные исследования по изучению возможности изменения свойств поверхности ПДМС различными методами физической (воздействие УФ излучением, плазменная обработка) и химической обработки (в растворах соляной и серной кислот). Кроме того, подтверждено, что введение в состав исходной смеси избыточного количества одного из компонентов отвердителя – гидросилоксана (10%) позволяет изменить величину контактного угла. Наиболее существенное изменение контактного угла наблюдается при обработке ПДМС в растворе «пиранья» $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}):\text{H}_2\text{O}_2(30\%)$ в соотношении 3:1 в течение 1 мин.

Исследования по изучению влияния соотношения основа-отвердитель на изменение контактного угла после кипячения образца ПДМС показали, что наиболее существенное изменение наблюдается для образца ПДМС (соотношение основа:отвердитель 3:1) при кипячении в течение 1 ч. Такие методы обработки, как выдерживание в растворе «пиранья» и плазменное воздействие дают возможность получить герметичное соединение, которое сохраняется после воздействия циклически меняющихся температур.

Показано, что сочетание используемых методов изготовления микроструктур, способов обработки и герметизации позволило оперативно создать прототипы гибридных микрофлюидных чипов для полимеразной цепной реакции в жидкой среде.

Перспективой развития подобной методики изготовления МФЧ является создание устройств для методов высокочувствительной молекулярной диагностики, в том числе цифровой ПЦР.

Литература

1. Рудницкая Г.Е., Евстапов А.А. Микрочиповые устройства для полимеразной цепной реакции. Ч. 1. Основные принципы ПЦР, конструкция и материалы микрочипов (обзор) // Научное приборостроение. – 2008. – Т. 18. – № 3. – С. 3–20.
2. Neuzil P., Pipper J., Hsieh T.M. Disposable real-time microPCR device: lab-on-a-chip at a low cost // Mol Biosyst. – 2006. – V. 2. – № 6–7. – P. 292–298.

3. Song S., Lee K.Y. Polymers for Microfluidic Chips // *Macromolecular Research*. – 2006. – № 14, 2. – P. 121–128.
4. Thienot E., Domingo F., Cambriel E., Gosse C. Reactive ion etching of glass for biochip applications: Composition effects and surface damages // *Microelectronic Engineering*. – 2006. – № 83. – P. 1155–1158.
5. Евстапов А.А., Поздняков А.О., Горный С.Г., Юдин К.В. Формирование края микроразмерного канала в полиимидах методом лазерной абляции // *Письма в ЖТФ*. – 2005. – Т. 31. – № 13. – С. 10–17.
6. Abdelgawad M., Watson M.W.L., Young E.W.K., Mudrik J.M., Ungrin M.D., Wheeler A.R. Soft lithography: masters on demand // *Lab Chip*. – 2008. – № 8. – P. 1379–1385.
7. Zhu X., Liu G., Xiong Y., Guo Y., Tian Y. Fabrication of PMMA Microchip of Capillary Electrophoresis by Optimized UV-LIGA Process // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2006. – № 34. – P. 875–879.
8. Ledesma-Aguilar R., Nistal R., Hernandez-Machado A., Pagonabarraga A. Controlled drop emission by wetting properties in driven liquid filaments // *Nature Materials*. – 2011. – № 10. – P. 367–371.
9. Witters D., Vergauwe N., Vermeir S. et al. Biofunctionalization of electrowetting-on-dielectric digital microfluidic chips for miniaturized cell-based applications // *Lab Chip*. – 2011. – № 11. – P. 2790–2794.
10. Курочкин В.Е., Евстапов А.А., Буляница А.Л. Разработка микрочиповых устройств для проведения ПЦР в геле // *Научное приборостроение*. – 2010. – Т. 20. – № 4. – С. 127–131.
11. Park J.Y., Ahn D., Choi Y.Y. Surface chemistry modification of PDMS elastomers with boiling water improves cellular adhesion // *Sensors and Actuators B: Chemical*. – 2012. – № 173. – P. 765–771.
12. Посмитная Я.С., Кухтевич И.В., Евстапов А.А., Тупик А.Н. Целевая обработка поверхности материалов микрофлюидных чипов // *Научное приборостроение*. – 2012. – Т. 22. – № 4. – С. 38–45.

УДК 51-73

ЯВНО РЕШАЕМЫЕ МОДЕЛИ В ЗАДАЧАХ О МЕТАМАТЕРИАЛАХ

К.В. Правдин

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

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 $\epsilon(\omega)$ и магнитная проницаемость $\mu(\omega)$ становятся отрицательными. В этом случае коэффициент преломления n имеет также отрицательную величину

$$n = \sqrt{\epsilon(\omega)\mu(\omega)} = \sqrt{-|\epsilon(\omega)|}\sqrt{-|\mu(\omega)|} = i^2\sqrt{|\epsilon(\omega)||\mu(\omega)|} = -\sqrt{|\epsilon(\omega)||\mu(\omega)|} < 0,$$

(считаем, что поглощения нет и $\epsilon(\omega)$ 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: суперлинзы, 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. Мы ставим задачу изучения более общего случая слоистой NIM-системы.

Постановка задачи

Мы исследуем многослойную NIM-систему, в которой границы слоев считаются параллельными. Мы ставим задачу 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]. Мы выделяем два случая.

В первом, частном, случае нас интересует система, состоящая из одного слоя NIM, помещенного в вакуум (рис. 1).

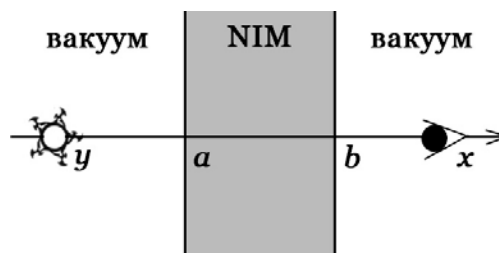


Рис. 1. Слой NIM в вакууме

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 нами 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 мы рассматриваем периодическую слоистую NIM-систему, состоящую из чередующихся слоев NIM и вакуума (рис. 2).

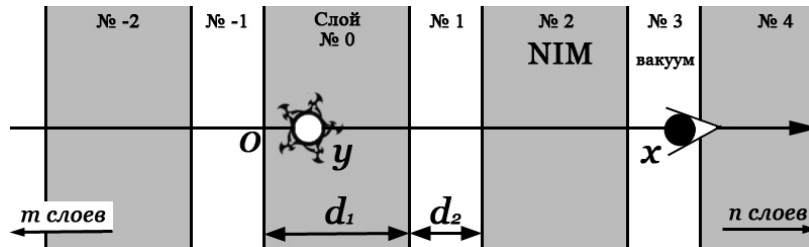


Рис. 2. Периодическая слоистая система

Всего в системе $(n + t + 1)$ слоев. Их количество выбирается произвольно и таким образом, чтобы число n слоев справа и t 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 t 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, частного, 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

$$\begin{aligned} G_{k+2}(\tilde{x}) &= G_k(\tilde{x}) \cdot \exp[\pm i\rho(\hat{\omega})(d_2 - d_1)], \text{ если } k \geq 0, \\ G_{k-2}(\tilde{x}) &= G_k(\tilde{x}) \cdot \exp[\pm i\rho(\hat{\omega})(d_2 - d_1)], \text{ если } k < 0. \end{aligned} \quad (1)$$

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:

$$\begin{aligned} G_k &= \frac{\rho(\hat{\omega})}{2\hat{\omega}^2} \exp[\rho(\hat{\omega})(-x - y + d_1(k+1))], \text{ для нечетных } k = 1, \dots, n, \\ G_k &= \frac{\rho(\hat{\omega})}{2\hat{\omega}^2} \exp[\rho(\hat{\omega})(x - y - d_2k)], \text{ для четных } k = 2, \dots, (n-1), \\ G_0 &= \frac{\rho(\hat{\omega})}{2\hat{\omega}^2} \exp[\rho(\hat{\omega})|x - y|], \\ G_k &= \frac{\rho(\hat{\omega})}{2\hat{\omega}^2} \left(\frac{\exp[\rho(\hat{\omega})(x + y - d_1(k+1))] + 2W(1 - \exp[\rho(\hat{\omega})2d_2])}{\exp[\rho(\hat{\omega})(-x + y + d_2(k-1))]} \right), \text{ для нечетных } k = -(m-2), \dots, -1, \\ G_k &= \frac{\rho(\hat{\omega})}{2\hat{\omega}^2} \left(\frac{\exp[\rho(\hat{\omega})(-x + y + d_2k)] + 2W(1 - \exp[\rho(\hat{\omega})2d_2])}{\exp[\rho(\hat{\omega})(x + y - d_1(k+2))]} \right), \text{ для четных } k = -(m-3), \dots, -2, \\ G_{-(m-1)} &= \frac{\rho(\hat{\omega})}{2\hat{\omega}^2} \left(\frac{1 - \exp[-\rho(\hat{\omega})(d_1 - d_2)(m-1)]}{1 - \exp[\rho(\hat{\omega})2(d_1 - d_2)]} \cdot \frac{\exp[\rho(\hat{\omega})(-x + y - d_2(m+1))] + 2W \exp[\rho(\hat{\omega})(x + y + d_1(m-3))]}{2W \exp[\rho(\hat{\omega})(x + y + d_1(m-3))]} \right) (1 - \exp[\rho(\hat{\omega})2d_2]), \\ G_{-m} &= \frac{\rho(\hat{\omega})}{2\hat{\omega}^2} \left(\frac{1 - \exp[-\rho(\hat{\omega})(d_1 - d_2)(m-1)]}{1 - \exp[\rho(\hat{\omega})2(d_1 - d_2)]} \cdot \frac{1}{\exp[\rho(\hat{\omega})(x + y + d_1(m-1) - 2d_2)]} \right) (1 - \exp[\rho(\hat{\omega})2d_2]). \end{aligned}$$

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 НИМ-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 мы продолжили исследование слоистых НИМ-систем, начатое в [4]. Нас интересовала многослойная НИМ-система, в которой границы слоев считаются параллельными. Мы рассмотрели два случая НИМ-систем. В первом, частном, случае нас интересовала система, состоящая из одного слоя НИМ, помещенного в вакуум (рис. 1). Во втором случае мы рассмотрели периодическую слоистую НИМ-систему, состоящую из чередующихся слоев НИМ 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 мы получили для двух случаев НИМ-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 НИМ-системы, что значительно расширяет границы применимости данной модели при создании реальных объектов: от суперлинзы и системы суперлинз до многослойных НИМ-покрытий. Рассмотрение более общего случая, т.е. НИМ-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 НИМ-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. – № 7. – 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 the interaction of point source electromagnetic fields with metamaterials // *Nanosystems: Physics, Chemistry, Mathematics*. – 2013. – V. 4. – № 4. – P. 570–576.

УДК 124.2; 304.2

СМЫСЛ И ЛОГИКА РЕВЕРСИВНОСТИ

В.В. Рыбаков

В работе исследуется проблема феномена смысла и его связь со значением, nonsенсом и парадоксом. Анализ выявляет наличие двух принципиальных стратегий взаимодействия значения и nonsенса: парадоксальное временное сочетание, образующее смысл, и естественное поглощение nonsенса значением, в результате которого смысл исчезает. Последнее происходит по принципу реверсивности или воздаяния: за роскошь nonsенса, а, следовательно, и смысла, приходится платить. Ценой смысла оказывается человеческая душа, чей отблеск после каждой новой реконфигурации значения, вызванной вбросом nonsенса, все менее различим за ширмой новоевропейского субъекта, сознания, бессознательного, сингулярности.

Попытки определения смысла и его состава приводят к необходимости различения смысла и значения – вопреки их конвергенции, имевшей место в семиолого-структуралистском дискурсе, влияние которого шлейфом тянется вплоть до наших дней. В работе «Что зовется мышлением?» М. Хайдеггера можно обнаружить следующую красивую пропозицию: «Чем более исходным является мышление, тем богаче становится его немислимое. Немислимое – это его великий подарок, который мышление должно передать» [1, С. 120]. Здесь подразумевается, что подлинное мышление (как человеческая активность, рождающая на свет смысл) должно не «разделяться» с немислимым, замещая его тем или иным объяснением, репрезентацией, – т.е. тем или иным кластером значений, – но использовать уровень значения для того, чтобы сберечь и преподнести, как подарок, немислимое. Более того, именно подобный, сохранивший на своих ладонях немислимое, кластер значения, будет тем, что может быть аттестовано в качестве смысла. Но как возможна такая передача немислимого?

Если назвать немислимое nonsенсом, то смысл, в таком случае, окажется понят как сочетание значения и nonsенса в одной сингулярности. Сочетание это, однако, парадоксально, поскольку значение и nonsенс противоречат, противостоят друг другу. Вот почему смысл является делом не столько теории, сколько практики, представляя собой осуществление невозможного – осуществление, возможное настолько, насколько возможен парадокс. Итак, феномен смысла оказывается с необходимостью окружен тремя другими феноменами, без которых его нельзя определить, – значения, nonsенса и парадокса; смысл есть парадокс сочетания в одной сингулярности значения и nonsенса.

Парадоксальную логику, по которой существует, определяется и переживается смысл, можно назвать логикой «и то, и то» (в противовес маркированной именем С. Кьеркегора логике «или-или»). Хорошим формальным примером такого парадоксального сочетания может служить формула Е. Шварца о женской красоте и соблазнительности, в соответствии с которой лучшим украшением девушки является «скромность и прозрачное платье», так что «союз «и» <...> должен быть оставлен как есть, без приведения к какой-либо умопостигаемости, т.е. – оставлен непостижимым» [2, С. 178]. Именно этими словами можно охарактеризовать реальность смысла.

О nonsенсе как компоненте смысла необходимо сказать, что он по своей природе явление весьма редкое, ибо уровень значения никогда не перестает руководствоваться принципом элиминации чужеродных элементов на своей территории – элиминации

немыслимого, – и, допуская множественность репрезентаций, стремится сохранить герметичность репрезентативизма как такового. Исходя из этого, даже если нонсенсу и удастся проскочить на территорию значения, одно из фундаментальных его свойств будет состоять в его крайней недолговечности. Можно сказать, что в этом состоит судьба нонсенса: быть замещенным значением. Знаменитая формулировка З. Фрейда («Там, где было Оно, должно стать Я») может быть понята как частный случай общей формулы механики значения, которую мы могли бы записать так: там, где был нонсенс, должно стать значение.

Шаткость, скоротечность нонсенса делает глубоко проблематичным и сам смысл, коль скоро последний нуждается не только в значении, но и в нонсенсе, причем достаточно долговечном, чтобы он успел составить со значением парадоксальное сочетание (прежде чем исчезнуть). Эта шаткость нонсенса, гарантирующая «внеаходимость» смысла, вполне естественно вызывает к жизни фантазию о возможности иного взаимоотношения значения и нонсенса, в котором значение не поглощало бы нонсенс, но, напротив, способствовало его более длительному сохранению, удерживая его в своих ладонях, как он есть. Это воображенное состояние «приручения», «обращения» значения описано Р. Бартом под видом того, что французский мыслитель назвал «гулом языка» – утопического состояния, при котором значение «изменяет своей природе вплоть до превращения в беспредельную звуковую ткань», освобожденную «от всех видов насилия, которые исходят словно из ящика Пандоры, от знака» [3, С. 543].

Насколько, однако, возможно такое «обращение» значения, и если оно в принципе возможно, не приведет ли оно к обратному эффекту – т.е. к еще большей невозможности смысла? Смысл был определен нами как парадоксальное сочетание значения и нонсенса – парадоксальное именно оттого, что значение в своем естественном состоянии противостоит нонсенсу. При этом очевидно, что именно включенность парадокса в состав смысла сообщает последнему экзистенциальную остроту, которая и делает его принципиально отличным от значения, информации, кода и т.п., наделяя его способностью являться событием, существенно влияющим на жизнь человека, его пережившего. Это заставляет предполагать, что «обращение» значения, будь таковое возможным, устранило бы из смысла парадокс, сделав тем самым нежизнеспособным и сам смысл, ибо в этом случае он становится неотличим от значения, сливается с ним. Таким образом, желание «обращения» значения, пускай и вполне естественное, иллюзорно и возможно лишь в силу своей непродуманности. В «гуле языка» столь же мало смысла, сколь и в замкнутом круге значения.

В таком случае, необходимо определить, каковы, более конкретно, закономерности прорывающего проникновения нонсенса в пространство значения и последующего его поглощения значением – т.е. каковы обстоятельства возможности возникновения и распада смысла. Понятно, что для человека событие смысла, в котором активно присутствуют одновременно и значение, и нонсенс, становится событием, превосходящим естественный фон буден, становится сильным переживанием, опытом, изменяющим его жизнь; но как изменяется после сжатия с нонсенсом в событии смысла само значение? Каковы социокультурные последствия внутренней кухни выяснения отношений между значением и нонсенсом? Иными словами, оплачивается ли проникновение нонсенса какой-либо дополнительной ценой, помимо поглощения нонсенса значением?

Обратимся к конкретному примеру работы с парой значение/нонсенс, производимой в сфере искусства. Эта работа во многом проходит под эгидой принципа нового, с особенной яркостью проявившего себя в начале XX века – в эпоху «дегуманизации искусства» (Х. Ортега-и-Гассет). В частности, кубизм, абстракционизм и реди-мейд в изобразительных искусствах каждый раз претендовали на существенный

рывок в принципиально новые формы визуального, а, следовательно, и на выпадающую за рамки устоявшихся представлений переинтерпретацию искусства вообще. Абстракционизм стремился предложить зрителю новый опыт восприятия красок по ту сторону значения, реди-мейд же старался существенно раздвинуть привычные представления об искусстве, выставляя в качестве искусства не-искусство, элементы повседневности.

При внимательном рассмотрении работы искусства с уровнем значения – в том числе работы абстракционизма и реди-мейда – становится ясно, что искусство является яркой иллюстрацией тех закономерностей взаимоотношения значения и нонсенса, которые можно охарактеризовать как кратковременные проникновения вируса нонсенса, оказывающегося вскоре уничтоженным значением, в результате чего резистентность значения только повышается, а дальнейший вброс нонсенса оказывается под еще большим вопросом. Новые формы искусства лишь на время обеспечивают эффект нонсенса. Абстрактная живопись, поначалу воспринимаемая в качестве зияния на теле искусства, в качестве беспрецедентного вызова для зрителя, вынужденного, столкнувшись с чистой игрой цвета, иметь дело с неспособностью своей интерпретации ухватиться за какое-либо объяснение этой игры, сама, тем не менее, очень скоро становится понята как один из видов живописи – как один из способов организации значения. Именно об этом предупреждал Барт, когда говорил, что «утопия языка оборачивается возникновением языка утопии» [3, С. 556]. Искусство предоставляет кратковременный сдвиг в ощущении реальности, недолговечное очарование от эффекта «гула языка» – и в этом эффекте на короткий миг рождается сам «гул» (только в этом эффекте он единственно и существует), – однако искусство не в состоянии закрепить этот эффект «гула», оно не в силах сопротивляться поглощению нонсенса значением.

На примере работы со значением искусства оказывается продемонстрировано, как кратковременные удачи в предприятии пробивания бастионов значения вызывают в дальнейшем более мощное укрепление значения, бастионы которого становятся одновременно толще и выше. В итоге следующий удар необходимо наносить куда более мощным орудием, а использованные хотя бы раз средства уже не приносят желаемого результата, но, напротив, вызывают разочарование. Для характеристики подобного эффекта можно воспользоваться понятием реверсивности (обратимости со смысловым оттенком воздаяния), употребляемым Ж. Бодрийяром в работе «Пароли. От фрагмента к фрагменту» [4] наряду с понятием судьбы. Мы можем утверждать, что отношения значения и нонсенса осуществляются в соответствии с логикой реверсивности, захватывающей их обоих, причем неизбежность реализации этой логики позволяет говорить о ней как о судьбе, выпадающей на долю как значения, так и нонсенса: судьба нонсенса состоит в том, чтобы быть поглощенным значением, судьба же значения состоит в том, чтобы претерпеть реконфигурацию своего пространства с возведением более высоких и прочных бастионов. Подобная логика реверсивности как раз и оказывается тем, что противостоит попыткам «обращения» значения, делая его невозможным.

Нет сомнений, что искусство первой половины XX века – от кубистов, дадаистов, от авангарда вплоть до абстрактного экспрессионизма – есть не упадок искусства, как это воспринималось многими современниками и как до сих пор некоторые полагают, но, напротив, один из ярчайших его всплесков. Однако судьба этого всплеска (впрочем, как и любого всплеска, вообще) состоит в том, чтобы заплатить за свою осуществленность соответствующей ценой, имя которой в случае искусства – трансэстетика (Ж. Бодрийяр). Спустя полвека после авангардного порыва «нет больше ни политического, ни художественного авангарда, который был бы способен предвосхищать и критиковать во имя желаний, во имя перемен, во имя освобождения

форм. Это революционное движение завершено» [5, С. 17], в результате чего «искусство растворилось не в возвышенной идеализации, а в общей эстетизации повседневной жизни, оно исчезло, уступив место чистой циркуляции образов, растворилось в трансэстетике банальности» [5, С. 19–20]. «Искусство» XXI века может пытаться быть авангардным, политическим, производить усилия для того, чтобы вновь преодолевать границы и рамки, но подобные попытки не только выглядят неправдоподобным, но и вызывают чувство чего-то нелепого и тоскливого, обналичивая невозможность повторного использования авангардного порыва (как правило, современные художники и сами осознают художественную несостоятельность повторения авангардных жестов, используя их вовсе не в художественных, а в коммерческих целях). Применение силы, демонстрация силы запускает механизм судьбы-реверсивности, в соответствии с которым сила обязательно должна смениться слабостью, так что художественный авангард начала XX века оплачивается художественной импотенцией начала XXI века. Выплеск энергии, если на него решились, должен быть оплачен последующим периодом апатии и бессилия, который он тем самым определяет, – подобно тому, как любая вспышка, озаряя собой окружающее пространство, предопределяет последующий мрак, в который все канет.

Точно так же и эпоха 60-х годов XX века в целом – эпоха «Битлз», хиппи, сексуальной революции – могла быть только одна, так что ее исполнение оплачивается спустя два-три десятилетия транссексуальностью, а, точнее, асексуальностью новых поколений. Вплоть до поколения 60-х годов включительно, сексуальность, по-видимому, сохраняла ореол чего-то особенного, выдающегося среди прочих сфер и возможных практик человека. Однако будучи окончательно освобожденным, оправданным и вывернутым наружу, секс встает в один ряд с другими способами времяпрепровождения – компьютерными играми, Интернетом, катанием на роликовых коньках, или походом в кафе. Теряя статус того, через что можно было уловить проблеск трансцендентного, секс превращается в одно из развлечений, хобби. Сексом можно интересоваться или нет, так же, как кто-то может интересоваться живописью или зимними видами спорта. Раскрепощение же музыки (осуществленное рок-музыкой), в рамках которой свои силы на поприще творчества может попробовать абсолютно любой, даже не знающий нотной грамоты человек, оплачивается превращением музыки в наушники, используемые в транспорте в момент перемещения; иными словами, музыка становится полностью имманентна миру повседневности. И без того редкие каналы связи с трансцендентным поглощаются имманентностью, становясь камнями в бастионах того, что мы могли бы назвать гиперимманентностью.

При этом обнаруживается любопытное обстоятельство: реверсивность нонсенса заявляет о себе с особой яркостью именно тогда, когда человек пытается ее преодолеть, в том числе, когда пытается «обратить»/«приручить» значение, обратить язык в «гул языка». В результате ситуация только еще больше усугубляется. В частности, именно взлет абстрактного искусства в XX веке, с точки зрения закона реверсивности, должен быть оценен в качестве принципиальной причины воследовавшей инфляции визуальности, одновременно и в языковых экспериментах поэтов-футуристов следует видеть то, что предопределило (в качестве своего рода воздаяния за роскошь красоты и вообще за роскошь эксперимента) тот обвал языка, который сейчас наблюдается и институционализируется в «сетезе». Волна значения накрывает нонсенс именно тогда, когда посредством него, подобно Барту, пытаются «плутовать с языком, дурачить язык» [6, С. 550]. Посредством плутования с языком можно на краткий миг прорвать уровень значения, но это плутование ничего не может поделать с реверсивностью-судьбой, наоборот, только раздражая и усиливая ее. Следствием закона реверсивности оказывается следующее: чем более серьезную пробоину удастся сделать в бастионе уровня значения, тем более сокрушительного следует ожидать ответного удара.

По чему наносит реверсивность свой ответный удар? Чем каждый раз оплачивается роскошь нонсенса, а, следовательно, и смысла (ибо все, что идет сверх базовой комплектации значения, оценивается здесь как роскошь)? При внимательном рассмотрении не остается сомнений: главный удар наносится по человеку, а точнее, по тому, что принято называть духовностью, или просто душой. Прослеживается очевидная связь между продвижением человека по пути освоения проблематики его связи с миром и участия в ней значения, с одной стороны, и проблематизацией человека и его духовного содержания, предполагающего глубину неизъяснимого, с другой. Вначале под сомнение оказалась поставлена сама душа человека – нечто, что считалось в прежние эпохи безусловным и что гарантировало наличие в человеке имманентной ему трансцендентности, т.е. гарантировало глубину или даже бездонность. Использование понятия субъекта в новоевропейской философии сыграло фундаментальную роль и в известном смысле предопределило возможность дальнейших реинтерпретаций человека. Осуществленная в психоаналитическом дискурсе замена души на бессознательное воспринималась как катастрофический обвал мерности человеческого существа. Однако с позиций сегодняшнего дня можно сказать, что бессознательное еще сохраняло в себе отблеск души, поскольку рисовало человека существом многомерным, скрывающим в своих глубинах невидимую часть, темную и таинственную. Сегодняшний транспарированный субъект, «субъект упрощенной сборки» – хуматон, атрибутами существования которого становятся трансэстетика, трасполитика, транссексуальность и т.п., – характеризуется схлопыванием бессознательного [2], в результате чего мы понимаем, как мало, в сущности, бессознательное отличалось от души.

Одновременно все большему дезавуированию оказывается подвержено и само понятие субъекта, еще сохранявшее память о человеке как существе, парадоксально сочетающем несочетаемое – тело и душу, – как о существе, содержащем имманентную трансцендентность. Субъект оказался поставлен в зависимость от автономного существования уровня значения, в результате чего была постулирована его «смерть». Барт попытался спастись посредством методики «скольжения» (предполагающей наличие некоего неуловимого субъекта, осуществляющего скольжение), однако это спасение было мнимым: высекаемый здесь нонсенс тут же захлестывает судьба-реверсивность. Сейчас, после целой серии контрвыпадов реверсивности, мы оказались в ситуации, когда отблеск человеческой души сохраняется в понятиях современной философии – сингулярности, события. Но какая сингулярность здесь подразумевается? Это и есть сингулярность парадоксального сочетания значения и нонсенса. Последний оплот человечности, который может быть усмотрен в условиях «снятия» души, бессознательного, субъекта, состоит в способности человека к парадоксу, т.е. к различению значения и смысла. Если однажды человек окажется неспособным различить значение и смысл, это ознаменует собой обвал сингулярности, так что отблеск души необходимо будет искать в том, что будет, в свою очередь, представлять собой только лишь отблеск смысла.

Литература

1. Хайдеггер М. Что зовется мышлением? – М.: Территория будущего, 2006. – 320 с.
2. Секацкий А. Последний виток прогресса (От Просвещения к Транспарации). Исследование. – СПб: Изд-во К. Тублина, 2012. – 332 с.
3. Барт Р. Избранные работы: Семиотика. Поэтика. – М.: Прогресс, 1994. – С. 543.
4. Бодрийяр Ж. Пароли. От фрагмента к фрагменту. Екатеринбург, 2006. – 200 с.
5. Бодрийяр Ж. Прозрачность зла. – М.: Добросвет, 2009. – С.17.
6. Барт Р. Избранные работы: Семиотика. Поэтика. – М., 1994. – С. 550.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЕМО-ПЕРЕДАЮЩЕГО МОДУЛЯ СВЧ НА НОВЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СТРУКТУРАХ

В.А. Савенко

Научный руководитель – к.т.н., ст.н.с. В.А. Кораблев

Работа посвящена экспериментальным исследованиям системы жидкостного охлаждения для составной части активной фазированной антенной решетки – приемо-передающего модуля. В ходе работы проведены теоретические исследования, а также экспериментальные исследования теплового режима приемо-передающего модуля. Результаты исследований будут использованы для оптимизации конструкции приемо-передающего модуля, разработки системы охлаждения изделия, а также для разработки унифицированного ряда базовых несущих конструкций различного спектра применения.

Ключевые слова: активная фазированная антенная решетка, приемо-передающий модуль, тепловой режим, жидкостное охлаждение, СВЧ.

При анализе современного уровня развития сверхвысокочастотной (СВЧ) микроэлектроники становится очевидным эффективность применения СВЧ интегральных схем в различных радиотехнических устройствах, предназначенных для самых разнообразных областей применения.

В системах радиолокации все более широкое применение находят активные фазированные антенные решетки высокочастотных диапазонов, основным элементом которых является приемо-передающий модуль (ППМ). ППМ строится на основе монолитных интегральных микросхем.

Обзоры рынка СВЧ модулей для космической аппаратуры и военной техники показывают, что ППМ могут стать одними из наиболее востребованных изделий СВЧ техники.

Основными микросхемами, на которых строились ППМ до последнего времени, были микросхемы на основе арсенида галлия GaAs. Арсенид-галлиевая технология очень востребована в спутниковой аппаратуре в силу радиационной стойкости. Также, арсенид-галлиевые транзисторы успешно работают в СВЧ диапазоне, и поэтому широко применяются в радарх с активной фазированной антенной решеткой (АФАР) и аппаратуре СВЧ связи.

В рамках исследований последних лет начались разработки ППМ на основе нового материала – нитрида галлия GaN.

Увеличение мощностей устройств при общей тенденции уменьшения массогабаритных характеристик требует внедрения новых конструктивно-технологических решений, направленных на стабильную работу устройств. Одной из наиболее важных задач, которые необходимо решать при создании и разработке устройств, является обеспечение их нормального теплового режима. Сложность задачи определяется высокой плотностью тепловых потоков, превышающих 50000 Вт/м^2 , при сравнительно небольших допустимых перепадах температуры между тепловыделяющими элементами и охлаждающей средой.

ППМ является составной частью АФАР и рассмотрение процессов отвода тепловой мощности от АФАР, в целом, необходимо начинать с определения конструктива и основных параметров ППМ.

В данной работе рассматривается макет ППМ с жидкостной системой охлаждения (рис. 1). Преимущество жидкостного охлаждения заключается в том, что теплоемкость охлаждающих жидкостей гораздо выше теплоемкости воздуха.

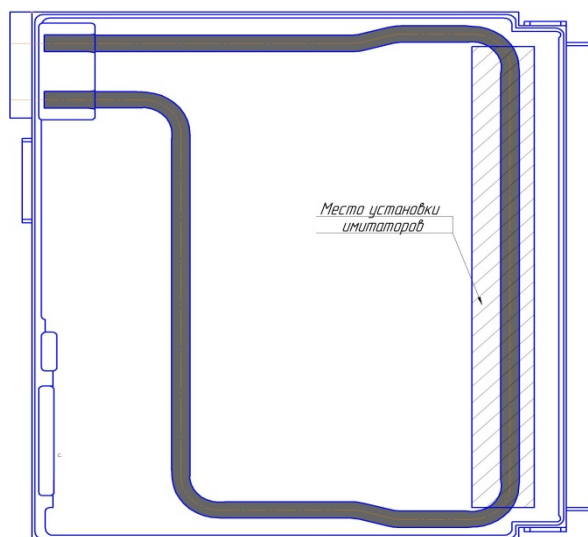


Рис. 1. Тепловой макет приемо-передающего модуля

Жидкостное охлаждение обладает рядом преимуществ:

- способностью отвести от аппаратуры значительно больше мощности; снизить объемы и массы устройств охлаждения и самих источников тепла;
- уменьшить уровень акустических шумов, создаваемых системой охлаждения;
- обеспечить более равномерное распределение температуры в пределах одного аппарата;
- создать большие запасы по охлаждению при пиковых нагрузках и переходных процессах.

В связи с ростом тепловых потоков в радиоэлектронной аппаратуре и усложнением условий ее эксплуатации принудительные жидкостные системы охлаждения получают сейчас все большее распространение.

В случае применения жидкостной системы охлаждения в условиях ограниченного пространства отвод тепла осуществляется в основном с помощью жидкости, протекающей по каналам, стенки которых должны иметь хороший тепловой контакт с теплонагруженными элементами. При этом охлаждающая жидкость должна принудительно циркулировать.

Свойства рабочих веществ оказывают значительное влияние на эффективность системы обеспечения теплового режима, ее весогабаритные и эксплуатационные характеристики. Требования к рабочим веществам весьма многочисленны и разносторонни. В каждом конкретном случае необходимо выбирать жидкости и газы, обладающими требуемыми сочетаниями свойств. Выбор охлаждающей жидкости с оптимальным сочетанием характеристик также является важной составляющей данной работы.

Основными целями данной работы являются:

- проведение обзора существующих решений в области конструирования и построения ППМ и методов обеспечения теплового режима АФАР;
- составление тепловых и математических моделей ППМ, используемых в данной работе;
- проведение экспериментальных исследований теплового режима модели ППМ;
- определение основных параметров и характеристик для системы охлаждения;
- исследование вопросов турбулизации потоков в каналах;
- исследование контактных явлений на границах раздела сред;
- выдача рекомендации по изменению конструкции ППМ и интенсификации теплообмена с целью улучшения тепловых и гидравлических характеристик макета.

Проведение аналитических расчетов проводится с использованием математического моделирования и современного пакета прикладных программ. Основная ценность данной работы состоит в проведении экспериментальных исследований на макете ППМ.

Для проведения экспериментальных исследований был разработан испытательный стенд (рис. 2). На испытательном стенде обеспечена возможность воспроизведения различных условий эксплуатации ППМ, есть возможность изменения мощности, выделяемой устройством, и расхода охлаждающей жидкости. Измеряемыми параметрами являются: расход охлаждающей жидкости; температура жидкости на входе и выходе; давление жидкости на входе и выходе канала охлаждения; температуры в точках рядом с имитаторами тепловой нагрузки.

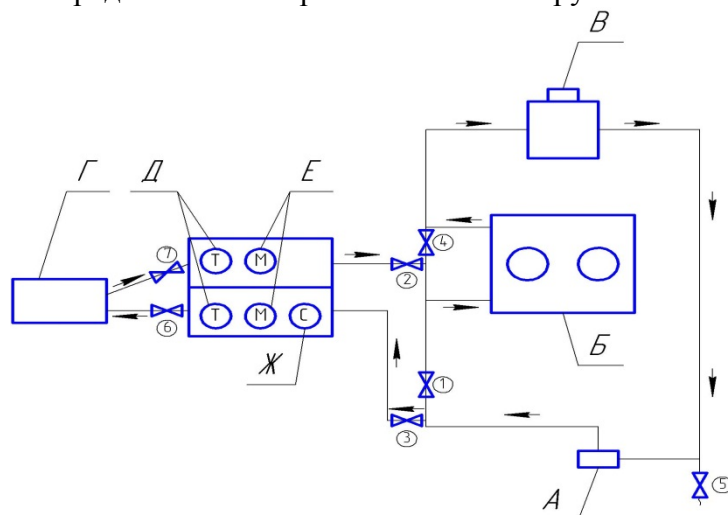


Рис. 2. Схема экспериментальной установки: А – насос; Б – радиатор с вентиляторами; В – расширительный бак; Г – тепловой макет; Д – термометры; Е – манометры; Ж – счетчик расхода жидкости; 1–7 – краны

В ходе работы была разработана схема экспериментального стенда, выполнен подбор необходимого оборудования, собран стенд для проведения исследований.

В ходе дальнейшей работы необходимо выяснить влияние изменения длины канала и его конфигурации на основные параметры теплообмена: расход охлаждающей жидкости, перепад давлений между входом и выходом канала охлаждения и температурный режим устройств, а также влияние контактных сопротивлений на тепловой режим устройств. Экспериментальные исследования предлагается проводить при различных подаваемых мощностях и различных расходах охлаждающей жидкости. Необходимо получить зависимости теплового сопротивления, перепада давлений между входом и выходом канала охлаждения и перепада температур в измеряемой точке относительно температуры жидкости на входе от расхода охлаждающей жидкости. По предложенным зависимостям определить оптимальные параметры охлаждения. В случае необходимости предложить варианты оптимизации конструкции ППМ и интенсификации теплообмена в канале.

Результаты работы могут быть применены при разработке ППМ радиолокационных станций различных диапазонов и разработке систем обеспечения теплового режима устройств на основе ППМ. Результаты экспериментальных исследований и значения тепловых и гидравлических характеристик, полученные в ходе работы, могут быть использованы для дальнейших расчетов и проектирования устройств.

Литература

1. Активные фазированные антенные решетки / Под ред. Д.И. Воскресенского, А.И. Канащенкова. – М.: Радиотехника, 2004. – 487 с.
2. Гуськов Ю., Жибуртович Н. АФАР «Фазотрон-НИИР» – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.missiles.ru/AESA_ph_5.htm, своб.
3. Дульнев Г.Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре: Учебник для вузов по специальности «Конструирование и производство радиоаппаратуры». – М.: Высшая школа, 1984. – 247 с.
4. Дульнев Г.Н. Основные закономерности тепло- и массообмена. Кондукция: Учебное пособие. – Л.: ЛИТМО, 1977. – 76 с.
5. Дульнев Г.Н., Парфенов В.Г., Сигалов А.В. Методы расчета теплового режима приборов. – М.: Радио и связь, 1990. – 311 с.
6. Дульнев Г.Н., Семяшкин Э. М. Теплообмен в радиоэлектронных аппаратах. – Л.: Энергия, 1968. – 360 с.
7. Дульнев Г.Н., Шарков А.В. Системы охлаждения приборов: Учебное пособие. – Л.: ЛИТМО, 1984. – 82 с.
8. Егоров В.И., Казак А.В., Кораблев В.А., Попов Ю.Ю., Пугин И.В., Шарков А.В. Обеспечение теплового режима большеразмерной активной фазированной антенной решетки // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2005. – № 2 (18). – С. 38–41.
9. Керн Д., Краус А. Развитые поверхности теплообмена: Пер. с англ. – М.: Энергия, 1977. – 464 с.
10. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. – Новосибирск: Наука, 1970. – 659 с.
11. Уонг Х. Основные формулы и данные по теплообмену для инженеров: Пер. с англ. / Справочник. – М.: Атомиздат, 1979. – 216 с.

УДК 544.537, 544.032.65, 544.234.2

КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ НА ДЕФЕКТАХ В ОБЪЕМЕ СТЕКЛА МАРКИ FOTURAN™ ПРИ ОТЖИГЕ ИЗЛУЧЕНИЕМ СО₂-ЛАЗЕРА

М.М. Сергеев

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

Рассмотрена возможность лазерно-индуцированной кристаллизации в объеме пластин фоточувствительного стекла марки Foturan™ при термообработке под действием излучения СО₂ лазера на микродефектах, сформированных в процессе оптического пробоя при воздействии на стекло мощным лазерным излучением. Исследован процесс зарождения и формирования кристаллической фазы на дефектах при воздействии на пластину ФС излучением СО₂-лазера. Проведено сравнение условий термообработки пластины ФС в печи с характеристиками термообработки ФС под действием излучения СО₂-лазера.

Ключевые слова: лазерно-индуцированная кристаллизация, фоточувствительное стекло марки Foturan™, отжиг лазерным излучением.

Введение

Интенсивное развитие лазерной техники и технологий, связанных с применением лазерного излучения, открыло новые перспективы в использовании фоточувствительных стекол (ФС) за счет процесса фотоионизации, а также термодинамических процессов, интенсивно протекающих при облучении. В основе технологий обработки ФС марки Foturan™ лежит процесс локальной структурно-

фазовой модификации, заключающийся в кристаллизации за несколько этапов [1–4]. Стадия термообработки (ТО) ФС после облучения необходима для кристаллизации и является достаточно длительным процессом (в среднем 4–9 ч) [1]. В связи с этим разработка новых и усовершенствование уже существующих методов лазерно-индуцированной кристаллизации ФС является важным и актуальным.

Процесс кристаллизации при ТО в печи зависит не только от температуры и длительности выдержки при этой температуре, но и от скорости нагревания (1–5°C/мин), при которой кристаллизация может начинаться с 600–850°C [5]. В отличие от ТО в печи ТО ФС под действием лазерного излучения с длиной волны 10,6 мкм осуществляется при высоких скоростях нагревания и охлаждения (500–700°C/мин и более) в процессе облучения. В связи с этим, о пороговом значении температуры, с которой начинается кристаллизация ФС под действием лазерного излучения с длиной волны 10,6 мкм, в настоящее время ничего неизвестно.

Локальная кристаллизация поверхности стеклокерамик СТ-50-1 была осуществлена при воздействии излучения с длиной волны 10,6 мкм [6, 7]. При этом процесс кристаллизации и обратной аморфизации осуществлялся достаточно быстро (~0,1–1 мин) за один этап обработки. Кристаллизация поверхности ФС марки Foturan™ под действием непрерывного излучения CO₂-лазера исследовалась в [8]. Кристаллизация наблюдалась, когда ФС, нагретое до 500°C, при облучении нагревалось до 1100–1200°C за время 60–240 с и охлаждалось при естественных условиях. Исследование рамановских спектров областей кристаллизации показало, что помимо кристаллов метасиликата лития (Li₂SiO₃) и дисиликата лития (Li₂Si₂O₅) при облучении происходило формирование кристаллов, идентифицировать которые не удалось [9]. Известно, что при ТО в печи, начиная с 800–850°C из Li₂O-Al₂O₃-SiO₂ системы осуществляется интенсивное выпадение β-эвкриптита (β-LiAlSiO₄), β-сподумена (β-LiAlSi₂O₆), а также в меньшей степени Li₂SiO₃, Li₂Si₂O₅ и β-кварца (β-SiO₂). Снижение же температуры до 575–595°C приводит уже к интенсивному выпадению Li₂SiO₃ и Li₂Si₂O₅, при этом вероятность выпадения других кристаллов резко снижается [10]. Таким образом, кристаллизация ФС при снижении температуры до 575°C приводит к выпадению различных кристаллов, поэтому необходимое выпадение Li₂SiO₃ при ТО в печи должно осуществляться при температурах, не превышающих 595°C.

Исследования, представленные в настоящей работе, направлены на изучение возможности кристаллизации в объеме пластин ФС марки Foturan™ при температурах, близких к температуре стеклования (около 450°C [5]), и не превышая температуру кристаллизации ФС при стандартной ТО в печи (около 520±20°C), под действием излучения с длиной волны 10,6 мкм. Будет рассмотрен процесс зарождения и формирования кристаллической фазы на дефектах при лазерном облучении, и проведено сравнение условий ТО пластины ФС в печи с условиями ТО при лазерном облучении.

Экспериментальная часть

В экспериментах по кристаллизации в объеме ФС марки Foturan™ использовались плоскопараллельные пластины толщиной 1 мм. Локальная кристаллизация инициировалась на дефектах и осуществлялась в два этапа. На первом этапе происходило формирование дефектов, представляющих собой микротрещины, в объеме ФС при комнатной температуре под действием мощного лазерного излучения, фокусируемого в объем пластины с помощью микробъектива (10^x, NA=0,25). В качестве источника излучения использовался импульсный пикосекундный Nd:YAG-лазер с длиной волны излучения λ=532 нм и длительностью импульса τ=30 пс (рис. 1,

I стадия). Характеристики микрообъектива, а также параметры излучения, позволяли достигать размера пучка в перетяжке $d_f \sim 3,5 \pm 0,5$ мкм. Под действием излучения в перетяжке происходил оптический пробой и, как следствие, формирование дефекта, размер и форма которого зависели от энергии излучения. Таким образом, в объеме ФС были сформированы дефекты при различной энергии излучения в импульсе (5–78 мкДж), а также количестве импульсов при облучении ($1-10^3$). Плотность энергии лазерного излучения за один импульс варьировалась в диапазоне 25–398 Дж/см², а размер дефекта, в зависимости от режима облучения, изменялся от 3×4 до 30×40 мкм.

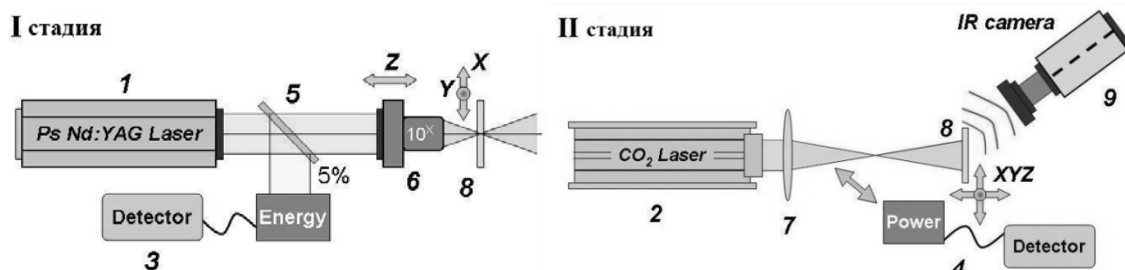


Рис. 1. Схема экспериментального стенда: 1 – Nd:YAG-лазер; 2 – CO₂-лазер; 3 – измеритель энергии; 4 – измеритель мощности; 5 – полупрозрачная пластина стекла; 6 – микрообъектив; 7 – ZnSe-линза; 8 – пластина ФС; 9 – ИК камера

На втором этапе осуществлялась ТО, представляющая собой отжиг пластины ФС и состоящая из нагревания и последующей выдержки при определенной температуре, под действием лазерного излучения с длиной волны 10,6 мкм, интенсивно поглощаемого стеклом. В качестве источника излучения при нагревании ФС до температур кристаллизации использовался непрерывный CO₂-лазер Synrad's 48-1(S)W. Излучение фокусировалось ZnSe-линзой с фокусным расстоянием около 70 мм. При перемещении пластины ФС вдоль оптической оси осуществлялось изменение зоны облучения таким образом, чтобы вся поверхности образца нагревалась равномерно (рис. 1, II стадия). Размер области воздействия при нормальном падении в расходящемся пучке составлял 75–85% от всей площади поверхности ФС.

Температура на поверхности пластины ФС при отжиге в центре зоны облучения регистрировалась с помощью ИК камеры «Flip Titanium» 520 M в интервале температур 20–1200°C. Энергия в импульсе лазерного излучения с длиной волны 532 нм, падающая (P_0) на пластину ФС, фиксировалась с помощью измерителя оптической мощности Gentec Solo PE-2M с детектором энергии QE25LP-H-MB. Мощность излучения CO₂-лазера, падающая на пластину ФС, измерялась с помощью того же измерителя мощности с детектором мощности UP19K-110F-H9. Значение температуры на поверхности ФС изменялось с помощью регулирования мощности падающего излучения CO₂-лазера, благодаря чему пластина ФС нагревалась до температур 450 ± 20 °C за 5–9 мин, достигая температуры размягчения стекла [5]. Затем осуществлялась выдержка образца при этой температуре в течение 10–15 мин, после чего облучение прекращалось, и пластина ФС остывала при естественных условиях.

После лазерного облучения пластины ФС исследовались с помощью оптического микроскопа Axio Imager Carl Zeiss в проходящем неполяризованном свете, а также в линейно-поляризованном свете, при скрещенных поляризаторе и анализаторе, с увеличением в 100–200^x.

Обсуждение результатов

Для осуществления процесса формирования микрообластей (МО) кристаллизации в объеме пластин ФС при отжиге излучением CO₂-лазера предварительно необходимо было создать дефекты, на которых бы в последующем осуществлялось зарождение и

рост кристаллической фазы. Дефекты, в свою очередь, представляли собой микротрещины, формируемые при оптическом пробое, инициируемом действием мощного лазерного излучения. Напряжения, возникающие вследствие оптического пробоя, представляли собой области с дополнительной энергией разорванных связей Si-O. Высвобождение такой энергии в пределах микротрещин дает возможность для зарождения кристаллической фазы в процессе последующего отжига. В случае отсутствия дефектов в объеме пластины ФС кристаллизация при отжиге осуществлялась на поверхности, где всегда существуют поверхностные дефекты: микротрещины, царапины и сколы. При выдержке ФС под действием излучения CO₂-лазера в температурном диапазоне 450±20°C кристаллизация на поверхности пластин ФС начиналась спустя 15–20 мин от начала процесса выдержки. В соответствии с этим, длительность выдержки при отжиге пластины ФС в случае объемной кристаллизации на лазерно-индуцированных дефектах не должна была превышать 15 мин. При достижении температуры стеклования 450°C на поверхности образца визуально можно было наблюдать оптические искажения, связанные с размягчением ФС. Общая длительность отжига с применением излучения CO₂-лазера составляла, в среднем, 18–20 мин, а плотность мощности падающего излучения при отжиге пластины варьировалась в диапазоне 0,11–0,14 Вт/см².

Интенсивность лазерного облучения в процессе отжига, которая заключалась в высокой скорости нагревания ФС до значения температуры 430°C за 1–5 мин (в среднем около 100–250 °C/мин), а также в небольшой длительности выдержки, не превышающей 10–15 мин, стала причиной создания дополнительных условий для формирования кристаллизации. Одним из таких условий являлось создание видимых дефектов в объеме ФС, в пределах которых концентрировалась дополнительная энергия разорванных связей Si-O, представляющая собой напряжения в матрице ФС. На наличие напряжений в пределах микротрещин после их формирования указывает внешний вид дефектов в линейно-поляризованном свете (рис. 2, сверху). Стоит отметить, что после стадии отжига ФС лазерным излучением напряжения в пределах микротрещин исчезли, что свидетельствовало о релаксации матрицы ФС (рис. 2, снизу). Диапазон значений температуры кристаллизации при отжиге излучением CO₂-лазера оказался ниже значений температуры кристаллизации ФС при ТО в печи, соответствующий значениям 575–850°C [6, 10].

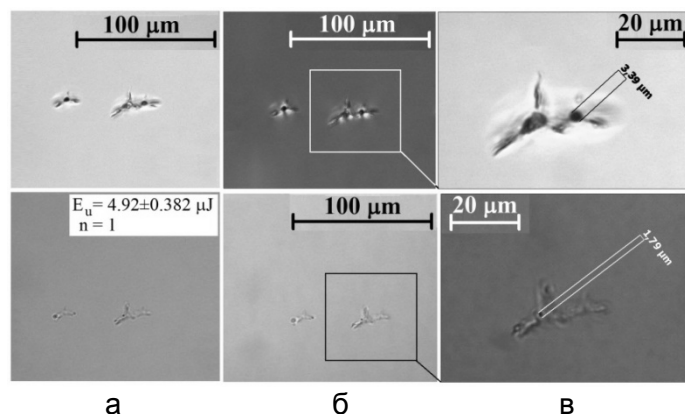


Рис. 2. Вид МО, созданных в объеме ФС, в проходящем (а) и поляризованном (б, в) свете, после первой (сверху) и второй (снизу) стадии облучения

В процессе отжига в объеме пластины ФС начиналось формирование кристаллической фазы там, где располагались дефекты. Так как температура, при которой выдерживался образец, была в пределах температуры стеклования, то стекло находилось в размягченном состоянии. Благодаря этому, в процессе отжига

одновременно с формированием кристаллической фазы происходило зарастание микротрещин, окружающих дефект, размер которых был незначителен (рис. 2, 3).

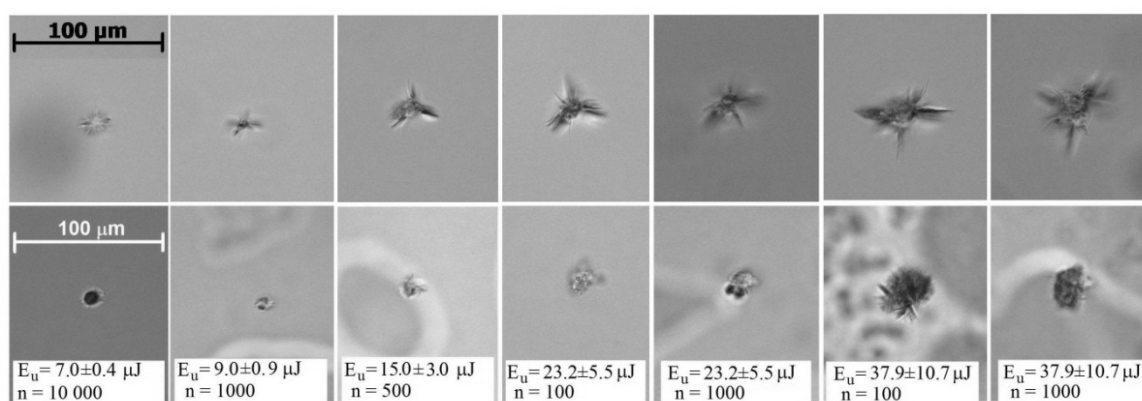


Рис. 3. Вид МО, сформированных в объеме ФС, в проходящем свете. Сверху: вид дефекта на первой стадии; снизу – вид МО после отжига ФС на второй стадии. Ниже приведены: энергия импульса лазерного излучения и количество импульсов

Зарастание трещин начиналось при достижении температур $370 \pm 20^\circ\text{C}$, когда, предположительно, начиналось уменьшение вязкости ФС, но, так как температура была ниже 450°C , то интенсивность данного процесса невысока [5]. При достижении температур $450 \pm 20^\circ\text{C}$ интенсивность зарастания трещин возрастала, а оптические свойства дефекта начинались изменяться, что косвенно свидетельствовало о начале процесса кристаллизации. Если дефект, сформированный ранее, не был различим оптическими методами, то кристаллизация в объеме не осуществлялась, так как в этом случае длительности выдержки при отжиге ФС лазерным излучением не хватало для формирования кристаллической фазы в объеме. В таком случае кристаллизация начиналась с поверхности, где всегда существуют поверхностные дефекты.

На рамановских спектрах (рис. 4), полученных с различных областей кристаллизации, отчетливо заметны основные пики: 607 см^{-1} и 980 см^{-1} , а также пики: 518 см^{-1} , 844 см^{-1} и 1027 см^{-1} , которые соответствуют кристаллической фазе Li_2SiO_3 . Однако помимо выше упомянутых значений, был обнаружен пик на 406 см^{-1} , а также пики на 357 см^{-1} и 1027 см^{-1} , принадлежащие кристаллической фазе $\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$. Пик в области 1027 см^{-1} не характерен ни для $\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ с пиком 1015 см^{-1} , ни для Li_2SiO_3 – 1019 см^{-1} и, вполне вероятно, стал результатом наложения спектров от двух кристаллических фаз. Об этом свидетельствуют сходные результаты рамановских спектров кристаллизации литийсодержащих стекол [11]. Также были обнаружены три пика: 1296 см^{-1} , 1438 см^{-1} и 1655 см^{-1} , которые не удалось идентифицировать (рис. 4). Два пика из трех: 1296 см^{-1} и 1655 см^{-1} , были зарегистрированы ранее [9] при поверхностной кристаллизации под действием излучения CO_2 -лазера.

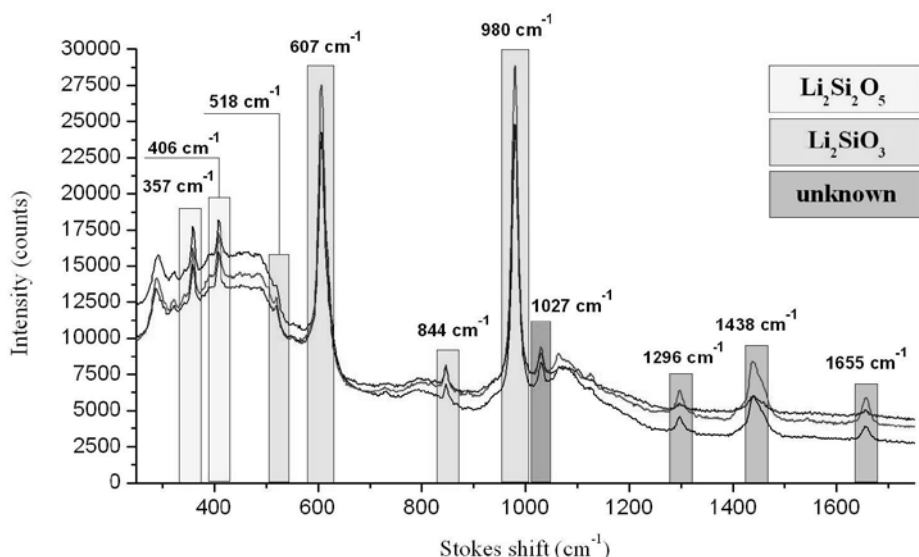


Рис. 4. Рамановские спектры, полученные с различных областей кристаллизации

Как видно, пики рамановских спектров, полученных с областей кристаллизации, могут соответствовать трем кристаллическим фазам: Li_2SiO_3 и $\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$, а также кристаллической фазе, которую не удалось идентифицировать. Тем не менее, максимальное значение интенсивности пиков 406 cm^{-1} и 980 cm^{-1} указывает на то, что в области кристаллизации преобладает преимущественно Li_2SiO_3 . С другой стороны, низкая интенсивность пиков 357 cm^{-1} и 406 cm^{-1} и отсутствие некоторых пиков, характерных для $\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ (560 cm^{-1} , 921 cm^{-1} и 1101 cm^{-1}), может свидетельствовать о том, что кристаллическая фаза $\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ еще только начинает формироваться. Низкая интенсивность пиков неизвестной кристаллической фазы, также может указывать на ее сравнительно малое содержание в области кристаллизации.

Заключение

Полученные результаты по лазерно-индуцированной кристаллизации в объеме пластин ФС марки Foturan™ при отжиге излучением CO_2 -лазера, подтверждают возможность управляемой кристаллизации ФС, минуя при этом ТО в печи, что значительно сокращает длительность всей обработки. Исследование процесса зарождения и формирования кристаллической фазы на дефектах при отжиге позволило определить порог температуры кристаллизации, который оказался на 100–150°C ниже значений температуры кристаллизации при ТО в печи. Рамановские спектры, полученные с областей кристаллизации, позволили предположить, что в процессе лазерного облучения осуществлялось формирование кристаллов Li_2SiO_3 , а также, в меньшей степени, $\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ и кристаллов, которые не удалось идентифицировать.

Работа выполнена при поддержке государственного контракта № 16.740.11.0588, гранта Президента РФ НШ-619.2012.2, гранта РФФИ 13-02-00971 и РФФИ 13-02-00033.

Литература

1. Misawa H., Juodkazis S., Livingston F.E. and Helvajian H. Photophysical Processes that Lead to Ablation-free Microfabrication in Glass-ceramic Materials // 3D Laser Microfabrication: Principles and Applications (Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, FRG). – 2006. – P. 287–339.

2. Hansen W.W., Janson S.W. and Helvajian H. Direct-write UV-laser microfabrication of 3D structures in lithium-aluminosilicate glass // *Photonics West'97 (International Society for Optics and Photonics)*. – 1997. – P. 104–112.
3. Kautek W., Livingston F.E., Adams P.M. and Helvajian H. Influence of cerium on the pulsed UV nanosecond laser processing of photostructurable glass ceramic materials // *Applied Surface Science*. – 2005. – V. 247. – № 1. – P. 526–536.
4. Livingston F.E. and Helvajian H. Photophysical processes that activate selective changes in photostructurable glass ceramic material properties // *Photon-based Nanoscience and Nanobiotechnology (Springer Netherlands, Dordrecht)*. – 2006. – V. 239. – P. 225–265.
5. Evans A., Rupp J.L.M. and Gauckler L.J. Crystallisation of Foturan® glass–ceramics // *Journal of the European Ceramic Society*. – 2012. – V. 32. – № 1. – P. 203–210.
6. Veiko V.P. and Kieu K.K. Laser amorphisation of glass ceramics: basic properties and new possibilities for manufacturing microoptical elements // *Quantum Electronics*. – 2007. – V. 37. – № 1. – P. 92–98.
7. Veiko V.P., Yakovlev E.B. and Shakhno E.A. Physical mechanisms of CO₂-laser-induced rapid structural changes in glass-ceramics // *Quantum Electronics*. – 2009. – V. 39. – № 2. – P. 185–190.
8. Veiko V.P., Kieu Q.K., Nikonorov N.V. and Skiba P.A. On the Reversibility of Laser – induced Phase-structure Modification of Glass-ceramics // *Journal of Laser Micro/Nanoengineering*. – 2006. – V. 1. – № 2. – P. 149–154.
9. Veiko V., Ageev E., Sergeev M., Petrov A. and Doubenskaia M. Photosensitive Glass Modification Based on Infrared CO₂-laser Irradiation // *Journal of Laser Micro/Nanoengineering*. – 2013. – Vol. 8. – No 2. – P. 155–160.
10. Berezhnoi A.I. *Glass-Ceramics and Photo-Sitalls*. – Plenum Press, – 1970. – 444 p.
11. Fuss T., Moguš-Milanković A., Ray C.S., Leshner C.E., Youngman R. and Day D.E. Ex situ XRD, TEM, IR, Raman and NMR spectroscopy of crystallization of lithium disilicate glass at high pressure // *Journal of Non-Crystalline Solids*. – 2006. – V. 352. – № 38. – P. 4101–4111.

УДК 159.99

ДИСКУРСНОЕ ПОЛЕ ВИРТУАЛЬНЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ

А.С. Сергеева

В работе представлен новый подход к анализу коммуникативных практик виртуальных профессиональных сообществ. Рассматриваются основные механизмы саморегуляции виртуальных профессиональных сообществ, в качестве этих механизмов выступает понятие о партиципации, как приверженности профессии и профессиональному сообществу и стремлении участвовать в регуляции коммуникативной активности сообщества, и разделения знаний, как движущей силы коммуникативных действий участников сообщества. Приводится многоуровневая модель функционирования дискурсного поля виртуального профессионального сообщества: от уровня функционирования всего сообщества, до уровня конкретной коммуникативной практики.

Ключевые слова: дискурсное поле, профессиональные виртуальные сообщества, профессиональные сообщества, коммуникация.

Технологический и социальный прогресс общества невозможны без обеспечения эффективной индивидуальной и групповой трудовой деятельности человека. Одним из компонентов деятельности, ведущих к производительному труду, являются эффективные социальная и информационная организация коммуникации между профессионалами как внутри организации, так и вне ее в рамках так называемого «профессионального сообщества».

В наших предыдущих исследованиях была проведена успешная попытка операционализации профессионального дискурса в рамках коммуникации, протекающей при выполнении актуальных рабочих задач [1]. Разработанный инструментарий позволяет выявлять приоритетную тематику общения, жанры осуществляемой коммуникации, а также показывает связь операционализированных параметров с процессами партиципации и разделения знаний. В актуальной научной работе ставится задача пересмотра модели дискурсного поля применительно к изучению виртуальных профессиональных сообществ, с учетом специфики виртуальной коммуникации.

В настоящее время создано достаточно много инструментальных средств изучения различных аспектов профессиональной коммуникации. К ним можно отнести психологические тесты, анкеты, опросники, определяющие особенности личности в процессе труда, совместимость членов группы в процессе выполнения профессиональных задач и т.д. Наблюдается чрезвычайное разнообразие в применяемых методических приемах и процедурах тестирования.

Однако приходится признать, что данные средства в большинстве своем малопригодны для исследования процессов, протекающих в реальных коммуникационных средах. Они не учитывают синтетический характер коммуникативной среды и рассматривают лишь некоторые свойства его элементов. Кроме того, большая часть исследовательских методов, использующихся при анализе коммуникации, протекающей в условиях общения лицом к лицу, в ситуации непосредственной коммуникации, непригодно для изучения процессов коммуникации, протекающих в так называемой виртуальной или опосредованной компьютером коммуникации.

В работах, посвященных проблемам отличий коммуникации, опосредованной компьютером, от коммуникаций, протекающей непосредственно при общении лицом к лицу, чаще всего выделяют следующие отличительные черты виртуальной коммуникации: анонимность, физическую непредставленность коммуникантов и отсутствие невербальной информации, нерегламентированность поведения, сниженные психологические и социальные риски в коммуникации [2] ограниченное сенсорное переживание, опять-таки анонимность (и феномен множественной личности), уравнивание статусов (сетевая демократия), растяжение ситуативного времени, неограниченная доступность контактов, постоянная фиксация коммуникаций [3].

В разрезе профессиональной виртуальной коммуникации особый интерес представляют тематические профессиональные сообщества, объединенные общими профессиональными интересами и допускающие возможность обмена опытом между участниками. В современном интернет-пространстве такие сообщества чаще всего приобретают форму тематических форумов, профессиональных социальных сетей или профессиональных блогов: наиболее успешные профессиональные площадки представляют собой различные комбинации этих форм. Такие сообщества успешно функционируют в сети на протяжении нескольких лет, обладают стабильно растущей аудиторией и являются активными площадками для обсуждения и решения профессиональных проблем участников сообщества. Чаще всего такие сообщества обладают свойствами саморегуляции относительно поведения участников и генерации контента: в каждом таком сообществе существуют явные и «неявные» правила поведения участников и критерии оценки качества создаваемых и обсуждаемых тем. Таким образом, можно сказать о том, что профессиональные виртуальные сообщества обладают свойствами самоорганизующейся системы и для их исследования необходим подход, учитывающий динамику развития и саморегуляцию сообществ.

В предшествующих работах нами было разработано понятие о дискурсном поле организации, применительно к осуществляющимся в рамках нее коммуникативным процессам [4].

В данной работе предлагается использовать понятие о дискурсном поле, как об адекватной модели для изучения функционирования профессионального виртуального сообщества.

Дискурс – одно из интенсивно развивающихся в настоящее время в гуманитарных традициях и психологических науках понятий, с широким контекстом обозначающее язык (речь, текст), опосредованные макросредой (чаще всего говорят о социальной и коммуникативной средах), в которых происходит его использование [5]. Понятия «дискурс» и «анализ дискурса» широко используются в экспериментальной практике социальной психологии и социологии. Например, при изучении феноменов функционирования социальных институтов, порождения расовых и культурных стереотипов, социальных ролей и т.д. Социально-конструктивистская позиция изучения дискурса включает в себя интерпретационные подходы, рассматривающие дискурс как механизм, создающий некую социальную и организационную реальность, и фокусирующаяся на том, чтобы определить глубинные процессы и структуры, заставляющие участников действовать тем или иным образом.

Под дискурсным полем понимается самоорганизующаяся система, возникающая в условиях кооперативного взаимодействия участников коммуникации, ориентированных на достижение общих целей. Через генерацию дискурса в дискурсном поле происходит управление членами сообщества, их ориентирование на труд и на решение профессиональных, а иногда и личных проблем. Кроме того, дискурсное поле профессионального виртуального сообщества содержит его историю, зафиксированную как в памяти членов сообщества, так и в сохраненной коммуникации (архивы сообщений, переписки и т.д.). Дискурсное поле носит динамический характер и вместе с тем, сохраняет присущие ему структуру и форму, отражающие специфику профессиональной деятельности и систему сложившихся отношений между участниками сообщества. В дискурсном поле происходит дифференциация тем в зависимости от их актуальности и значимости для членов сообщества, как социального единства.

В качестве механизмов, порождающих в процессах коммуникативной самоорганизации дискурсное поле профессионального виртуального сообщества, нами рассматриваются партиципация и разделение знаний, которые отражают формы управления индивидуальным и групповым поведением участников сообщества.

Обычно, под феноменом партиципации понимают желание и возможность работников участвовать в работе организации [6]. В контексте анализа профессиональных виртуальных сообществ, партиципация может трактоваться как приверженность участника профессиональному сообществу и участие в динамических процессах регуляции контента и поведения участников («выбраковка» плохо написанных или не относящихся к тематике ресурса статей или участие в голосовании «за бан», т.е. исключении участника из сообщества).

Под разделением знаний в рамках данной работы понимается процесс передачи и получения знаний между людьми, способствующий появлению нового понимания относительно решаемых задач [7] и при этом участники коммуникации в механизме разделения знаний являются элементами сохранения и передачи опыта, ведущего к самоорганизации процессов коммуникации. Профессиональное виртуальное сообщество не может существовать без механизмов, поощряющих экспертных участников сообщества делиться своими знаниями с менее опытными коллегами; в качестве инструментов поощрения выступают понятия о «репутации» или рейтинге

пользователя, количестве благодарностей от других членов виртуального сообщества и т.д.

Таким образом, мы можем предложить следующую операционализированную модель дискурсного поля профессионального виртуального сообщества.

На уровне всего виртуального профессионального сообщества, дискурсное поле организации отражает сложившуюся культуру виртуального сообщества в неразрывной связи с собственно профессиональной культурой данной профессии.

На уровне изучения процессов коммуникации, протекающих в рамках сообщества, операционализированные характеристики дискурсного поля связаны с характеристиками процессов управления и самоуправления и передачи знания между членами профессионального виртуального сообщества. Данные механизмы запускают коммуникационные циклы, связанные с возникающими темами коммуникации и в результате поддерживают или преобразуют текущие характеристики дискурсного поля.

На уровне отдельной коммуникативной практики дискурсное поле сохраняет в себе типовой сценарий общения в данной ситуации (в рамках данного сообщества и данной тематики). Такие сценарии общения являются неотъемлемой частью представлений о том, как именно протекает общение в данном сообществе, нарушение этих правил ведет к коммуникативной неудаче и чувству субъективной неудовлетворенности коммуникацией (рисунок).



Рисунок. Модель дискурсного поля виртуального профессионального сообщества на различных уровнях рассмотрения коммуникации

Заключение

В настоящей работе была представлена модель дискурсного поля виртуального профессионального сообщества, построенная на базе модели дискурсного поля

организации. Данная операционализованная модель может быть использована в следующих научных и практических целях:

- анализ концептуального базиса профессиональной практики, отраженного в форме коммуникаций между профессионалами сообщества;
- выдвижение требований к проектированию эффективного профессионального сообщества (например, научных или учебных социальных сетей); под эффективностью в данном случае понимается активность участников сообщества и полезность сообщества при решении профессиональных задач;
- оценка профессиональной компетентности членов сообщества, в том числе в целях рекрутинга перспективных специалистов;
- построение базы знаний для отдельных профессиональных областей.

Литература

1. Маничев С.А., Червинская К.Р., Сергеева А.С. К вопросу об операционализации жанрово-тематических параметров дискурсов организации. Ч. I. // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 12. – 2011. – Вып. 1. – С. 132–138.
2. Меновщиков В.Ю. Психологическая помощь в сети Интернет. – М.: Флогистон, 2007. – 178 с.
3. Сулер Дж. Люди превращаются в Электроников: Основные психологические характеристики виртуального пространства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://flogiston.ru/articles/netpsy/electronic>, свободный (дата обращения: 21.09.2013).
4. Сергеева А.С. Жанрово-тематическая структура дискурсного поля организации: Автореф. дис. ... канд. психол. наук. – М., 2013. – 26 с.
5. Дейк Т.А. ван. Эпизодические модели в обработке дискурса. – М.: Прогресс, 1989. – С. 68–110.
6. Яницкий О.Н. Развитие экологических движений на западе и востоке Европы // Социологические исследования. – 1992. – № 1. – С. 32–39.
7. Червинская К.Р. Психологические основы инженерии знаний: Учебное пособие. – СПб: Факультет психологии СПбГУ, 2009. – 148 с.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УЧЕТА И ОЦЕНКИ ВОЛОНТЕРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ ВУЗА

Л.В. Силакова

Научный руководитель – д.э.н., профессор Г.П. Петропавлова

Актуальность проведения предлагаемого исследования определяется, с одной стороны, наблюдаемой в настоящее время активизацией добровольческой деятельности студентов в период их обучения, а, с другой стороны, необходимостью систематизации этой работы со стороны администрации вуза, как важнейшего инструмента роста его рейтингов на мировом рынке образовательных услуг. Организация учета и развитие инструментов оценки социальной активности студенчества должны также способствовать развитию академических свобод и мобильности молодежи – главного источника рождения инноваций в среде обучаемых. Кроме того, исследования по разработке системы учета и оценки волонтерской деятельности в вузе должно сопровождаться и проведением организационной работы по официальной регистрации волонтерской организации на базе вуза (разработка алгоритма в рамках любого действующего учебного заведения высшего образования). Данная идея прошла апробацию на научно-теоретическом семинаре по философии, состоявшемся 23 мая 2013 г. В проведении которого участвовали волонтеры ИХиБТ НИУ ИТМО первого курса и аспиранты.

Ключевые слова: университет, эффективность вуза, научно-исследовательская деятельность, волонтерская организация, добровольчество, социальные инновации, science education.

По нашему мнению можно считать, что с принятием нового Закона «Об образовании» № 273-ФЗ, завершилось формирование новой институциональной модели российской системы образования. В этой модели роль вуза значительна (как и заведено в условиях постиндустриального общества). В тоже время, существует необходимость подготовки высококачественных кадров и специалистов, начиная с самого раннего возраста. В настоящее время идет активная пропаганда ведения научной работы в связи с необходимостью реализации стратегических программ развития вузов. Наряду с этим можно обратить внимание, что за последние несколько лет наблюдается рост популярности к различным волонтерским проектам. Этот рост обусловлен повышением активности молодежи, широким обсуждением законопроекта «О волонтерстве» (ставшим камнем преткновения в СМИ), причиной которого послужила организация Олимпиады Сочи 2014. Современная молодежь не так нацелена на материальные блага, как предыдущее поколение. Мотивацией служат не столько материальные блага, сколько социальный капитал, который может и должен быть «материализован» в оценке результатов деятельности. Стремление направлено на реализацию себя и своих возможностей в этом мире. У современной молодежи имеются познавательный интерес, амбиции и желание проявить себя. Они готовы затратить время и силы (интеллектуальные, физические, эмоциональные), чтобы получить навыки и компетенции, которые вероятно понадобятся им в будущем.

При традиционном экономическом подходе эффективность рассчитывается как отношение экономического эффекта к затратам, произведенным за конкретный период времени. Однако в случае с волонтерской деятельностью субъект таких отношений (в данном случае вуз или кафедра) не несет издержек по данному виду деятельности. Сейчас существуют проблемы с оценкой и учетом волонтерской деятельности в вузах России. На данный момент в России не существует четких механизмов оценки и учета волонтерской деятельности в вузе, что и является предметом нашего исследования.

Предлагается разработать систему учета и оценки деятельности функционирующей волонтерской организации в вузе и встроить его в университетское информационное поле. Для активизации данного алгоритма представляется возможным разработать и создать базу данных для учета вклада каждого студента, преподавателя,

ученого в научную или социальную жизнь вуза, а также разработать инструменты оценки их социальной активности.

В традиционном понимании эффективность любого хозяйствующего субъекта выражается в показателе экономической эффективности EFF , который можно выразить следующей формулой:

$$EFF = EF/RC, \quad (1)$$

где EF – величина экономического эффекта; RC – величина ресурсов или затрат.

Однако оценка эффективности волонтерской организации требует методологических подходов, отличающихся от традиционного понимания эффективности хозяйствующего субъекта.

В университетах зарубежных стран, в частности, Северной Америки, уже с 1980-х годов особое внимание уделяется студенческим волонтерским организациям как среде, где развиваются лидерские качества и «активная жизненная позиция» студента, что формирует некий гарант появления свежих идей, неординарных подходов, смелых решений и склонности к управленческому мышлению. Что всегда обеспечивало развитие экономики.

Образовательное значение и экономический эффект волонтерства исследуется уже давно. Во всех университетах и колледжах США есть специальные отделы, предлагающие разнообразные лидерские программы. Чаще всего такие отделы выполняют задачи развития морального сознания, лидерских качеств и стремления к общественному служению у студентов. В качестве примера приведем Центр развития лидерства, этики и служения обществу, созданный в 1998 г. в Университете Северной Каролины. В Университете Майами разработана политика Observership (кураторства, мониторинга), которая определяет права, обязанности и порядок деятельности добровольцев в университете, а также условия их регистрации [1, С. 8].

Таким образом, система учета и оценки волонтерской деятельности студентов в вузе станет не только отражением социальной активности, интереса к научному познанию, проявлением лучших качеств, но также будет способствовать развитию и популяризации научно-исследовательской деятельности и улучшению имиджа вуза.

Описываемый механизм (система) представляет собой платформу (базу данных), содержащую в себе информацию о деятельности волонтерского ресурса в научной и общественной жизни вуза. Волонтерский ресурс представляет собой группу добровольцев (студенты, аспиранты, научно-педагогический состав, профессура), деятельность которых будет фиксироваться в базе данных. В связи с этим для оценки эффективности деятельности организации предлагается ввести показатель, сочетающий в себе, с одной стороны экономический эффект, а с другой стороны – социальный.

В рамках данного исследования предлагается использовать для оценки экономической эффективности показатель, характеризующий количество часов, занятых волонтерской деятельностью, по категориям (от 1 до 5, в зависимости от сложности работы, навыков и использования интеллектуального потенциала).

Согласно ст. 34 Бюджетного кодекса Российской Федерации принцип эффективности (и экономности) использования бюджетных средств заключается в «использовании наименьшего объема средств для достижения заданного результата или достижение наилучшего результата при фиксированном объеме бюджетных средств» [2].

Однако для расчета стоимости экономического эффекта волонтерской студенческой организации можно использовать такой алгоритм:

1. определить число волонтеров и количество часов, которое каждый из них уделил добровольчеству в указанный период времени. Эти данные формируются на основе экспертных оценок;

2. вычислить суммарное количество часов, посвященных выполнению задачи в определенный период времени;
3. наконец, общее количество затраченных добровольцами часов умножается на денежную стоимость или «условную» заработную плату, в результате чего получается условно исчисленная «стоимость времени», затраченного на добровольную деятельность, т.е. ее экономический эффект [3].

В зарубежной практике волонтерских организаций существует множество способов для измерения экономической ценности деятельности волонтера, из которых можно выделить два наиболее общих подхода.

1. Подход альтернативных издержек, отражен следующей формулой:

$$EE_1 = T \cdot E_w, \quad (2)$$

где T – время, затраченное на волонтерскую деятельность; E_w – часовая ставка оплаты труда на основном месте работы волонтера.

Данным расчетом экономическая ценность труда добровольца оценивается как стоимость часа работы волонтера, исходя из его средней заработной платы на основном месте работы.

2. Подход замещения стоимости:

$$EE_2 = T \cdot E_n, \quad (3)$$

где T – время, затраченное на волонтерскую деятельность; E_n – часовая ставка оплаты труда наемного работника.

Здесь измеряется ценность волонтерской помощи и ценность для общества в целом. Оценивается стоимость часа добровольческой работы, в соответствии со средней оплатой за подобный вид деятельности наемному работнику. Однако возникающие трудности в измерении ограничивают практическое применение этого подхода [4, С. 36].

Как мы видим и часто делаем, можно пользоваться опытом других стран. Аналоги волонтерских организаций существуют в зарубежных странах, однако, необходимо учитывать специфику нашей страны. По данным статистики на конец 2009 г. в России лишь 8% населения хотели бы заниматься волонтерской деятельностью или благотворительностью, если бы не вынуждены были искать средства к существованию (опрос центра Superjob.ru). В тоже время, в США 27% населения занимались волонтерской деятельностью [5]. Кроме того, уникальностью предлагаемого ресурса является то, что он будет доступен для пользования практически каждому подразделению вуза, занимающегося научно-исследовательской работой.

В связи с этим можно говорить, что на сегодняшний день в России на базе вузов пока нет аналогов зарубежным волонтерским организациям. Исходя из этого, представляется необходимым определить ряд шагов в этом направлении:

1. первым и главным шагом на пути явилась разработка Проекта Федерального Закона «О добровольчестве (волонтерстве)», подготовленный в рамках реализации права законодательной инициативы и опубликованный в январе 2013 г. на странице Комитета Совета Федерации по социальной политике для организации общественного обсуждения (проект неоднозначен и вызвал ожесточенные споры в СМИ) [6];
2. использовать опыт создания и работы на базе ряда вузов страны добровольческой организации «Волонтеры Сочи 2014», а также опыт зарубежных вузов;
3. предлагается внедрить показатель наличия добровольческой организации в виде автономного учреждения в качестве индикатора развития академического самоуправления в вузе.

Автономия означает независимый от кем-либо установленный порядок. И это крайне важное условие формирования такого рода организации. В научной литературе автономия вуза трактуется как институциональная форма академической свободы. А

как принцип управления организацией она отражает степень децентрализации, определяет развитие самоорганизации и самоуправления и ведет к саморегуляции.

В перспективе, данная методика может быть разработана в систему измерения социального капитала студентов. Данная система представляет собой автономный ресурс (в сети Интернет или на информационной платформе вуза), который будет доступен любому подразделению, факультету и кафедре данного вуза. Например, при проведении малым инновационным предприятием (МИП) научного исследования, или научно-исследовательской лабораторией (НИЛ) – конференции. Кроме того, перспективой также является выход на интернет-пространство и осуществление так называемого виртуального волонтерства.

На международном научно-теоретическом семинаре по философии, состоявшемся 23 мая 2013 г. идея применения волонтерской деятельности прошла практическое применение. В проведении этого семинара участвовали волонтеры ИХиБТ первого курса и аспиранты (осуществлявшие организаторскую функцию и функцию переводчика).

Социальным эффектом этой социальной инновации будет повышение уровня образования, культуры, профессиональной подготовки студентов, формированию у них уверенности и ответственности за свой выбор, снижении уровня негативных явлений в жизни вуза, а экономическим эффектом – снижение альтернативных издержек и экономия финансовых ресурсов вуза. Другими словами, конвертируя волонтерскую деятельность студентов в их социальный капитал, способствующий становлению социально-личностных компетенций будущих молодых специалистов, одновременно будет образовывать для вуза экономию финансовых ресурсов.

Таким образом, вуз станет субъектом социальной политики страны, что является очень важным и имеет большие перспективы для государственного высшего образования, поскольку поможет повысить качество и имидж образовательных услуг, в целом, и помочь формированию положительного имиджа вуза на мировом рынке.

Данный проект призван стать инструментом экономического, научного, социального развития вуза, ученых и студентов соответственно. Можно кратко сформулировать основные положительные факторы от использования данного проекта (таблица).

Таблица. Положительное влияние применения волонтерского ресурса для разных субъектов образовательной деятельности

Субъект	Факторы от применения волонтерского ресурса
Студент	<ul style="list-style-type: none"> – инструмент повышения собственного социального статуса; – получение опыта, навыков и компетенций; – становление социально-личностных компетенций будущих молодых специалистов; – возможность трудоустройства в будущем (ведь часто знакомства заводятся на таких встречах, неформальных перерывах)
Вуз (кафедра)	<ul style="list-style-type: none"> – показатель академических свобод и мобильности студентов; – популяризация науки; – развитие положительного имиджа; – экономия средств
Преподаватель	– учет затрат времени на воспитательную работу
Общество	– шаг к построению гражданского общества в будущем

Из возможных областей применения, в общем, можно назвать российские вузы, и в частности, для увеличения эффективности МИП или НИЛ вуза. Тем более, что затраченное на волонтерскую деятельность можно учитывать в балльно-рейтинговой

системе. Для активизации данного алгоритма представляется возможным создать базу данных для учета вклада каждого студента, преподавателя, ученого в научную или социальную жизнь вуза. Однако на данный момент существуют проблемные зоны как в нормативно-правовом аспекте.

Таким образом, направлением дальнейших исследований представляется как дальнейшая разработка и применение описанного механизма (ресурса), а также попытка встроить его в университетское информационное поле и разработка нормативно-правовой базы.

Для попадания в ТОП-100 российским вузам необходимо поднять свой рейтинг по всем показателям. Среди них имеют место различные формы социальной активности студентов. Данный проект будет способствовать стратегическим целям.

Литература

1. Будылин Д.Ю., Полатайко С.В., Силакова Л.В. Социальные инновации как фактор развития университета // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». – 2013. – № 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.economics.ihbt.ifmo.ru/file/article/649.pdf>, своб.
2. Бюджетный кодекс Российской Федерации от 31.07.1998 № 145-ФЗ // СПС «КонсультантПлюс: ВерсияПроф» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: consultant.ru, своб.
3. Трохина А.В. Оценка трудового потенциала и экономических эффектов волонтерства // Теория и практика общественного развития. – 2012. – № 12. – Режим доступа: <http://www.teoria-practica.ru/-12-2012/economics/trokhina.pdf>, своб.
4. Manual on the measurement of volunteer work // International Labour Office. Department of statistics. – Geneva: ILO, 2011 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@dgreports/@stat/documents/publication/wcms_162119.pdf, своб.
5. Федосова Екатерина. Почувствуйте разницу: волонтерство в развитых странах // Электронный журнал о благотворительности «Филантроп» Рубрика: Анализ. – 2010 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://philanthropy.ru/analysis/2010/09/29/3422/#.UkgE34bwnE0>, своб.
6. Пресс-служба Общественной палаты РФ / «Проект ФЗ о добровольчестве (волонтерстве)» – Электрон., дан. – 24.01.2013 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.oprf.ru/discussions/1389/newsitem/20345>, своб.

ЛАЗЕРНОЕ ЛОКАЛЬНОЕ ОКИСЛЕНИЕ ТОНКИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК

Д.А. Синев

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

Подробное изучение особенностей лазерной термохимической модификации металлических пленок может дать ключ к кардинальному расширению возможностей этой технологии, включая запись субмикронных структур со сверхвысоким разрешением. В настоящей работе представлены результаты расчета динамики процесса окисления тонкой пленки металла с учетом изменения оптических характеристик пленки в процессе лазерно-индуцированного окисления. Показано, что связь между толщиной оксида и поглощательной способностью модифицируемой структуры является одним из ключевых факторов, влияющих на процесс термохимической записи.

Ключевые слова: лазерное окисление, дифракционные структуры, металлическая пленка.

Введение

Лазерная литография, наряду с фотолитографией, в наши дни входит в число лучших способов формирования топологии дифракционных оптических элементов, фотошаблонов интегральных схем и других планарных структур. Повышение точности технологии фотолитографии до настоящего времени производилось с помощью использования коротковолнового экспонирующего излучения (deep ultraviolet, DUV), а также непрерывного усложнения технологического процесса (например, иммерсионная фотолитография – экспонирование сквозь слой жидкости; фотолитография с двойным формированием рисунка (double pattern, DP) – экспонирование производится несколько раз), что приводило к удорожанию технологии и удлинению производственного цикла. Также предлагались отдельные технологии, модифицирующие саму схему техпроцесса, из которых самыми перспективными из промышленно используемых в настоящее время необходимо признать фотолитографию в глубоком ультрафиолете (extreme ultraviolet lithography, EUV-литография), использующую экспонирующее излучение экстремального ультрафиолетового диапазона с длиной волны около 13,5 нм, и наноимпринт-литографию (nanoimprint lithography, NIL), совмещающую механическое формирование топологии поверхности с экспонированием фоторезиста. Однако и эти технологии не решали все проблемы развития литографической технологии, повышая точность производства за счет удорожания технологии или упрощая техпроцесс в ущерб его производительности. От остальных же вариантов (рентгеновская литография, электронно-лучевая литография и пр.), по оценкам экспертов, в ближайшие годы не ожидается существенного вклада в производственные мощности [1]. Учитывая вышеозначенные проблемы существующих методик, одним из наиболее многообещающих методов следует признать метод термохимической лазерной литографии, основанный на локальном лазерном окислении тонкой металлической пленки с последующим удалением необлученной области путем химического травления [2]. Подробное изучение особенностей взаимодействия лазерного излучения с материалом тонких металлических пленок может позволить запись планарных структур субмикронного диапазона со сверхвысоким разрешением.

Моделирование

Обычно для анализа лазерного окисления используется традиционный подход [3], когда процесс нестационарного лазерного окисления приводится к стационарной модели с введением так называемого эффективного времени окисления. Такой подход

позволяет определить конечное значение толщины оксида, нарастающего на тонкой металлической пленке при тепловом воздействии лазерного излучения и дает результаты расчета, хорошо согласующиеся с экспериментом в случае небольшого отличия оптических свойств материала металлической пленки и ее оксида, как это имеет место, например для пленок хрома [4], а также показывает, как именно положительная обратная термо-хемо-оптическая связь влияет на характеристики записываемых структур (рис. 1) [5].

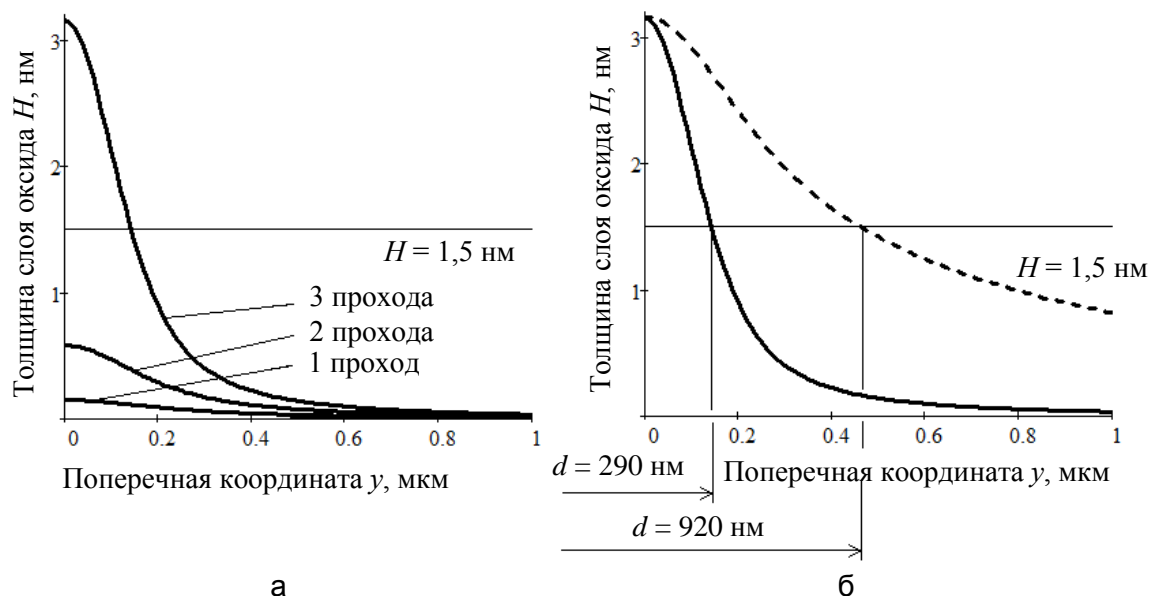


Рис. 1. Поперечное распределение толщины окисленного слоя, возникающего при различном количестве проходов сканирующего лазерного луча. $P = 3,8$ мВт, $r_0 = 0,2$ мкм, $h = 30$ нм, $V = 0,5$ м/с (а); сравнение толщин возникающего оксида хрома при обработке сканирующими непрерывными лазерными лучами при трех проходах со скоростью сканирования $V = 0,5$ м/с (сплошная кривая) и при одном проходе со скоростью сканирования $V = 0,077$ м/с (пунктирная кривая) (б) [5]

Для рассмотрения процесса нагревания и поверхностного окисления тонкой металлической пленки, находящейся на поверхности стеклянной подложки, непосредственно в динамике была разработана новая теоретическая модель. Сравнение мощностей тепловых потоков, возникающих на границах нагретой до температуры T цилиндрической области с площадью основания S в металлической пленке толщиной h из-за теплопроводности стороны $F_{me} = k_{me} \cdot \left| \frac{\partial T}{\partial x} \right| \cdot S_{me} \approx k_{me} \cdot \frac{T}{\sqrt{a_{me} \cdot \tau}} \cdot 2\pi r_0 h$ и из-за теплопередачи из пленки в стеклянную подложку $F_{sub} = k_{sub} \cdot \left| \frac{\partial T}{\partial x} \right| \cdot S_{sub} \approx k_{sub} \cdot \frac{T}{\sqrt{a_{sub} \cdot \tau}} \cdot 2\pi r_0^2$ при воздействии лазерного импульса длительностью τ порядка сотен наносекунд с радиусом луча $r_0 = 120$ мкм на пленку металла толщиной h в несколько десятков нанометров, показало, что тепло распространяется в основном в пленке, а теплопередачей в подложку можно пренебречь, поскольку $F_{me} \gg F_{sub}$, k и a – тепло- и температуропроводность пленки, а индексы me , ox и sub обозначают величины, относящиеся к металлической пленке, слою оксида и стеклянной подложке соответственно.

Для анализа процесса окисления был рассмотрен случай термически больших размеров облученной области $2r_0 \gg (a\tau)^{0,5}$. В этом случае при нагревании пленки импульсом излучения в центре облученной области радиальный теплоотвод также отсутствует и динамика нагрева пленки определяется только поглощением излучения. Зависимость скорости роста толщины слоя оксида от температуры пленки определяется Вагнеровским законом окисления [3].

Таким образом, процесс окисления определялся системой двух уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dT}{dt} = \frac{qA(H)}{\rho_{me}c_{me}h} \\ \frac{dH}{dt} = \frac{B}{H} \exp\left(-\frac{T_a}{T}\right), \end{cases} \quad (1)$$

где B – константа параболического окисления; T_a – активационная температура для реакции окисления; a – поглощательная способность пленки $A(H)$ зависит от толщины окисла H пропорционально некоей функции $\varphi(H)$: $A(H) = A_0\varphi(H)$.

При этом, поскольку $\frac{dH}{dt} = \frac{dT}{dt} \frac{dH}{dT}$, получим из системы (1):

$$\frac{B}{H} \exp\left(-\frac{T_a}{T}\right) = \frac{dH}{dT} \frac{qA_0\varphi(H)}{\rho_{me}c_{me}h}. \quad (2)$$

Если поглощательную способность пленки в процессе ее окисления считать постоянной $A=A_0$ (что принималось в ранее используемых моделях лазерного окисления и с некоторой погрешностью можно принять, например, для случая пленки хрома, хотя и для этого случая сильное влияние изменения оптических характеристик на характер протекания процесса окисления пленки), решение уравнения (2) находится

в виде $H(T) = \sqrt{\frac{2\rho_{me}c_{me}hB \cdot T E_2\left(\frac{T_a}{T}\right)}{qA}}$, где E_2 – интегральная показательная функция. Для

анализа зависимости процесса окисления пленки от оптических свойств образующегося окисла используем линейную аппроксимацию функции $\varphi(H)$ для определения зависимости поглощательной способности пленки от толщины слоя окисла: $A(T) = A_0(1 - \Gamma \cdot H(T))$, где $\Gamma = \frac{\alpha_{me} - \alpha_{ox}}{\alpha_{me}h}$ и α – показатель поглощения.

Решение дифференциального уравнения (2) находим тогда интегрированием, в результате которого получаем кубическое уравнение для определения толщины слоя окисла

$$H^3 - \frac{3}{2\Gamma} H^2 + \frac{3\rho_{me}c_{me}hB}{qA_0\Gamma} T \cdot E_2\left(\frac{T_a}{T}\right) = 0. \quad (3)$$

Используя тригонометрическую формулу Виета, находятся три решения уравнения (3), однако только одно удовлетворяет дополнительным условиям физичности $H(T) > 0$ и $H(0) = 0$:

$H(T) = -2\sqrt{Q} \cos\left(\vartheta(T) + \frac{2\pi}{3}\right) + \frac{1}{2\Gamma}$ при отрицательной Γ (например, для окисления пленки хрома) и $H(T) = -2\sqrt{Q} \cos\left(\vartheta(T) - \frac{2\pi}{3}\right) + \frac{1}{2\Gamma}$ при положительной Γ (для окисления тонкой пленки титана или другого металла, образующего полупрозрачный оксид), при этом $\Omega(T) = \frac{3BT\rho_{me}c_{me}hE_2\left(\frac{T_a}{T}\right)}{qA\Gamma}$, $R(T) = \frac{4\Omega(T)\Gamma^3 - 1}{8\Gamma^3}$, $Q = \frac{1}{4\Gamma^2}$,

$$S(T) = (Q)^3 - (R(T))^2 > 0 \quad \text{и} \quad \vartheta(T) = \frac{1}{3} \arccos\left(\frac{R(T)}{\sqrt{Q^3}}\right) \quad [6]. \quad \text{Результаты}$$

моделирования приведены на рис. 2; как можно видеть, сквозное окисление пленки титана является затруднительным вследствие проявления отрицательной обратной связи толщины слоя оксида и поглощательной способности материала, что подтверждается получаемыми нами типичными экспериментальными результатами при однократном облучении титановой пленки сканирующим лучом импульсного волоконного иттербиевого лазера [6].

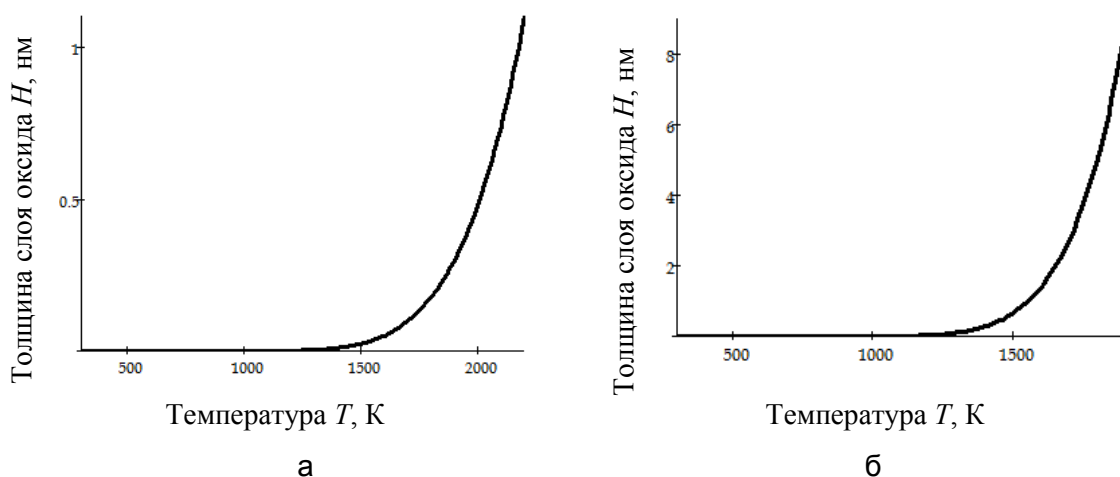


Рис. 2. Расчет толщины оксида в зависимости от лазерно-индуцированной температуры пленки: хрома толщиной $H = 30$ нм (а), титана толщиной $H = 60$ нм (б). Лазерное воздействие с длительностью импульса $T = 100$ нс и интенсивностью $q = 5,5 \cdot 10^8$ Вт/м² смоделировано с учетом изменения поглотательной способности пленки [6]

Заключение

Нами была показана значимость учета изменения оптических характеристик металла, подвергающегося локальному лазерно-индуцированному окислению в целях записи планарных структур термохимическим методом. Представленная в настоящей работе теоретическая модель позволяет изучать процесс окисления непосредственно в динамике, учитывая при этом термо-хемо-оптическую обратную связь. Настоящий расчет, примененный к окислению титановой пленки, не выявляет ожидаемого значительного замедления нарастания толщины окисленного слоя из-за повышения поглощения излучения в материале, хотя, возможно, это отчасти связано с выбором аппроксимационной зависимости. В любом случае, он демонстрирует, что окисление пленки титана как металла, образующего полупрозрачный оксид, определяется все меньшим прогреванием пленки в результате возникающей термо-хемо-оптической обратной связи, вследствие чего процесс окисления будет слабо автоингибироваться, что подтверждается полученными нами экспериментальными результатами. Выявлению неразрушающих режимов записи структур на пленках титана и других металлов и возможностей максимизации разрешающей способности технологии лазерной литографии будет посвящена дальнейшая экспериментальная и теоретическая работа.

Литература

1. Intel and ASML Reach Agreements to Accelerate Key Next-Generation Semiconductor Manufacturing Technologies [Электронный ресурс] / Intel Newsroom. – Electronic data. – Режим доступа: http://newsroom.intel.com/community/intel_newsroom/blog/2012/07/09/intel-and-asml-reach-agreements-to-accelerate-key-next-generation-semiconductor-manufacturing-technologies, своб.
2. Вейко В.П., Метев С.М. Лазерные технологии в микроэлектронике. – София: Изд. Болгарской АН, 1991. – 363 с.
3. Либенсон М.Н. Лазерно-индуцированные оптические и термические процессы в конденсированных средах и их взаимное влияние. – СПб: Наука, 2007. – 423 с.

4. Veiko V.P., Shakhno E.A., Poleshchuk A.G., Korolkov V.P., Matyzhonok V.N. Local laser oxidation of thin metal films: ultra-resolution in theory and in practice // Journal of Laser Micro/Nanoengineering. – 2008. – V. 3. – № 3. – P. 201–205.
5. Вейко В.П., Шахно Е.А., Синева Д.А. О возможности повышения разрешающей способности лазерной термохимической записи на тонких пленках хрома путем многократного воздействия // Изв. вузов. Приборостроение. – 2013 (принята в публикацию).
6. Sinev D.A., Shakhno E.A., Kulazhkin A.M., Kochetova V.A., Kochetov A.D. The peculiarities of local laser oxidation of metal films // Proceedings of SPIE. – 2013. – V. 9065. – P. 90650N.

УДК 338.439

ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ВЕТРОВОЙ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ

В.А. Староверова

Научный руководитель – к.т.н., доцент О.И. Сергиенко

Рассмотрены методологические основы выполнения оценки эколого-экономической эффективности ветровой энергоустановки с учетом экологических воздействий, экономических затрат и результатов в жизненном цикле. Показано, что такой подход позволяет определить экологические аспекты ветроустановки, найти пути для экологических улучшений, а также выявить экологические и экономические преимущества по сравнению с традиционными энергетическими установками.

Ключевые слова: оценка жизненного цикла, категории воздействия, ресурсная эффективность, затраты в жизненном цикле, ветровая энергетическая установка.

Быстрый рост мирового энергопотребления в настоящее время приводит к увеличению воздействия энергетики на окружающую среду, нарушению теплового баланса атмосферы и глобальному изменению климата. Дефицит энергии и ограниченность топливных ресурсов с все нарастающей остротой показывают неизбежность поиска альтернативных источников энергии, что повышает интерес к данной проблематике мирового научного сообщества.

Актуальность эколого-экономической оценки альтернативных источников энергии в России связана с тем, что, с одной стороны, в нашей стране развитие возобновляемых источников энергии рассматривается как одно из стратегических направлений в «Новой энергетической стратегии России на период до 2030 года», а с другой – с тем, что они обладают и рядом недостатков, сдерживающих их применение [1]. Во-первых, они являются источниками отрицательных экологических аспектов, таких, как шумовое воздействие и нарушение мест обитания. Во-вторых, они, как правило, требуют значительной территории для размещения, а также эффективно функционируют только при определенных атмосферно-климатических условиях. Так, например, ветровые энергетические установки (ВЭУ), обладая достаточно высоким потенциалом энергоэффективности в ряде регионов нашей страны, тем не менее, не находят широкого применения вследствие низкой ресурсной эффективности [2].

Кроме того, несмотря на декларирование стратегических целей развития альтернативной энергетики, другой причиной, сдерживающей применение ВЭУ в нашей стране, является отсутствие государственной поддержки производителей и потребителей ВЭУ. Методологические подходы к определению экологической и экономической эффективности ВЭУ, которые можно было бы использовать для целей обоснования инвестиционных проектов, по-прежнему, остаются непроработанными [3, 4].

Целью данного исследования является оценка эколого-экономической эффективности ВЭУ в жизненном цикле (ЖЦ), позволяющая, наряду с экологическим воздействием, также определить и экономические затраты на ветроустановку.

В связи с этим были сформулированы следующие задачи: определить универсальные показатели эколого-экономической эффективности ВЭУ в ЖЦ и обосновать с экологических и экономических позиций применение ВЭУ в системе энергоснабжения промышленного предприятия.

Объектом исследования является ветровая энергетическая установка БРИЗ-5000 номинальной мощностью 5 кВт, снабженная дизельным генератором для получения электрической энергии при неблагоприятных метеоусловиях и низких скоростях ветра [5, 6]. В случае длительного штиля рекомендуется иметь резервный источник энергии для заряда аккумуляторной батареи. Наиболее часто в качестве резервного источника применяется дизель-генератор. Комбинированная ВЭУ применяется для автономного энергоснабжения различных объектов, удаленных от централизованных систем электроснабжения, таких, например, как производственные цеха, коттеджные поселки, воинские части и т.д.

Теоретическую и методологическую базу исследования составили концепции экологического ЖЦ продукции и менеджмента цепочки поставок, а также следующие методы:

- анализ ресурсной эффективности на основе просмотра потоков материальных и энергетических ресурсов в цепочке поставок;
- инвентаризационный анализ и оценка воздействия экологического жизненного цикла ВЭУ;
- оценка экономических затрат и результатов в жизненном цикле ВЭУ.

Оценка жизненного цикла (ОЖЦ) применяется для определения экологических аспектов и потенциального экологического воздействия продукта или услуги путем сбора данных о выбросах, сбросах, образовании отходов в процессах производства продукции или услуги, получения необходимых материальных и энергетических ресурсов, потребления конечным потребителем и утилизации отходов.

ОЖЦ в соответствии с основными принципами, изложенными в стандартах ИСО 14040–14043, представляет собой процесс сбора информации, сопоставления и оценки возможных воздействий на окружающую среду на всем протяжении ЖЦ производственной системы путем определения и количественного вычисления удельного образования выбросов, сбросов и отходов и определения количественной и качественной оценки воздействия на среду, а также поиска возможных путей для улучшения экологического состояния системы [7]. Оценка выполнялась с помощью программного продукта LCATools, позволяющего определять следующие категории экологического воздействия в зависимости от эмиссии загрязняющих веществ в окружающую среду: потенциал глобального потепления, потенциал истощения озонового слоя, потенциал образования фотохимического озона, потенциалы закисления и эвтрофикации [8].

ОЖЦ находит применение для различных продуктов, в том числе и для возобновляемых источников энергии. В частности, в работах европейских исследователей приводятся результаты выполнения ОЖЦ для ветроустановок компании Vestas Wind Systems A/S (Дания) с целью сравнения жизненных циклов морских и береговых ВЭУ, информирования инвесторов и других заинтересованных потребителей, поиска направлений модернизации установок [9].

Выполнение ОЖЦ позволяет получить техническую оценку экологического воздействия процессов в продуктовой цепочке ВЭУ. Однако при разработке новых продуктов или услуг, исходя из базовых для устойчивого развития принципов превентивности и предосторожности, следует дополнить анализ выходных потоков,

определяющих экологическое воздействие «в конце трубы», анализом ресурсной эффективности, т.е. входных потоков материальных и энергетических ресурсов в цепочке поставок «в начале трубы».

Определение ресурсной эффективности в ЖЦ выполняется на основе методики MIPS-анализа [10]. Показатель MIPS (Material Input per Product or Service Unit) является количественной оценкой удельной ресурсоемкости, характеризующий материальный вход на единицу продукции или услуги, или удельное потребление энергетических и материальных ресурсов, извлекаемых из окружающей среды для получения единицы продукта или услуги.

Определение данного показателя основано на «просмотре» потоков массы и энергии в продуктовой цепочке продукта или услуги. В расчетах MIPS использовалась база данных Вуппертальского института (Германия) по потреблению абиотических и биотических ресурсов, а также воды, воздуха и эрозии почвы при потреблении конструкционных материалов и энергии на стадии производстве и эксплуатации ВЭУ [11].

ОЖЦ и MIPS-анализ не включают в рассмотрение экономические и социальные факторы, и с этой точки зрения они не могут служить основой для полноценной оценки «устойчивости» продукта или услуги. Они также не дают детального и научно-обоснованного ответа на все экологические воздействия на стадии использования ВЭУ, поскольку такие воздействия, как, например, шумовое воздействие и влияние на фауну, не рассматриваются. Для этих целей ОЖЦ и MIPS-анализ должны дополняться оценкой воздействия на окружающую среду, оценкой рисков и проведением экологического аудита компаний-участников продуктовой цепочки. Кроме этого, необходимо рассмотрение экономических затрат и результатов в жизненном цикле, которые могут быть определены на основе существующих подходов для оценки инвестиционных проектов с учетом факторов риска для инвесторов.

Для оценки затрат и результатов в настоящей работе используется методика определения затрат или стоимости жизненного цикла (СЖЦ), так называемый LCC-анализ (Life Cycle Cost – стоимость жизненного цикла) [12, 13].

СЖЦ представляет собой универсальную методику, разработанную и впервые примененную в США в рамках государственных оборонных проектов, для определения затрат в течение всего срока жизни проектов. На рубеже столетий этот метод, многократно доказавший свою эффективность, начал применяться и в гражданских отраслях, в том числе и в нашей стране [14].

СЖЦ включает все затраты потребителя, связанные с его приобретением и владением им, т.е. цену приобретения, сопутствующие единовременные расходы, а также эксплуатационные издержки за весь срок службы и расходы на утилизацию. Общая СЖЦ разделяется на две основные части: затраты, связанные с приобретением, и затраты, связанные с владением и утилизацией.

СЖЦ определяется суммированием индивидуального оттока денежных средств (расходов) на каждом временном этапе (шаге расчета) срока службы ВЭУ. В составе СЖЦ учитываются все зависящие от типа ветроустановки единовременные и текущие расходы, включая затраты на приобретение необходимого инвентаря, запасных частей, проведение сервисного обслуживания и ремонтов, а также расходы на транспортировку и утилизацию после окончания срока службы [12, 13].

Оценка, включающая все затраты при использовании продукта, характеризует с экономической точки зрения конкурентоспособность продукта в ЖЦ и предопределяет экологически ответственный выбор потребителя.

Исследование экологического воздействия и экономических затрат в жизненном цикле ВЭУ проводилось на основе литературного обзора, технических характеристик ВЭУ и экспертных оценок (табл. 1).

К основным компонентам ветроустановки относятся генератор, лопасти и опора ветроэлектростанции – мачта. Необходимые дополнительные комплектующие включают контроллер, аккумуляторные батареи (АКБ), анемоскоп и датчик направления ветра, инвертор, а также автоматический переключатель источника питания АВР [6].

Таблица 1. Цель, область и границы исследования жизненного цикла ВЭУ

Цель, область и границы	Содержание
1. Цели исследования	
1.1. Причина проведения исследования	Эколого-экономическое обоснование применения ветроустановки в системе энергосбережения предприятия на основе оценки в ЖЦ продукции
1.2. Предполагаемое применение	<ul style="list-style-type: none"> – Определение экологических преимуществ ВЭУ по сравнению с объектами традиционной электроэнергетики – Разработка рекомендаций по совершенствованию ВЭУ и разработке новых инженерных решений – Разработка рекомендаций по повышению эко-эффективности различных стадий жизненного цикла ВЭУ – Разработка экологической декларации ВЭУ – Информирование потребителей
1.3. Предполагаемые потребители	<ul style="list-style-type: none"> – Генеральный директор, главный инженер, главный технолог – Заинтересованные потребители
2. Область и границы исследования	
2.1. Область применения	Производство, использование, транспортировка и утилизация ВЭУ
2.2. Функциональная единица (ФЕ)	1 кВт электроэнергии
2.3. Граница производственной системы	<p>«От ворот до могилы»:</p> <ul style="list-style-type: none"> – транспортировка комплектующих из мест производства до места хранения; – процесс сборки ВЭУ; – транспортировка ВЭУ до конечного потребителя; – стадия эксплуатации ВЭУ, включая техническое обслуживание и ремонт; – транспортировка отходов после демонтажа ВЭУ до места утилизации или переработки. <p>За границами производственной системы остаются этапы: извлечение руд металлов; изготовление конструкционных пластмасс и др. композитных материалов; извлечение природного газа, производство и доставка электрической и тепловой энергии; производство корпуса, комплектующих и деталей ВЭУ; освещение, отопление</p>
3. Инвентаризационный анализ и требования к качеству данных	
3.1 Описание категорий данных	Технические характеристики компаний-производителей ВЭУ, литературные данные, нормативные документы, экспертная оценка
3.2 Критерии для учета входных и выходных	Рассматриваются потоки, доля которых в общем материальном и энергетическом потреблении превышает:

Цель, область и границы	Содержание
потоков	– для основных входных и выходных потоков – 1%; – для дополнительных входных потоков – 10%
3.3 Требования к качеству данных	Охватываемый период времени – 5 лет. Географическая протяженность – региональный уровень: Санкт-Петербург и Ленинградская область

Все компоненты ветровой электростанции (ВЭС) производятся в пределах Ленинградской области на соответствующих промышленных предприятиях. Комплектующие ветроустановки транспортируются грузовым автотранспортом от предприятий-производителей, располагающихся в пределах Ленинградской области до склада предприятия по продаже ВЭС ООО «Теплоплэн» в Санкт-Петербурге в общей сложности на расстояние порядка 500 км.

Негабаритные компоненты ВЭУ (мачты и опоры) транспортируются от предприятия-производителя до товарной железнодорожной станции электропоездом, откуда грузовым автотранспортом транспортируются до промежуточного склада на расстояние 15 км.

После эксплуатации в течение 20 лет и окончания срока службы происходит разборка ВЭУ, транспортировка основных материалов и комплектующих легковым и грузовым транспортом к местам переработки на расстояние до 50 км. Переработке подлежат, в основном, лопасти и АКБ.

В настоящее время существует два основных метода утилизации лопастей: механическая и термическая переработка. Механический метод отличается простотой реализации. Лопасти демонтируют, разделяют на части для упрощения транспортировки, осуществляют механическое измельчение, позволяющее извлечь смолу, отделяют крупные волокна от мелких волокон и гранул. Термический способ осуществляется путем сжигания и приводит к образованию большого количества золы (около 60% от сжигаемой массы), которая требует захоронения.

В условиях Ленинградской области наиболее целесообразно использовать кислотные аккумуляторы, которые надежно функционируют при температуре минус 40°C и отличаются невысокой стоимостью.

На сегодняшний день существует две технологии переработки АКБ: ручная и автоматическая. Первая, используется в основном на небольших предприятиях и постепенно вытесняется более технологичной автоматической переработкой. На автоматической линии АКБ подвергают дроблению до состояния мелкой крупы, которую далее сортируют, обогащают и переплавляют. Эффективность таких линий очень высока, и практически все компоненты АКБ (кислота, свинец, пластмассы), можно использовать вторично в производстве новых аккумуляторов или иных производствах.

При условии работы ВЭУ в штатном режиме необходимость в утилизации возникнет не ранее, чем через 20 лет после ее установки. При этом вместо утилизации на полигоне твердых бытовых отходов (ТБО) можно прогнозировать сценарий восстановления лопастей, капитального ремонта и восстановления дизель-генератора, вторичную переработку металлоконструкций (мачт, растяжек и пр.), АКБ и их комплектующих, а также использование не перерабатываемых материалов, в частности, железобетонных изделий. Однако в связи с недостаточно развитой инфраструктурой переработки ТБО в Северо-Западном регионе, данные возможности не рассматривались, и восстановленные материалы не включались в производственную систему [15].

На основании исходных данных были получен критерий MIPS на стадии производства ВЭУ, определены наиболее ресурсоемкие и водоемкие процессы.

Среди потребляемых ресурсов в производстве ВЭУ максимальный вклад составляют вода (77%) и абиотические ресурсы (14%) (рис. 1).

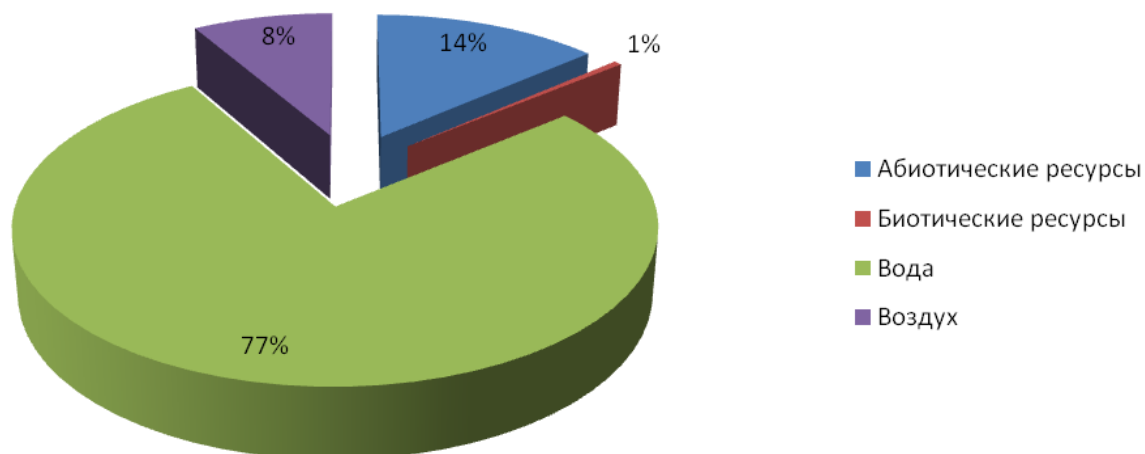


Рис. 1. Структура входных потоков ресурсов на стадии производства ВЭУ

На рис. 2 показана структура потребления водных ресурсов в производстве ВЭУ. Наиболее водоемкими являются процессы получения технической стали – 27%, стекловолокна – 17%, дистиллированной воды – 15%, полипропилена – 10%, дюралюминия – 7% полиэтилена – 6% и эпоксидной смолы – 5%.

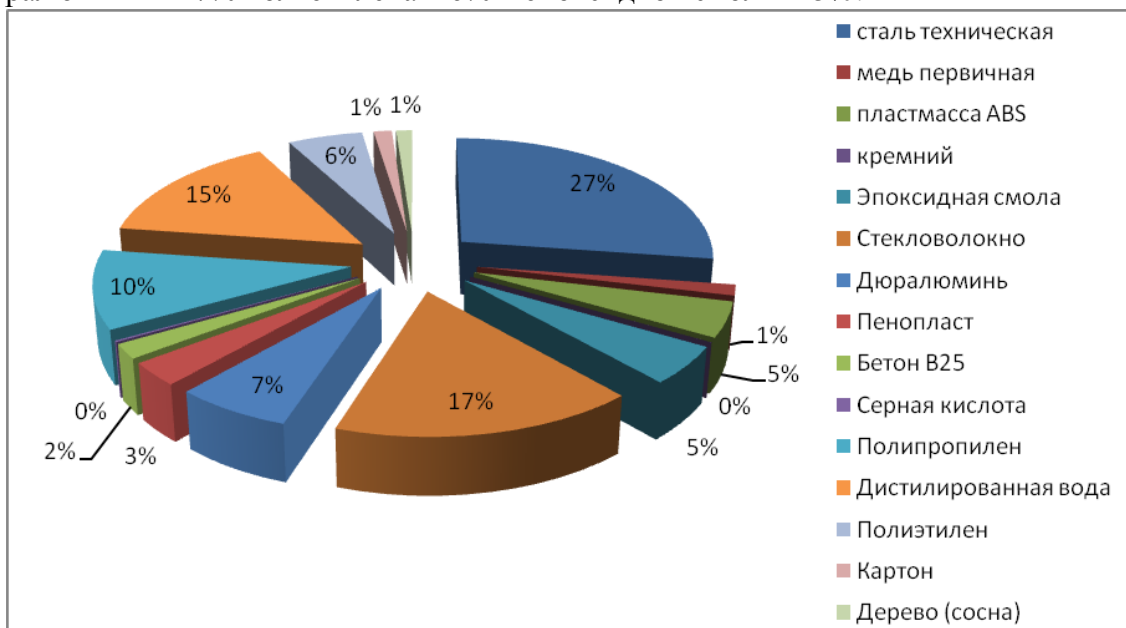


Рис. 2. Структура потребления водных ресурсов в производстве ВЭУ

На рис. 3 показана структура потребления абиотических ресурсов в производстве ВЭУ.

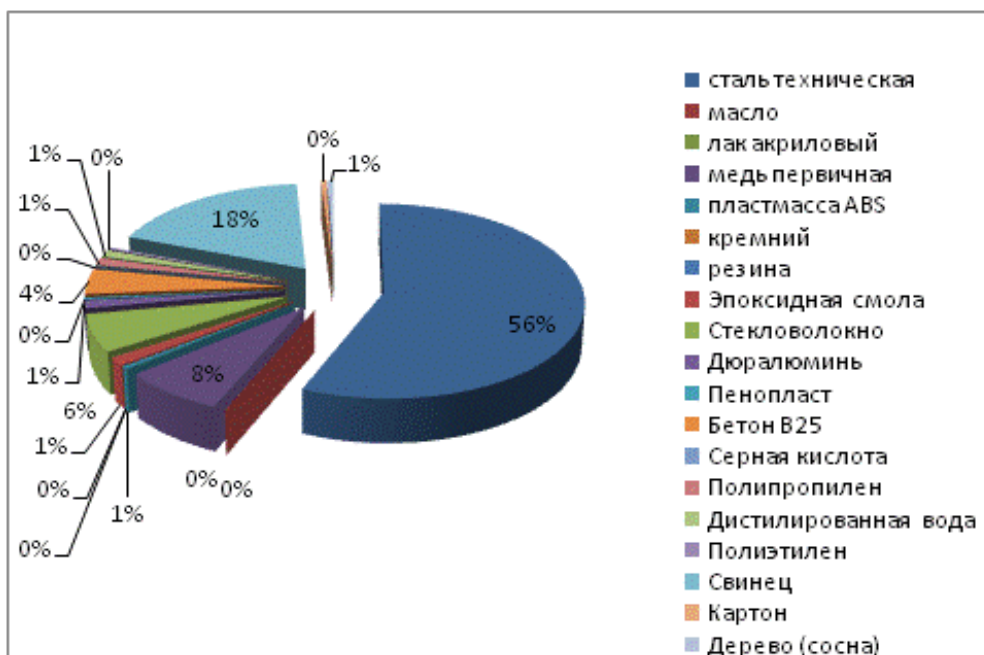


Рис. 3. Структура потребления абиотических ресурсов в производстве ВЭУ

Наибольшее воздействие на окружающую среду ветроустановка оказывает на стадии эксплуатации. При этом наибольший вклад вносят потенциал глобального потепления и потенциал эвтрофикации (рис. 4).

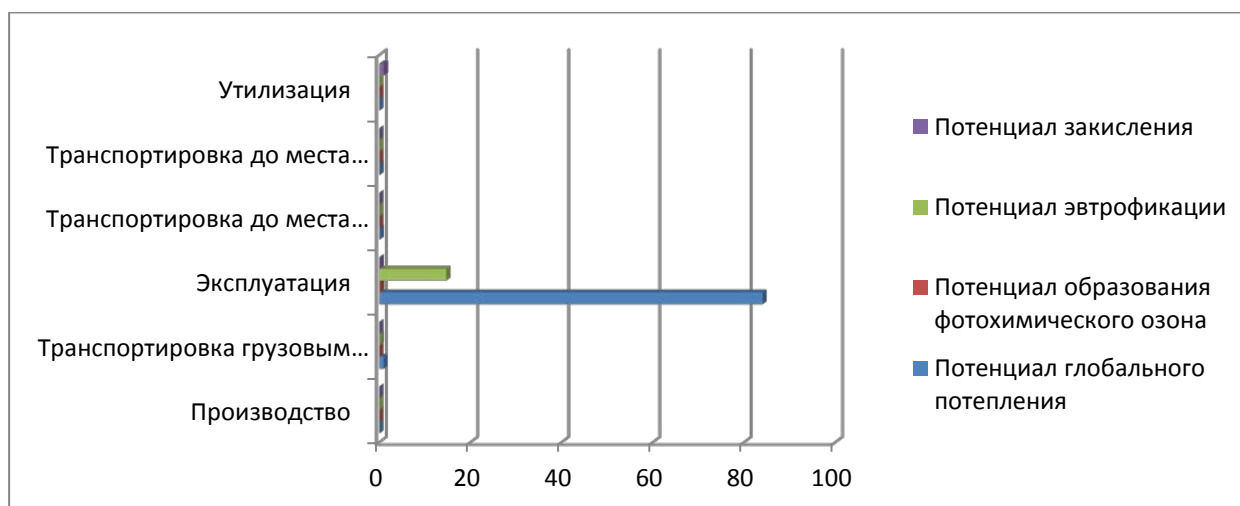


Рис. 4. Показатели категорий воздействия производственной системы ВЭУ на протяжении жизненного цикла

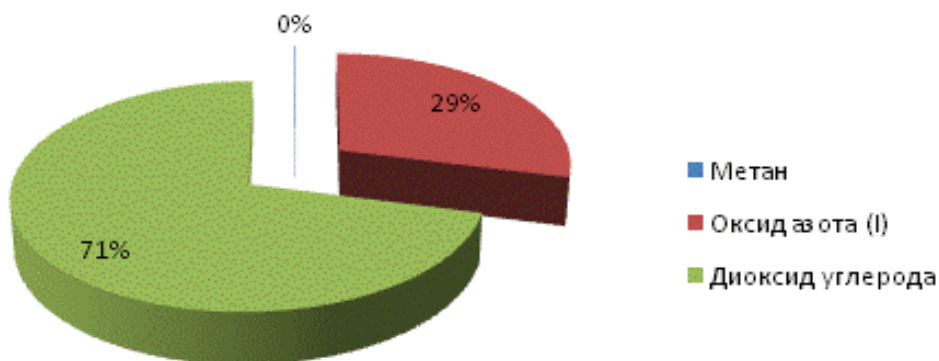


Рис. 5. Выбросы парниковых газов на стадии эксплуатации ВЭУ

В соответствии с методическими рекомендациями [14] стоимость жизненного цикла ВЭУ включает затраты, связанные с приобретением, и затраты, связанные с владением и утилизацией. В составе эксплуатационных затрат учитывали стоимость дизельного топлива и горюче-смазочных материалов (рис. 5), затраты на техническое обслуживание, текущие и капитальные ремонты и на оплату труда эксплуатационного персонала. Затраты на утилизацию определяли исходя из затрат на транспортировку отходов и на размещение на свалке. При продолжительности жизненного цикла 20 лет СЖЦ составила 5732,5 тыс. руб.

При выработке электроэнергии на ВЭУ в условиях Ленинградской области стоимость 1 кВт-ч составит 4,77 руб., что значительно превышает тариф на сетевую электроэнергию, который в среднем по области составляет 2,6 руб. за 1 кВт-ч, и обусловлено в основном затратами на дизельное топливо. Однако эти затраты и, соответственно, СЖЦ и себестоимость электроэнергии, вырабатываемой на ВЭУ, могут быть снижены при подключении ВЭУ к внешней электросети или другому альтернативному источнику энергии при низких скоростях ветра.

Основное экологическое воздействие в жизненном цикле ВЭУ оказывает стадия эксплуатации, так как именно на этой стадии при низких скоростях ветра включается дизель-генератор и образуются выбросы в атмосферу. В силу этого ресурсная и экономическая эффективность ВЭУ могут быть повышены, а стоимость жизненного цикла и негативное экологическое воздействие в жизненном цикле снижены при развитии следующих сценариев совершенствования ВЭУ или их сочетаний.

1. Снижение размещения на полигонах отходов, образующихся при утилизации ВЭУ; получение вторичных материалов за счет восстановления лопастей, капитального ремонта и восстановления дизель-генератора, переработки металлоконструкций, железобетонных изделий, АКБ и их комплектующих. Переработка лопастей термическим методом должна осуществляться с утилизацией теплоты. Суммарный материальный вход будет при этом уменьшен на массу восстановленных материалов и изделий и сэкономленной энергии.
2. Замена конструкционных материалов с высокой материальной интенсивностью на материалы с более низкой материальной интенсивностью, например, замена первичного алюминия, стали и меди на вторичные, снижение потребления стали на изготовление составляющих ветро-дизельной энергетической установки и в перспективе ее замена на другие материалы.
3. Снижение затрат и расстояний на транспортировку комплектующих ВЭУ и затрат на транспортировку ликвидационных отходов после окончания срока службы ВЭУ.
4. Замена дизель-генератора на альтернативный источник энергии, например, на солнечную панель, обеспечивающую работу комбинированной ВЭУ при низких скоростях ветра. При этом эксплуатация ВЭУ будет действительно экологически более чистой по сравнению с традиционными источниками энергии.

Литература

1. Новая энергетическая стратегия России на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р.
2. Леже С. «Зеленая лихорадка»: инвестиции в новую энергетику // Вестник McKinsey. – 2008. – № 3. – С. 10–15.
3. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов от 21.06.1999 N ВК 477.
4. Алешин Д.В. Проблемы развития альтернативной энергетики: правовой аспект // Журнал ЭГО. – 2012. – № 3. – С. 10–12.

5. Ветрогенератор БРИЗ 5000 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.electrosfera.ru/wind-generator-breeze-5000.html>, своб.
6. Руководство по эксплуатации Бриз Лидер 48В с Triplite. – СПб, 2009.
7. ГОСТ Р ИСО 14040-2010. Экологический менеджмент. Оценка жизненного цикла. Принципы и структура. – Введ. 01.06.2010. – М.: Стандартиформ, 2010. – 22 с.
8. LCA Tools. Conversion of emissions into contribution to environmental impact categories. – IVL. Swedish Environmental Research Institute. – 2006.
9. Life cycle assessment of offshore and onshore sited wind power plants based on Vestas V90-3.0 MW turbines. – Vestas Wind System A/S, Denmark, 2006. – 60 p. // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.vestas.com, своб. (30.03.2013).
10. Основы теории эко-эффективности. Монография / Под науч. ред. О. Сергиенко, Х. Рона. – СПб: СПбГУНиПТ, 2004. – 223 с.
11. Material intensity of materials, fuels, transport, food [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/MIT_2011.pdf, своб.
12. Баженов В.И., Кривошекова Н.А. Показатель LCC (Lifecyclecost) – затраты жизненного цикла как базовый экономический анализ в альтернативу показателя приведенных затрат // Водоснабжение и канализация. – 2008. – № 1. – С. 12–17.
13. Борголова Е.А. Стоимость жизненного цикла проекта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://borgolova.ampei.ru/students/mpei/dp-consulting/lc>, своб. (16.05.2013).
14. Методика определения стоимости жизненного цикла и лимитной цены подвижного состава и сложных технических систем железнодорожного транспорта (основные положения), 2007 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.opzt.ru/_files/448.pdf, своб.
15. Гофман В.Р., Лихачева М.А., Малыгин Д.А. Решение экологических проблем в рамках инновационного подхода // Современные научные исследования и инновации. – 2012 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2012/05/12929>, своб. (27.04.2013).

УДК 535.34

ВЛИЯНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МОЛЕКУЛ С ОКРУЖЕНИЕМ НА НАНОКОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ СЛОЕВ ПОЛИМЕТИНОВЫХ КРАСИТЕЛЕЙ

А.А. Старовойтов

Научный руководитель – д.ф.-м.н., ст.н.с. Т.К. Разумова

В работе изучен компонентный состав молекулярных слоев полиметинового красителя на стеклянных подложках. Получены результаты для несимметричных молекул, отличающихся строением концевых групп. Произведено сравнение полученных данных с результатами для симметричных молекул. Сделан вывод о влиянии взаимодействия молекулы и подложки, а также возникающей электронной асимметрии, на равновесный компонентный состав молекулярных слоев.

Ключевые слова: молекулярные слои, полиметиновый краситель, изомер, состав.

Введение

Молекулярные слои органических соединений являются многообещающими средами в связи с различными аспектами их применения. Например, для будущих информационных сетей, обеспечивающих скорость передачи информации порядка 1 Тбит/с, необходимы оптические переключатели с субпикосекундными временами отклика. Такие устройства для демультимплексирования сигналов могут быть созданы на основе с помощью тонкой пленки *J*-агрегатов полиметиновых красителей (МК) [1].

Молекулярные слои также применяются в качестве диффрочных цветных светофильтров для жидкокристаллических дисплеев, при создании органических светодиодов OLED-дисплеев, полевых транзисторов, сенсibilизированных солнечных батарей [2]. Молекулярные слои ПК нашли применение в качестве фоточувствительных слоев для записи, хранения и считывания информации [3].

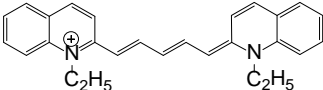
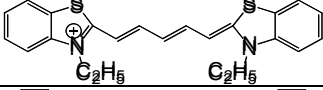
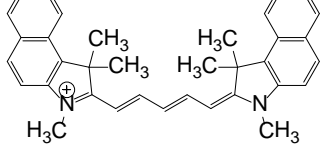
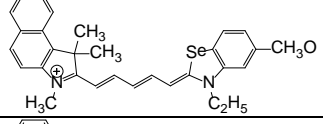
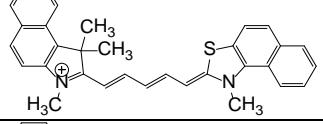
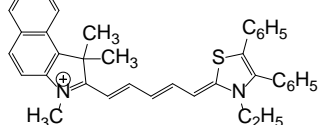
Методики и образцы

В работе для получения образцов применялась методика spin-coating – нанесение раствора полиметинового красителя в этаноле на вращающуюся стеклянную подложку. В качестве полиметинового красителя были выбраны катионные дикарбоцианины $KГ1 \text{---} \text{---} KГ2$ симметричные ($KГ1 = KГ2$) и несимметричные ($KГ1 \neq KГ2$), отличающиеся строением концевых групп (КГ) (таблица) и соответственно электронодонорностью КГ (Φ_0). Последняя характеризует степень смещения электронов с КГ на цепь сопряжения молекулы, является расчетной величиной и измеряется в единицах угловой меры [4]. Для несимметричных молекул, имеющих разные КГ, вводится понятие разности электронодонорностей КГ ($\Delta\Phi_0 = \Phi_{0\text{ КГ1}} - \Phi_{0\text{ КГ2}}$). Поверхностная концентрация молекул в слое линейно зависит от концентрации наносимого раствора.

Спектры поглощения измерялись посредством спектрофотометра СФ-56 (производства ОАО «ЛОМО»–ОКБ «Спектр») в спектральном диапазоне 300–1100 нм с шагом 1 нм.

Разделение спектров поглощения слоя на спектры отдельных наноконпонентов осуществлялось в программе Origin. Спектр поглощения компонента представлял сумму трех гауссовых контуров, отвечающих переходам из основного электронного состояния на колебательные подуровни первого возбужденного состояния.

Таблица. Строение катионов исследованных полиметиновых красителей

	СПК66 ($\Phi_0=66^\circ$)
	СПК57 ($\Phi_0=57^\circ$)
	СПК45 ($\Phi_0=45^\circ$)
	НПК8 ($\Delta\Phi_0=8^\circ$) ($\Phi_{0\text{ КГ1}} = 45^\circ$, $\Phi_{0\text{ КГ2}} = 53^\circ$)
	НПК15 ($\Delta\Phi_0=15^\circ$) ($\Phi_{0\text{ КГ1}} = 45^\circ$, $\Phi_{0\text{ КГ2}} = 60^\circ$)
	НПК20 ($\Delta\Phi_0=20^\circ$) ($\Phi_{0\text{ КГ1}} = 45^\circ$, $\Phi_{0\text{ КГ2}} = 65^\circ$)

Экспериментальные результаты

Исследования компонентного состава растворов ПК имеют давнюю историю в связи с применением этих красителей в качестве активных сред лазеров. Установлено, что поглощение симметричного полиметинового красителя (СПК) в этаноле определяет преимущественно all-trans-конфигурация (A), которая составляет 90% всех молекул, что связано с симметрией распределения электронной плотности и выравненностью порядков связей в цепи сопряжения молекулы СПК [5]. В растворах химически несимметричных красителей (НПК) присутствуют как all-trans-изомер, так и более коротковолновые мономерные cis-изомеры разного строения (Ci), определяемого поворотами фрагмента молекулы вокруг разных С–С связей цепи сопряжения. Их изомерный состав зависит от разности ($\Delta\Phi_0$) электронодонорностей КГ: по мере увеличения $\Delta\Phi_0$ растет относительная концентрация cis-изомеров. При $\Delta\Phi_0 \geq 15^\circ$ равновесные концентрации мономерных all-trans- и cis-изомеров в растворе НПК соизмеримы.

Спектр поглощения полиметиновых молекул в слоях значительно уширен по сравнению со спектрами поглощения этанольных растворов этих же соединений. Общие виды спектров СПК и НПК близки. В спектрах слоев наблюдается несколько максимумов, отвечающих различным наноконCOMPONENTAM (формам молекул и их агрегатам). Слои, нанесенные из растворов разной концентрации, отличались поверхностной концентрацией молекул (толщиной слоя) и имели различный наноконCOMPONENTНЫЙ состав. Выводы о строении компонентов слоя делался по результатам исследования растворов ПК методами абсорбционной спектроскопии в широком диапазоне температур и лазерного фотолиза, а также по результатам теоретических расчетов систем термов стереоизомеров ПК [5].

Как показано в [5], в субмолекулярных слоях симметричных полиметиновых красителей присутствуют преимущественно cis-изомеры, при переходе к монослоям проявляется поглощение all-trans-изомера молекулы, конфигурации наиболее характерной для растворов симметричных молекул. С увеличением поверхностной концентрации молекул исчезают наиболее коротковолновые полосы поглощения cis-изомеров разного строения, появляются полосы поглощения агрегированных молекул – димеров (*d*) и *J*-агрегатов (*J*). Уменьшение толщины слоя или увеличение электронодонорности приводит к асимметрии распределения электронной плотности в химически симметричных полиметинах. Эта асимметрия, возникающая при взаимодействии с подложкой и окружающими молекулами, контролирует концентрации равновесных стереоизомеров.

В растворах НПК рост $\Delta\Phi_0$ приводит к росту равновесного содержания коротковолновых изомеров. Зависимость спектра поглощения слоев НПК от толщины слоя показало, что общие закономерности изменения компонентного состава в слое НПК близки к слоям СПК.

В спектрах НПК также наблюдаются полосы поглощения стереоизомеров разного строения, относительная плотность которых меняется с изменением толщины слоя – уменьшение толщины приводит к росту содержания коротковолновых стереоизомеров, как это видно из рисунка для слоя НПК с $\Delta\Phi_0 = 15^\circ$ (рис. 1).

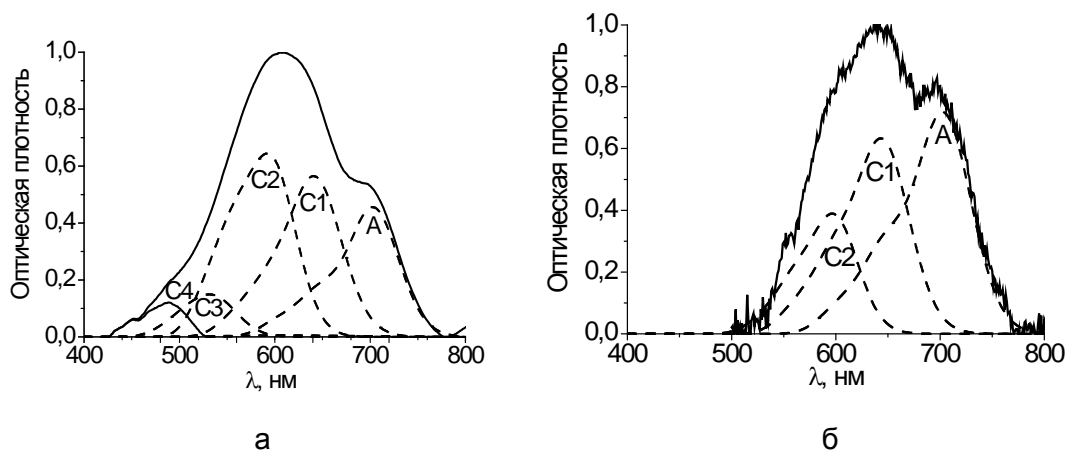


Рис. 1. Спектры поглощения субмоно- (а) и мономолекулярных (б) слоев НПК15 и их разделение на спектры отдельных компонентов

Однако для НПК8, обладающего меньшей разностью электронодонорностей, спектры поглощения при изменении толщины слоя показали результаты похожие на те, что были получены для симметричных молекул с малой величиной электронодонорности ($\Phi_0=45^\circ$): только два *cis*-изомера наблюдаются в монослоях (рис. 2).

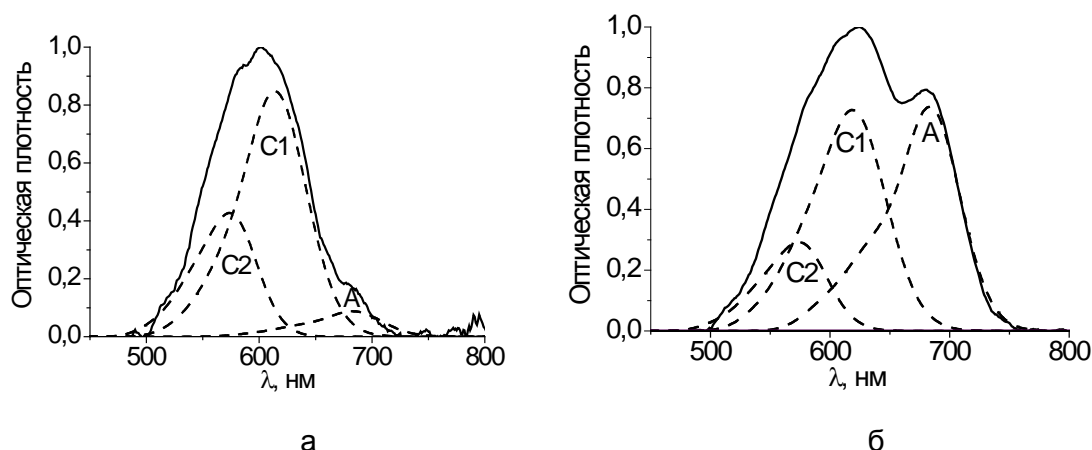


Рис. 2. Спектры поглощения субмоно- (а) и мономолекулярных (б) слоев НПК8 и их разделение на спектры отдельных компонентов

Увеличение $\Delta\Phi_0$ приводит к появлению двух коротковолновых полос С3 и С4 в слоях НПК15 (рис. 1). Дальнейшее увеличение разности электронодонорностей до 20° приводит к обратному эффекту (рис. 3). Слои НПК20 содержат только два *cis*-изомера, С1 и С2, что говорит об уменьшении электронной асимметрии в этих молекулах по сравнению с НПК15.

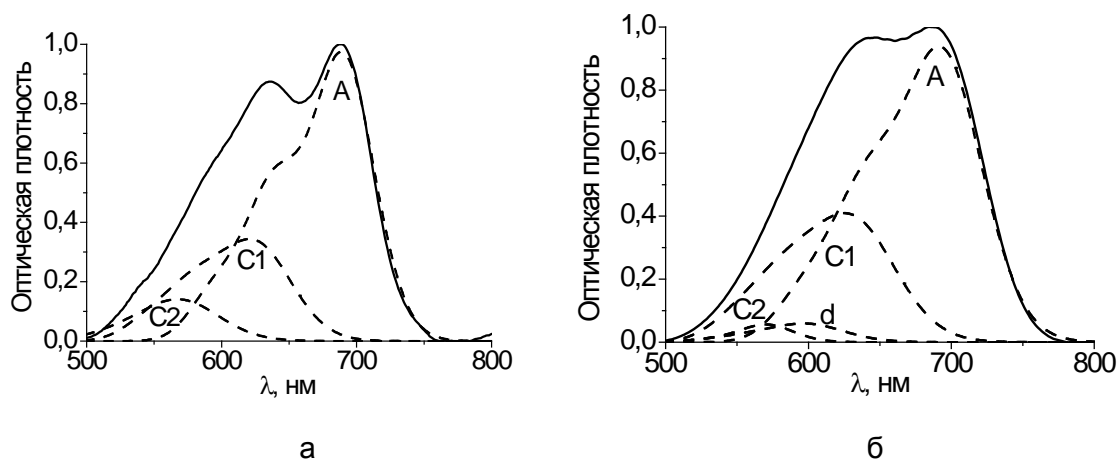


Рис. 3. Спектры поглощения субмоно- (а) и мономолекулярных (б) слоев НПК20 и их разделение на спектры отдельных компонентов

Выводы

Оптические свойства молекулярных слоев ПК определяются компонентным составом (all-trans- и cis-изомерами, димерами и *J*-агрегатами), который зависит от электронодонорности концевых групп и поверхностной концентрации молекул.

Характер изменения асимметрии электронного строения молекул СПК и НПК под действием взаимодействия катионов красителя со стеклянной подложкой существенно отличается. В обоих случаях взаимодействие приводит к изменению смещения заряда от ближайшей к подложке КГ на цепь сопряжения, что эквивалентно изменению электронодонорности этой КГ.

В СПК это приводит к возникновению разности электронодонорностей КГ в химически симметричной молекуле, степень асимметрии растет с увеличением собственной электронодонорности КГ. В случае НПК величина асимметрии зависит от собственной электронной асимметрии и от изменения смещения заряда под действием подложки. В слоях НПК ближе к стеклянной подложке располагается КГ с большей электронодонорностью (КГ2).

Немонотонное изменение асимметрии молекул НПК в слое свидетельствует о том, что взаимодействие с подложкой приводит к уменьшению плотности заряда на углеродных связях вблизи КГ2, т.е. к уменьшению асимметрии распределения заряда в цепи сопряжения НПК. Степень этого уменьшения растет с увеличением электронодонорности КГ2. Таким образом результирующая электронная асимметрия молекул НПК в слое определяется разностью собственной асимметрии молекулы, растущей с ростом электронодонорности КГ2, и величиной падения асимметрии вследствие взаимодействия КГ2 с подложкой, также определяемой электронодонорностью КГ2.

Литература

1. Heilemann M., Margeat E., Kasper R., Sauer M., Tinnefeld P. Carbocyanine Dyes as Efficient Reversible Single-Molecule Optical Switch // *Journal of the American Chemical Society*. – 2005. – V. 127. – P. 3801–3806.
2. Wright J.D. *Molecular Crystals*. – 2 ed. – USA: Cambridge University Press, 1995. – 221 p.

3. Dong X., Gan F., Gu D., Tang F., Yin J. Properties of a cyanine dye for high-density digital versatile disk-recording (DVD-R) // Proc. of SPIE. – 2001. – V. 4085. – P. 162–166.
4. Качковский А.Д. Строение и цвет полиметиновых красителей. – Киев: Наукова Думка, 1989. – 232 с.
5. Калитеевская Е.Н., Крутякова В.П., Разумова Т.К., Старовойтов А.А. Механизмы формирования равновесного компонентного состава молекулярных слоев полиметиновых красителей // Оптика и спектроскопия. – 2011. – Т. 110. – № 3. – С. 398–405.

УДК 543.421/.422:535.137

ГИБРИДНЫЕ СТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ ОРГАНИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛ И МЕТАЛЛИЧЕСКИХ НАНОЧАСТИЦ. ЭМПИРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОННЫХ СВОЙСТВ

Н.А. Торопов, И.А. Гладских

Научный руководитель – д.ф.-м.н., ст.н.с. Т.А. Варгания

В работе приводится эмпирическое описание результатов исследования фотонных свойств гибридных материалов, состоящих из серебряных наночастиц и тонких пленок органических молекул. В качестве органических молекул взяты цианиновые (полиметиновые) красители, поглощающие в различной спектральной области. Образцы исследовались методами сканирующей электронной микроскопии, абсорбционной и флуоресцентной спектроскопии. Получено усиление молекулярного поглощения и фотолюминесценции полиметиновых красителей с наночастицами серебра. Результаты модификации фотонных свойств молекул описываются в контексте влияния ближних полей серебряных наночастиц. Также рассмотрены фотоиндуцированные превращения в органических тонких пленках, допированных и недопированных наночастицами Ag. Получено усиление фотоиндуцированных изменений полиметиновых красителей. Приводятся сведения о возможном использовании органо-неорганических материалов для различных приложений.

Ключевые слова: наночастицы, серебро, локализованные плазмоны, органические тонкие пленки, цианиновые красители, поглощение, фотолюминесценция, фотоиндуцированные изменения.

Введение

Интерес к наномасштабным органо-неорганическим объектам, обладающим уникальными физическими и химическими свойствами, обусловлен перспективой их использования в качестве новой элементной базы микроэлектроники, в медицинских анализах, сенсорах, при создании метаматериалов и многих других областях. Перспектива их использования во многом обусловлена возникновением коллективных электронных возбуждений в металлических наночастицах – локализованных плазмонах.

Возбуждение локализованных плазмонов в металлических наночастицах способно приводить к ряду интересных оптических явлений, обусловленных значительным возрастанием амплитуды электромагнитной волны и ее локализации в непосредственной близости от частицы. Помимо широко известного явления гигантского комбинационного рассеяния [1], в ближнем поле плазмонных наночастиц наблюдались также изменения в поглощении и флуоресценции некоторых молекул, в том числе органических красителей [2] и молекул ДНК [3]. Несмотря на проводившиеся исследования, механизм этих изменений до конца не выяснен. Особенно сложной представляется ситуация с ансамблями металлических наночастиц, которые образуются на поверхности прозрачных диэлектрических материалов при термическом напылении в вакууме. Благодаря относительной простоте и удобству

использования получающихся образцов, этот способ создания наночастиц, обладающих плазмонными резонансами, привлекателен для приложений. В то же время ему присущи такие недостатки, как значительный разброс образующихся частиц по формам и нестабильность их характеристик во времени.

Дополнительная трудность в интерпретации результатов экспериментов с тонкими твердотельными слоями органических красителей на диэлектрических подложках состоит в том, что спектры красителей при нанесении на подложку изменяются по сравнению с их спектрами в растворах даже при отсутствии на подложке металлических наночастиц. Исходя из этого, корректная интерпретация изменений, связанных с наличием гранулированной металлической пленки, предполагает предварительное изучение молекулярных слоев красителей на подложке без металлических наночастиц.

В настоящей работе мы попытались преодолеть эти трудности путем дополнительной обработки образующихся в результате напыления гранулированных металлических пленок, использованием достаточно подробно изученных тонких пленок цианиновых красителей, тщательным контролем условий эксперимента.

Приготовление образцов гибридных материалов. Модификация поглощения

Наночастицы серебра получали термическим испарением металла в вакууме при давлении остаточных газов в камере около 10^{-7} мм рт. ст. Рост серебряных наночастиц происходил по механизму Фольмера–Вебера на дефектах поверхности подложек без образования смачивающего слоя. В качестве подложек использовались плавленый кварц и сапфир. Для получения различной морфологии и спектров экстинкции напыляемых серебряных островковых пленок подложки поддерживались при температуре 20–200°C.

Изображение островковой серебряной пленки, напылявшейся на разогретую до 200°C подложку, приведено на рис. 1, а. Для получения воспроизводимых результатов в отношении влияния органических соединений на оптические свойства гранулированных металлических пленок свеженапыленная серебряная пленка длительно выдерживалась в этиловом спирте. При этом оптическая плотность пленки уменьшается (рис. 1, б), но становится стабильной при нанесении красителя. Об этом свидетельствуют спектры оптической плотности островковой серебряной пленки, снимавшиеся до и после нанесения. Все описанные эксперименты проведены на подготовленных таким образом подложках.

Для приготовления слоев органических молекул были использованы разбавленные растворы полиметиновых красителей, интенсивно поглощающих в видимой области спектра: 1,3,3,1',3',3'-гексаметил-4,5,4',5'-дibenзоиндадикарбоцианин перхлорат (ПК1), 3, 3'-диэтил-тиадикарбоцианин йодид (ПК2), 3, 3'-диэтил-тиакарбоцианин йодид (ПК3) в этиловом спирте. Структура молекул представляет собой две различные для ПК1 и ПК2 гетероциклические концевые группы, для которых характерно наличие атомов азота, соединенные цепью из двух карбоцианиновых ($-\text{CH}=\text{CH}-$) и одной метиновой $-\text{CH}=\text{}$ групп. Молекулы ПК3 по строению сходны с молекулами ПК2, однако их цепь сопряжения на одну карбоцианиновую группу ($-\text{CH}=\text{CH}-$) меньше. Тонкие пленки органических молекул создавались из растворов методом spin coating. Толщина молекулярных слоев оценочно определялась по концентрации молекул, снятых с подложек и варьировалась примерно от 0,2 до 20 условных мономолекулярных слоев.

Следует отметить, что поверхностная концентрация красителя на подложке с гранулированной серебряной пленкой больше, чем на чистой сапфировой подложке, однако эта разница составляет 3–10% в зависимости толщины молекулярного слоя.

Полоса поглощения островковой пленки с максимумом 420 нм обусловлена плазмонными резонансами в серебряных наночастицах. Распределение наночастиц по формам приводит к уширению полосы поглощения. Согласно микроскопическим данным, форму частиц можно аппроксимировать сплюснутыми сфероидами. При нормальном падении зондирующего излучения в них возбуждаются колебания электронной плотности в направлениях, параллельных поверхности подложки, что соответствует длинноволновой моде. Коротковолновая мода, ориентированная перпендикулярно поверхности подложки, в этих условиях не возбуждается. Резонансная длина волны определяется соотношением полуосей сфероидов, которыми можно аппроксимировать частицы. Наиболее сплюснутые из них вносят вклад в длинноволновый край поглощения, а округлые – в коротковолновый. Тем самым форма спектра экстинкции гранулированной пленки обусловлена неоднородным уширением плазмонных резонансов.

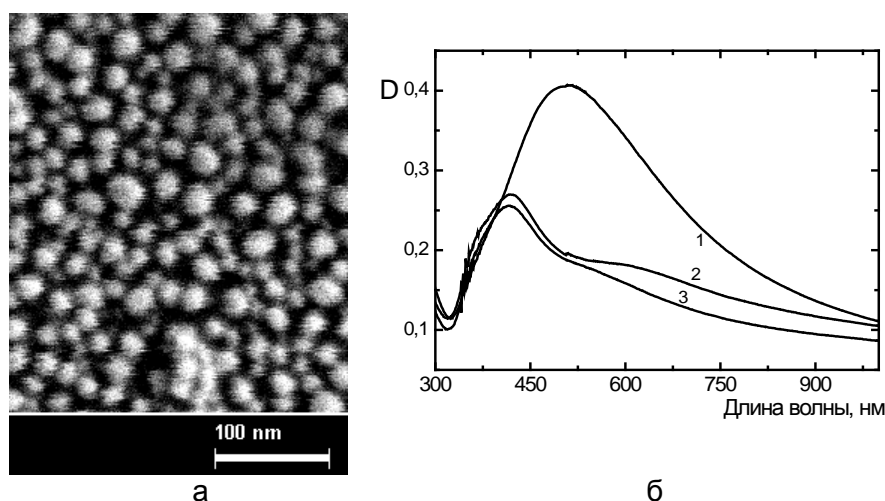


Рис. 1. СЭМ-изображение серебряной островковой пленки на поверхности сапфира (а); спектры экстинкции: свеженапыленной островковой пленки Ag (1), пленки после промывания в этиловом спирте (2), после выдержки в спирте более 12 часов (3) (б)

Характер уширения плазмонной полосы поглощения подтверждается исследованиями с помощью метода выжигания постоянных спектральных провалов под действием излучения рубинового лазера с длительностью импульса 17 нс и второй гармоники Nd:YAG-лазера с длительностью импульса 10 нс. Результатом этих исследований является селективный нагрев резонансно взаимодействующих с излучением частиц, приводящий к изменению их форм и, как следствие, модификации неоднородно уширенного спектра. Подробнее эти эксперименты описаны в работе [4].

Неоднородный характер уширения плазмонной полосы, разумеется, неблагоприятен для приложений. Однако для исследования действия ближних полей металлических наночастиц на молекулы красителей разброс резонансных частот представляет определенные преимущества, так как позволяет исследовать фотонные свойства гибридов гранулированных серебряных пленок и слоев полиметиновых красителей, не добиваясь точного совмещения их пиков поглощения.

Спектры поглощения молекулярных слоев полиметиновых красителей значительно отличаются от спектров их растворов (рис. 2, а). Концентрация растворов ПК1 и ПК2 равна $5,8 \cdot 10^{-4}$ моль/л и $1,33 \cdot 10^{-3}$ моль/л, соответственно. Форма спектральной линии растворов полиметиновых красителей имеет ярко выраженный максимум поглощения основной молекулярной формы – all-trans-изомера, концентрация которого в растворе составляет более 90%. Коротковолновое плечо в спектрах обоих растворов обусловлено поглощением cis-изомерами. Абсорбционные спектры слоев значительно уширены по сравнению со спектрами этанольных

растворов. Помимо непосредственного взаимодействия с подложкой, уширение связано также с появлением агрегированных форм, полосы поглощения которых частично перекрываются с полосами поглощения изомеров. С коротковолновой стороны вклад в поглощение вносят димеры, а с длинноволновой – *J*-агрегаты. Доля агрегированных форм в слое тем выше, чем более концентрированный раствор используется при нанесении слоя.

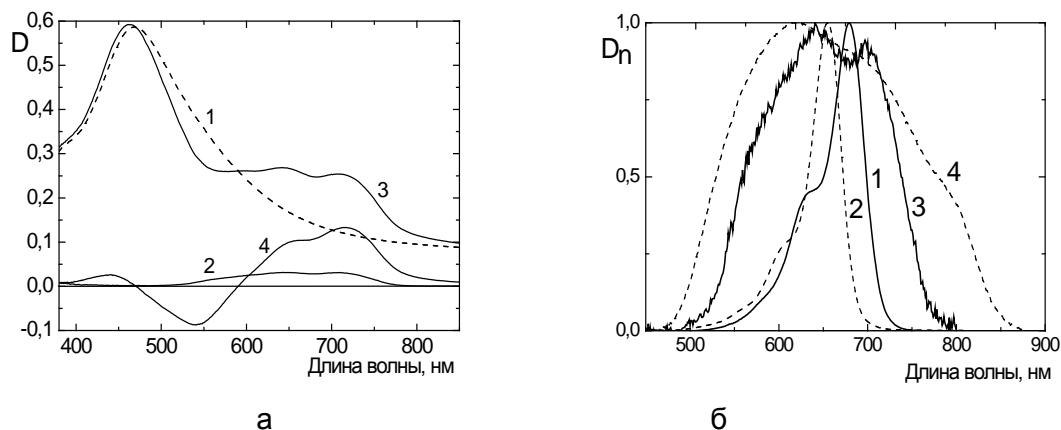


Рис. 2. Спектры оптической плотности (в относительных единицах) растворов ПК1 (3), ПК2 (4) и тонких пленок ПК1 (2) и ПК2 (1) (а); спектры оптической плотности: островковой пленки Ag (1), тонкой пленки ПК1 (2) и их гибрида (3), кривая (4) соответствует разности кривых (3) и (1) (б)

Спектр экстинкции гибрида гранулированной серебряной отожженной пленки и слоя полиметинового красителя, приготовленного из раствора ПК1 с концентрацией $1,17 \cdot 10^{-4}$ ммоль/л или примерно 11 условных монослоев приведен на рис. 2, б. Поглощение гибридного материала не сводится к простой сумме поглощений металлических наночастиц и органического красителя. С коротковолновой стороны от полосы поглощения красителя поглощение гибридного материала оказывается даже меньше, чем поглощение металлической пленки без красителя. Для ПК1 разностный спектр, приведенный на рис. 2, б, отрицателен в области длин волн от 470 до 590 нм. В большей части полосы поглощения красителя поглощение гибридного материала превышает сумму поглощений металлических наночастиц и молекулярных слоев красителя на диэлектрической подложке без частиц серебра. С длинноволновой стороны от полосы поглощения красителя, для ПК1 – это область длин волн, больших 780 нм, поглощение гибридного материала также заметно превышает поглощение металлической пленки без красителя, несмотря на то, что в этой области краситель на диэлектрической подложке практически не поглощает. Аналогичные изменения претерпевают спектры поглощения гибридного материала на основе красителя ПК2 и ПК3 на серебряной островковой пленке.

Фотолюминесценция гибридных материалов

Результат исследования фотолюминесценции слоев органических молекул проиллюстрирован на примере молекул ПК3, поскольку для этого красителя среди используемых достигается наибольшее резонансное взаимодействие, обусловленное спектральной близостью максимума плазмонного поглощения и полос поглощения красителя. Для приготовления слоя с большой толщиной использовался этанольный раствор с концентрацией, близкой к насыщенному, молекулы были высажены на поверхность методом выпаривания.

Исследования слоев молекул на кварцевой подложке с помощью спектрофлуориметра показали, что при возбуждении на разных длинах волн

фиксируется две полосы фотолюминесценции с максимумами на 653 нм и 673 нм (рис. 3, а). С помощью сканирующего конфокального микроскопа при возбуждении He-Ne-лазером получены изображения поверхности флуоресцирующих образцов. По ним определено, что максимум фотолюминесценции на 673 нм соответствует свечению отдельных микрокристаллов ПКЗ (рис. 3, б).

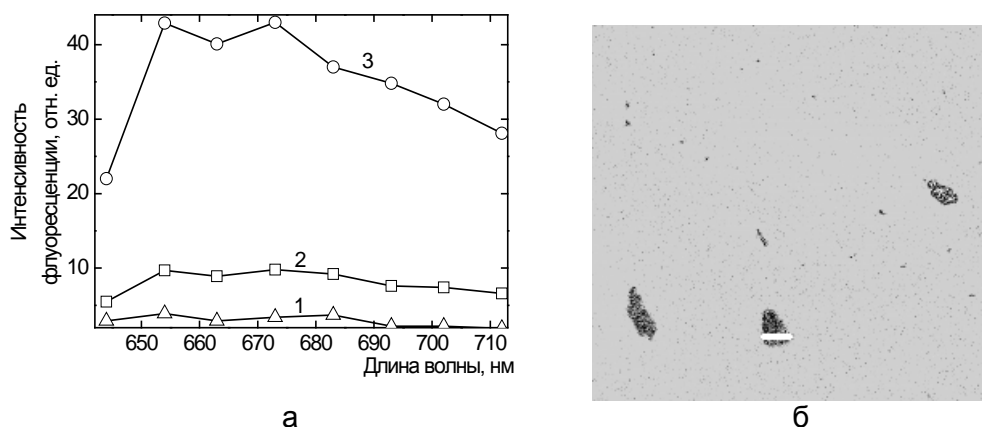


Рис. 3. Фотолюминесценция наночастиц серебра (1), молекулярного слоя ПКЗ, приготовленного из раствора с концентрацией $2,67 \cdot 10^{-3}$ моль/л (2), и их гибридов (3) (а); изображение пленки Ag, покрытой молекулами ПКЗ, полученное на конфокальном флуоресцентном микроскопе (выделенная линия соответствует 70 мкм) (б)

Возбуждение различных изомеров и агрегатов тонкой пленки ПКЗ показывает, что основной вклад во флуоресценцию вносят *J*-агрегаты, стоксов сдвиг при этом составлял 40 нм.

В отношении влияния наночастиц Ag на фотолюминесценцию ПКЗ установлено, что ее интенсивность в присутствии наночастиц превосходит интенсивность фотолюминесценции слоя без них на отдельных участках спектра почти в 4 раза.

Фотоиндуцированные изменения в органических тонких пленках

Для исследования модификации спектров слоев молекул при облучении лазерными импульсами использованы образцы тонких пленок ПК1 на сапфире. Различные конформации молекул обусловлены поворотом фрагмента молекулы вокруг одной из связей полиметиновой цепи. Наиболее низкоэнергетичным для молекулы является невозбужденное синглетное состояние *all-trans*-изомера. Однако *cis*-изомеры не могут за счет тепловых флуктуаций преодолеть энергетические барьеры, разделяющие различные конформации. При переходе молекулы в возбужденное состояние барьер значительно уменьшается вследствие ослабления связей полиметиновой цепи. Таким образом, создается возможность для *cis-trans*-изомеризации и общего изменения относительных концентраций компонентов в молекулярном слое.

Для наблюдения фотоиндуцированных изменений слой ПК1 на сапфировой подложке облучался рубиновым лазером с плотностью энергии в импульсе, не приводящей к выжиганию постоянных спектральных провалов в островковых серебряных пленках. Результат выполненного эксперимента приведен на рис. 4, а. После облучения в слое красителя уменьшилась относительная концентрация *cis*-изомеров и возросла концентрация *all-trans*-изомеров. Вместе с тем, наблюдается слабое уменьшение концентрации димеров и увеличение числа *J*-агрегатов.

В присутствии наночастиц серебра фотоиндуцированные изменения в тонкой пленке полиметинового красителя на сапфировой подложке имеют иной характер (рис. 4, б). Полученная при облучении рубиновым лазером слоев молекул красителя

cis-trans-изомеризация в случае наличия наночастиц серебра при одинаковой плотности энергии и количестве импульсов не выявлена. Заметное увеличение поглощения в длинноволновой области связано с уменьшением относительной концентрации димеров, которые образуют *J*-агрегаты.

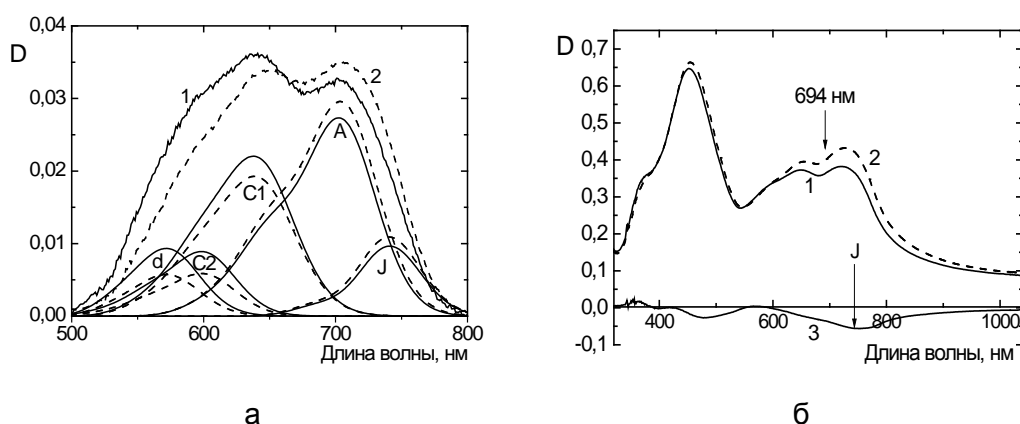


Рис. 4. Фотоиндуцированные изменения тонкой пленки ПК1 (1 – сплошные линии – до облучения; 2 – штриховые линии – после облучения, А – all-trans-изомеры, С1 и С2 – cis-изомеры, *d* – димеры, *J* – *J*-агрегаты) (а); фотоиндуцированные изменения тонкой пленки ПК1 с наночастицами серебра (1 – до, 2 – после облучения) (б)

Заключение

Уменьшение поглощения металлических наночастиц в коротковолновой области объясняется изменением их диэлектрического окружения при нанесении слоя красителя. Действительно, с полосой поглощения красителя связана область аномальной дисперсии, что приводит к уменьшению диэлектрической проницаемости слоя вблизи коротковолновой границы полосы поглощения красителя. Уменьшение диэлектрической проницаемости среды приводит к увеличению частот плазмонных колебаний.

Усиление поглощения красителя в основной части его полосы естественно связать с тем, что молекулы красителя находятся в ближнем поле наночастиц, в которых возбуждены резонансные плазмонные колебания. Влияние ближнего поля проявляется в увеличении интенсивности фотолюминесценции красителя и усилении изменения оптической плотности при облучении лазерными импульсами. Максимальное усиление поглощения достигает 5-ти кратного значения, фотолюминесценции – 4-х, изменение оптической плотности молекулярных слоев в присутствии наночастиц серебра больше в 10 раз, чем в молекулярных слоях без наночастиц.

Литература

1. Fleischmann M., Hendra P.J., McQuillan A.J. Raman spectra of pyridine absorbed at a silver electrode // Chem. Phys. Lett. – 1974. – № 26. – P. 163–166.
2. Glass A.M., Liao P.F., Bergman J.G., Olson D.H. Interaction of metal particles with absorbed dye molecules: absorption and luminescence // Opt. Lett. – 1980. – V. 5. – № 9. – P. 368 – 370.
3. Anker J.N., Hall W.P., Lyanderson O., Shah N.C., Zhao J., Van Duyne R.P. Biosensing with plasmonic nanosensors // Nature Materials. – 2008. – V. 7. – № 6. – P. 442–453.
4. Vartanyan T.A., Leonov N.B., Khromov V.V., Przhibelskii S.G., Toropov N.A., Kaliteevskaya E.N. Granular metal films on the surface of transparent dielectric materials studied and modified via optical means // Proc. SPIE. – 2012. – V. 8414. – P. 8414–1–8414–7.

АНАЛИЗ ЗАТРАТ ПРАВОВОГО ХАРАКТЕРА В ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ПРЕДПРИЯТИЯ

Д.В. Удалова

В настоящем исследовании приводится состав затрат юридического характера, возникающих в процессе логистической деятельности предприятия, а также предлагается расчет экономического эффекта с учетом оптимизации правовых операций и их влияния на эффективность работы предприятия. Автором проведен анализ возможных издержек правового характера, а также предложены пути уменьшения или предотвращения данных издержек.

Материальный и сопровождающие его потоки (информационный, финансовый и другие) функционируют в правовой среде или нормативно-правовом поле. Однако и юридическое регулирование логистических процессов, представленное правовыми потоками, в свою очередь, нуждается в информационном и финансовом сопровождении, т.е. в их детальном описании и стоимости. Модель правового регулирования управления потоками в логистических системах требует финансовых вложений в свое функционирование. Так, для ознакомления с нормативно-правовыми актами необходимо осуществлять их поиск в Интернете или СМИ, устанавливать правовые базы, получать консультации специалистов; для юридического обеспечения выполнения логистических активностей требуется совместная работа с юристами или юридическим отделом, а также повышение правовой квалификации работников и так далее. Таким образом, приходится говорить о расходах на правовое сопровождение логистической деятельности или на функционирование правовых потоков.

Говоря об экономической деятельности предприятия, очевидно, что оно не может функционировать, не неся при этом определенных затрат. Данные затраты могут быть обусловлены предписаниями государственных и муниципальных органов, договорными отношениями между различными субъектами, рыночными особенностями функционирования производств, ведения закупочной и сбытовой деятельности, а также нарушениями законов, договорных обязательств и иными, в том числе деликатными отношениями.

В отечественной и зарубежной научно-экономической литературе предпринимались попытки описания, анализа и оценки правового логистического потока, например, в работах А.У. Альбекова, А.П. Долгова, Е.И. Зайцева, В.К. Козлова, В.С. Лукинского, О.А. Митько, О.А. Новикова, В.В. Сергеева, Л.А. Сосуновой, В.Н. Стаханова, В.И. Степанова, С.А. Уварова, Р.В. Шеховцева, Т.Г. Шульженко, В.В. Щербакова. Отдельные аспекты функционирования логистики как сферы экономики в контексте изучения их с позиций правовых норм затронуты в научных трудах по экономике права, например, в трудах А. Алчяна, Г. Демзеца, С. Мастена, С. Дикина, Дж. и Р. Смитов, Р. Коуза, Ш. Розена, К. Цвайгерта и Х. Кетца, Г.А. Гаджиева, Р.И. Капелюшниковой, М.И. Одинцовой, Г.Б. Шеффера, В.А. Тамбовцева, Р. Познера, А. Пигу и др.

Таким образом, назрела необходимость постановки вопроса о ликвидации пробела в теоретико-методологической инструментальной исследовании организации логистических цепей с позиции их правового регулирования, в том числе в определении затрат на такое регулирование.

Цель функционирования любого коммерческого предприятия заключается в достижении поставленных перед ним задач и получении прибыли. Условно данную цель можно выразить следующей формулой:

$$P = \sum D - \sum S', \quad (1)$$

где P – прибыль предприятия; $\sum D$ – сумма доходов предприятия; $\sum S'$ – сумма затрат предприятия.

Опираясь на факт присутствия права на всех стадиях и во всех аспектах деятельности предприятия, выделим затраты на правовое обеспечение из суммарных затрат предприятия:

$$P = \sum D - \sum S - \sum S_{\text{юр}}, \quad (2)$$

где $\sum S_{\text{юр}}$ – сумма затрат юридического характера.

Особого внимания заслуживает тот факт, что, если экономические (коммерческие) затраты можно уменьшить (путем более рационального управления производством, поиска более выгодных поставщиков, перевозчиков, грамотного построения графика закупок, работы складской службы и т.п.), но не исключить полностью, то многих юридических затрат можно избежать. Это возможно в случае соблюдения правовых норм и договорных обязательств, профессионального составления договорной и иной документации и грамотного отстаивания своих интересов в досудебных и судебных спорах.

Рассмотрим более подробно состав юридических затрат.

$$\sum S_{\text{юр}} = \sum C + \sum G + \sum R + \sum N + \sum U, \quad (3)$$

где $\sum C$ – сумма затрат, связанных с заключением договоров, составлением различной документации; $\sum G$ – платежи в государственные, муниципальные и иные органы и учреждения, связанные с деятельностью предприятия; $\sum R$ – сумма претензионных, судебных и иных издержек, связанных с возникновением споров и разногласий в процессе коммерческой деятельности предприятия; $\sum N$ – сумма затрат, связанных с неисполнением или ненадлежащим исполнением договорных и иных обязательств; $\sum U$ – издержки, связанные с управлением предприятием.

Приступая к анализу составляющих юридических затрат, необходимо отметить, что одни из них подлежат обычному математическому расчету, осуществляемому предварительно или в процессе их возникновения на практике, а в отношении других оперировать конкретными цифрами и суммами относительно трудно.

Итак, в состав юридических затрат входят следующие компоненты:

$$\sum C = C_{\text{дог}} + C_{\text{зпл}} + C_{\text{док}}, \quad (4)$$

где $C_{\text{дог}}$ – затраты на заключение и исполнение договоров. В экономической литературе данные затраты называют транзакционными и выделяют их следующие виды: издержки по поиску информации, издержки, связанные с заключением контракта, издержки по контролю за реализацией контракта, издержки по юридической защите контракта.

Р. Коуз отмечает: «Чтобы осуществить рыночную транзакцию, необходимо определить, с кем желательно заключить сделку, оповестить тех, с кем желают заключить сделку и на каких условиях, провести предварительные переговоры, подготовить контракт, собрать сведения, чтобы убедиться в том, что условия контракта выполняются, и так далее» [1]. В данную группу могут входить затраты на телефонные переговоры, факсимильные и электронные сообщения, использование иной техники (копирование, сканирование, обработка), интернет, затраты на бумагу и расходные материалы, рабочее время сотрудников, потраченное на переговоры, рассмотрение и анализ условий договоров, получение необходимой информации, контроль за исполнением договоров и другое; $C_{\text{зпл}}$ – затраты на заработную плату и иное вознаграждение различных специалистов, вовлеченных в процесс заключения договоров.

К данной группе можно отнести расходы на заработную плату штатным юристам, менеджерам, специалистам по поиску поставщиков, каналов сбыта, транспортным и иным посредникам и ведению переговоров с ними и так далее, а также вознаграждение внештатным специалистам, привлекаемым по гражданско-правовым договорам

(юристам, экспертам, страховым и иным агентам и т.п.); $C_{\text{док}}$ – затраты на разработку, составление и исполнение других документов, необходимых в коммерческой деятельности предприятия (актов, накладных, счетов и счетов-фактур, справок, журналов, карточек и т.п.).

$$\sum G = G_{\text{нал}} + G_{\text{лиц}} + G_{\text{там}}, \quad (5)$$

где $G_{\text{нал}}$ – налоговые платежи, отчисления и сборы в международные (если предприятие является участником внешнеэкономических сделок), государственные и муниципальные фонды; $G_{\text{лиц}}$ – лицензионные и сертификационные платежи; $G_{\text{там}}$ – таможенные, страховые и иные сборы.

$$\sum R = R_{\text{прет}} + R_{\text{суд}}, \quad (6)$$

где $R_{\text{прет}}$ – претензионные издержки, вызванные неисполнением или ненадлежащим исполнением договорных обязательств сторонами.

К претензионным издержкам можно отнести расходы на ведение переговоров между сторонами (включая временные, материальные, производственные затраты, являющиеся следствием претензионного урегулирования споров), расходы, которые претерпевает одна сторона в случае невыполнения своих обязательств другой стороной, а также расходы, которые несет виновная сторона договорных отношений в случае признания ею своей вины; $R_{\text{суд}}$ – судебные издержки, связанные с рассмотрением споров в судебном порядке (при недостижении сторонами договора согласия в досудебных разбирательствах).

$$\sum N = N_{\text{д}} + N_{\text{штр}} + N_{\text{уп.выг}} + N_{\text{доп}}, \quad (7)$$

где $N_{\text{д}}$ – сумма основного долга предприятия по договору; $N_{\text{штр}}$ – сумма штрафов и неустоек, возникших в результате неисполнения виновной стороной своих обязательств; $N_{\text{уп.выг}}$ – сумма денежных средств, представляющих собой упущенную выгоду и неполученные доходы. Согласно п. 4 ст. 393 Гражданского кодекса РФ: «при определении упущенной выгоды учитываются предпринятые кредитором для ее получения меры и сделанные с этой целью приготовления» [2]; $N_{\text{доп}}$ – дополнительные (сопутствующие) издержки.

$$\sum U = U_{\text{орг}} + U_{\text{рук}} + U_{\text{зпл.рук}} + U_{\text{реш}}, \quad (8)$$

где $U_{\text{орг}}$ – затраты, связанные с созданием, реорганизацией, ликвидацией предприятия и его подразделений. К данным затратам относятся затраты на создание новых обособленных (филиалов, представительств) и необособленных (различных отделов, магазинов и т.п.) подразделений предприятия, а также различных видов реорганизации (слияния, объединения, поглощения, выделения и т.д.) предприятия с другими организациями, а также его подразделений между собой; $U_{\text{рук}}$ – издержки, связанные с избранием (назначением) или переизбранием высшего руководящего состава предприятия.

К данной группе издержек можно отнести затраты на подготовку проведения общих собраний участников (акционеров) обществ, созывов собраний директоров организаций, проведения и правового оформления протоколов голосований по вопросам выбора кандидатов в руководители и так далее. Особое внимание следует обратить на правомерность соблюдения всех требований к данным процедурам, обозначенных в законах, подзаконных нормативно-правовых актах и учредительных документах самих организаций, так как в случае их нарушения данные мероприятия проводятся повторно и, следовательно, затрачиваются новые средства; $U_{\text{зпл.рук}}$ – затраты, связанные с выплатой заработной платы и иного вознаграждения менеджменту предприятия, а также вознаграждения специалистам, привлекаемым для консультирования по вопросам финансового, экономического, логистического и иного

управления предприятием; $U_{\text{реш}}$ – затраты, связанные с неверным принятием решений по управленческой деятельности предприятия.

Предложенный состав юридических затрат может быть дополнен иными видами издержек правового характера. Важно отметить, что большая часть данных составляющих является правовыми последствиями несоблюдения различных норм и правил при выполнении логистических операций и функций внутри организации и за ее пределами, нарушения логистическими субъектами своих обязанностей, неисполнения предприятием договорных обязательств перед контрагентами или нарушения предписаний государственных и муниципальных органов. Причем, заслуживает внимания тот факт, что правовые нарушения на микроуровне, т.е. внутри организации, неизбежно влекут за собой проблемы коммерческого характера на мезо- и макроуровнях, что выражается в «финансовом наказании» организации, т.е. понесенных ею расходах.

В начале данной работы отмечалось, что целью деятельности любого предприятия является извлечение прибыли, т.е. достижение наибольшего положительного эффекта. Увеличение эффекта происходит, прежде всего, за счет уменьшения юридических затрат. Таким образом, идеальным является вариант, при котором сумма затрат (в том числе и юридических) стремится к нулю, но не достигает его:

$$\sum S + \sum S_{\text{юр}} \rightarrow 0. \quad (9)$$

Говоря об юридических затратах, необходимо отметить, что каждую из категорий данных затрат можно уменьшить, а претензионно-судебные затраты ($\sum R$) и затраты, связанные с неисполнением или ненадлежащим исполнением договорных и иных обязательств ($\sum N$), допустимо исключить полностью.

Традиционно называют два вида эффекта – положительный и отрицательный. Также необходимо выделить третий вид эффекта – не возникший отрицательный эффект или предотвращенный ущерб. Ущерб бывает двух видов:

1. положительный ущерб (уменьшение наличного имущества);
2. упущенная выгода (неполучение имущественных благ, несвоевременное предоставление материальных и иных благ и тому подобное).

Источники причинения ущерба носят экономический и юридический характер. Так, предоставляется возможным выделить следующие источники:

- причины первого порядка: юридические аспекты (нарушение нормативов, невыполнение условий договоров, причинение вреда и т.д.);
- причины второго порядка: экономические аспекты (брак, несвоевременное предоставление материальных и иных благ и т.д.).

Следовательно, для достижения положительного эффекта необходимо не допускать возникновения отрицательного эффекта, а именно соблюдать юридические аспекты, определяющие возможность экономических причин возникновения ущерба и его соответствующие проявления.

Эффект является абсолютной величиной, характеризующей экономическое состояние предприятия. Повлиять на него можно посредством улучшения юридических и экономических показателей деятельности предприятия. К экономическим показателям относятся: повышение оборачиваемости оборотных средств, повышение производительности труда, сокращение численности работников, повышение качества работ, совмещение профессий и др.

К юридическим показателям относятся: совершенствование нормативно-правовой базы и приведение внутренней нормативной документации в соответствие с требованиями законодательства, правовая информированность работников и их соответствующее участие во внутренней и внешней правовой деятельности предприятия (договорная работа, внутренние административные отношения),

рациональное распределение прав, обязанностей и ответственности между работниками и делегирование полномочий по вертикали и горизонтали, снижение величины штрафов и неустоек за нарушение договорных и иных обязательств и др.

Говоря об экономической эффективности правового обеспечения деятельности микрологистической системы (системы предприятия), необходимо отметить, что она возможна путем сравнения затрат с эффектом. Производится расчет экономической эффективности правового сопровождения потоковой триады по следующей формуле:

$$\mathcal{E} = \frac{P}{Z} \cdot 100\%, \quad (10)$$

где \mathcal{E} – экономическая эффективность правового обеспечения деятельности микрологистической системы; P – результат деятельности (экономический эффект) предприятия; Z – затраты предприятия на правовое сопровождение производственно-коммерческой деятельности микрологистической системы.

Пусть предприятие по всем направлениям деятельности правового сопровождения потоковых процессов сумело сэкономить (предупредить дополнительные расходы и добиться компенсации потерь) на сумму (D), равную 189000 руб. В то же время на деятельность юридической службы было израсходовано (Z) 100000 руб. Экономический эффект от деятельности службы (P) составит в этом случае:

$$P = D - Z = 189000 - 100000 = 89000 \text{ руб.}$$

Экономическая эффективность деятельности службы (\mathcal{E}) будет равна:

$$\mathcal{E} = P / Z = 89000 / 100000 = 0,89.$$

Это означает, что каждый рубль, затраченный на обеспечение функционирования юридической службы, дает прибыль 0,89 коп.

Необходимо еще раз отметить, что увеличение эффекта происходит за счет уменьшения, но не исключения затрат, в том числе и на юридическое обеспечение деятельности предприятия. При эффективном юридическом обслуживании уменьшается размер экономических потерь предприятия, но появляются затраты на само обслуживание (рисунок). Таким образом, существует некое оптимальное соотношение объема юридического обеспечения предприятия и понесенных им суммарных затрат (B_{opt}).

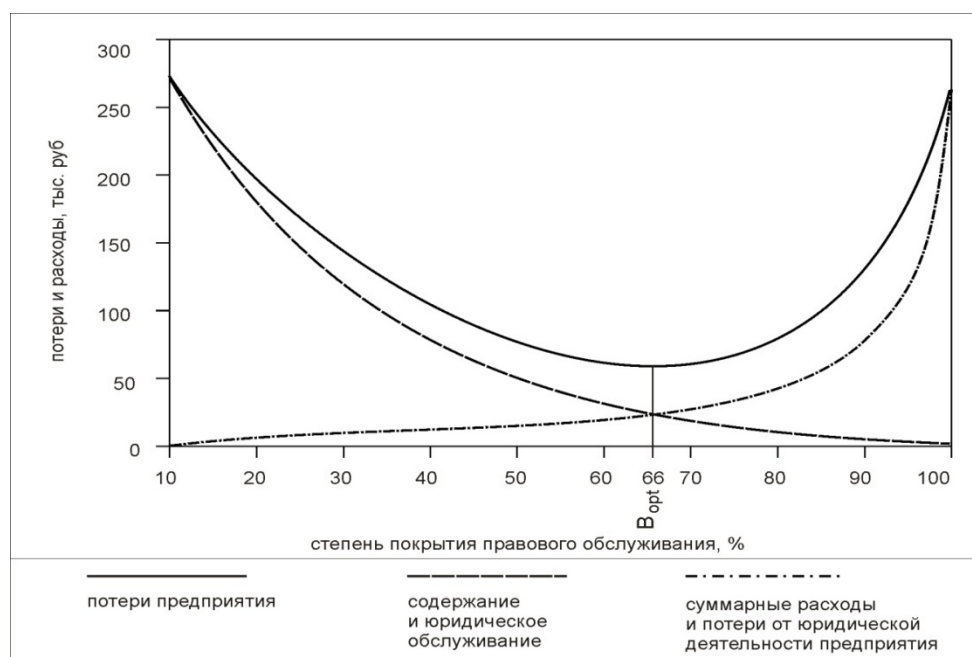


Рисунок. Характер изменения суммарных издержек предприятия на юридическое сопровождение производственно-коммерческой деятельности

В заключение можно отметить, что эффективность правового сопровождения процессов в логистических системах предприятия обратно пропорциональна затратам на данное сопровождение. Правовое сопровождение деятельности предприятия осуществляется его юридической службой и измеряется рядом юридических показателей (по договорной работе, внутренней административной деятельности, судебно-процессуальной деятельности и взаимодействию с государственными и иными органами).

Литература

1. Коуз Р. Природа фирмы: Пер. с англ. – М.: Дело, 2001. – 360 с.
2. Гражданский кодекс РФ: в 4 ч. – М.: Ось-89, 2008. – 560 с.

УДК 537.862

АНАЛИЗ ЗОННОЙ СТРУКТУРЫ ФОТОННОГО КРИСТАЛЛА С КРАТНЫМИ ОПТИЧЕСКИМИ ДЛИНАМИ СЛОЕВ ДЛЯ ТЕРАГЕРЦОВОГО ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ

А.Х. Денисултанов, М.К. Ходзицкий

Из дисперсионного уравнения для бесконечного фотонного кристалла были выведены формулы для точного расчета границ запрещенных зон, ширины запрещенных зон и точного положения центров запрещенных зон фотонных кристаллов с кратными оптическими длинами слоев в двухслойной ячейке для терагерцового диапазона частот от 0,1 до 1 ТГц. Данные формулы были проверены при численном моделировании фотонных кристаллов методом матриц передачи и методом конечных разностей временной области для первой, второй и третьей кратностей оптических длин в двухслойной ячейке фотонного кристалла. Формулы для второй кратности были подтверждены экспериментально.

Ключевые слова: фотонный кристалл, запрещенная зона, граничные частоты, кратные оптические длины, матрица преобразования, метаматериал.

Введение

В последние годы исследование искусственных сред с необычными свойствами («метаматериалов») привлекает интерес достаточно большого круга ученых и инженеров, что обуславливается перспективным использованием этих сред в промышленной и военной индустрии при разработке новых типов фильтров, фазосдвигателей, суперлинз, маскирующих покрытий и т.д. [1–3]. Одним из видов метаматериалов является фотонный кристалл, который представляет собой слоистую структуру с периодически изменяющимся показателем преломления [4]. Фотонные кристаллы (ФК) активно используются в лазерных технологиях, средствах коммуникации, фильтрации, благодаря таким уникальным свойствам как наличие зонной структуры в спектре, сверхразрешение, эффект суперпризмы и т.д. [5–7]. Особый интерес проявляется к исследованию фотонных кристаллов в терагерцовом (ТГц) диапазоне для спектроскопических, томографических исследований новых типов материалов и биообъектов [8]. Исследователями уже разработаны двумерные и трехмерные ФК для терагерцового диапазона частот, и изучены их характеристики [9, 10], но, к сожалению, на данный момент нет точных формул для расчета характеристик зонной структуры фотонного кристалла, таких как ширина запрещенной зоны, центр запрещенной зоны, границы запрещенной зоны [11]. Целью настоящей работы является получение формул для расчета характеристик одномерного фотонного кристалла для первой, второй и третьей кратностей оптических длин в двухслойной ячейке ФК и проверка этих формул с помощью численного моделирования методом

матриц передачи и методом конечных разностей во временной области, а также эксперимента в ТГц диапазоне частот.

Аналитическое и численное моделирование

Рассмотрим бесконечный фотонный кристалл с показателями преломления слоев в двухслойной ячейке n_1 и n_2 и толщинами слоев d_1 и d_2 соответственно. Данная структура возбуждается линейно-поляризованной поперечной электрической волной (ТЕ-волной). Волновой вектор \mathbf{k} направлен перпендикулярно слоям ФК (рис. 1). Дисперсионное уравнение для такого ФК, полученное с использованием теоремы Флоке и условия непрерывности тангенциальных компонент поля на границе слоев, имеет вид [12]:

$$\cos[k_B(d_1 + d_2)] = \cos[k_{Z_1}d_1] \times \cos[k_{Z_2}d_2] - 0,5 \times \left(\frac{k_{Z_1}}{k_{Z_2}} + \frac{k_{Z_2}}{k_{Z_1}} \right) \times \sin[k_{Z_1}d_1] \times \sin[k_{Z_2}d_2], \quad (1)$$

где k_B – блоховское волновое число; $k_{Z_1} = \frac{2\pi \times f \times n_1}{c}$; $k_{Z_2} = \frac{2\pi \times f \times n_2}{c}$; f – частота; n_1, n_2 – показатели преломления; d_1, d_2 – толщины слоев.

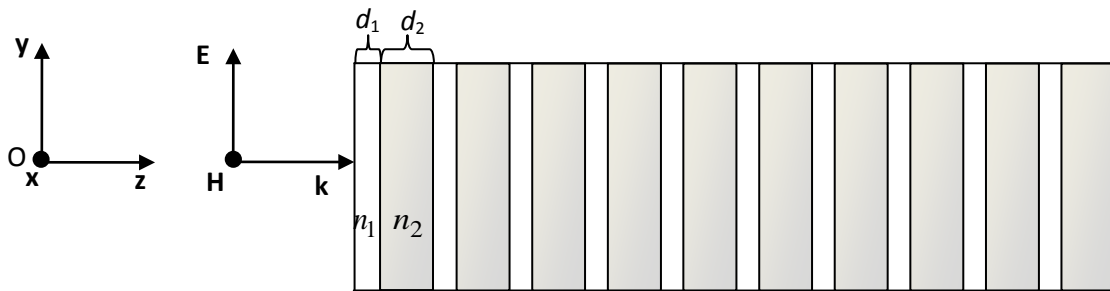


Рис. 1. Рассматриваемая слоисто-периодическая структура

Дисперсия комплексного блоховского волнового числа, полученная с использованием уравнения (1), показана на рис. 2. Как видно из рис. 2, аргумент косинуса $k_B(d_1 + d_2)$ будет принимать значения на границах запрещенных зон либо 0, либо π [12]. Следовательно, исходя из этого условия, можно рассчитать значения граничных частот, ширины запрещенных зон и центры запрещенных зон фотонного кристалла. Однако для фотонного кристалла с некратными оптическими длинами слоев внутри двухслойной ячейки данные формулы могут быть получены только не в явном виде. Для получения формул в явном виде нужно использовать кратные оптические длины: $n_1d_1 = n_2d_2$; $n_1d_1 = 2 \times n_2d_2$; $n_1d_1 = 3 \times n_2d_2$; ... В работе были рассмотрены формулы для первой, второй и третьей кратности.

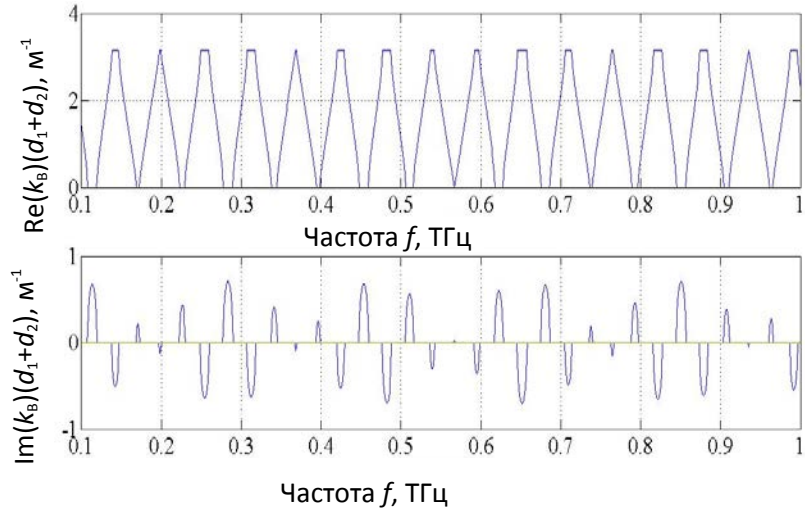


Рис. 2. Частотная дисперсия комплексного блоховского волнового числа

Для фотонного кристалла первой кратности ($n_1 d_1 = n_2 d_2$) формулы граничных частот, ширины запрещенной зоны и центра запрещенной зоны имеют следующий вид:

$$f_1 = \left(\arccos \left(\frac{0,25\beta - 1,5}{0,25\beta + 0,5} \right) + 2\pi m \right) / 2\alpha; \quad f_2 = \left(-\arccos \left(\frac{0,25\beta - 1,5}{0,25\beta + 0,5} \right) + 2\pi(m+1) \right) / 2\alpha;$$

$$\Delta f = f_2 - f_1; \quad f_{33} = \frac{f_2 + f_1}{2}; \quad f_{pz} = \frac{\pi \times (m+1)}{\alpha}, \quad (2)$$

где f_1 и f_2 – низкочастотная и высокочастотная границы запрещенной зоны соответственно; Δf – ширина запрещенной зоны; f_{33} – центр запрещенной зоны; c – скорость света; f_{pz} – центр разрешенной зоны $\beta = \frac{n_1}{n_2} + \frac{n_2}{n_1}$; $\alpha = \frac{2\pi \times n_2 d_2}{c}$; $m = 0, 1, 2, \dots$

Для ФК с параметрами слоев $n_1 = 2,9$; $n_2 = 1,445$; $d_1 = 540$ мкм; $d_2 = 1084$ мкм для второй запрещенной зоны в диапазоне 0,1–1 ТГц будут следующие параметры зонной структуры: $f_1 = 0,1332$ ТГц; $f_2 = 0,1541$ ТГц; $\Delta f = 0,0209$ ТГц; $f_{33} = 0,1437$ ТГц.

Для ФК, оптические длины слоев которого связаны равенством $n_1 d_1 = 2n_2 d_2$, были получены следующие формулы для параметров зонной структуры:

$$f_1 = \frac{\left(\arccos \left(\frac{4 + \beta + \sqrt{\beta^2 - 4}}{6 + 3\beta - \sqrt{\beta^2 - 4}} \right) + 2\pi m \right) \times c}{\pi n_2 d_2}; \quad f_1^1 = \frac{\left(\arccos \left(\frac{4 + \beta - \sqrt{\beta^2 - 4}}{6 + 3\beta + \sqrt{\beta^2 - 4}} \right) + 2\pi m \right) \times c}{\pi n_2 d_2};$$

$$f_2 = \frac{\left(\arccos \left(\frac{-\beta + \sqrt{\beta^2 - 4}}{2 + \beta - \sqrt{\beta^2 - 4}} \right) + 2\pi m \right) \times c}{\pi n_2 d_2}; \quad f_2^1 = \frac{\left(\arccos \left(\frac{-\beta - \sqrt{\beta^2 - 4}}{2 + \beta + \sqrt{\beta^2 - 4}} \right) + 2\pi m \right) \times c}{\pi n_2 d_2};$$

$$f_3 = \frac{\left(-\arccos \left(\frac{-\beta - \sqrt{\beta^2 - 4}}{2 + \beta + \sqrt{\beta^2 - 4}} \right) + 2\pi(m+1) \right) \times c}{\pi n_2 d_2};$$

$$\begin{aligned}
f_3^1 &= \frac{\left(-\arccos\left(\frac{-\beta + \sqrt{\beta^2 - 4}}{2 + \beta - \sqrt{\beta^2 - 4}}\right) + 2\pi(m+1)\right) \times c}{\pi n_2 d_2}; \\
f_4 &= \frac{\left(-\arccos\left(\frac{4 + \beta - \sqrt{\beta^2 - 4}}{6 + 3\beta + \sqrt{\beta^2 - 4}}\right) + 2\pi(m+1)\right) \times c}{\pi n_2 d_2}; \\
f_4^1 &= \frac{\left(-\arccos\left(\frac{4 + \beta + \sqrt{\beta^2 - 4}}{6 + 3\beta - \sqrt{\beta^2 - 4}}\right) + 2\pi(m+1)\right) \times c}{\pi n_2 d_2}; \\
f_{p3} &= \frac{(m+1) \times c}{2n_2 d_2}, \tag{3}
\end{aligned}$$

где $(f_1$ и $f_1^1)$, $(f_2$ и $f_2^1)$, $(f_3$ и $f_3^1)$, $(f_4$ и $f_4^1)$ – низкочастотная и высокочастотная границы запрещенных зон с номерами $(4m+1)$, $(4m+2)$, $(4m+3)$, $(4m+4)$ соответственно; c – скорость света; $\beta = \frac{n_1}{n_2} + \frac{n_2}{n_1}$; $m = 0, 1, 2, \dots$. Ширина запрещенной зоны рассчитывается

как $\Delta f = f - f^1$; центр запрещенной зоны $f_{33} = \frac{f + f^1}{2}$; f_{p3} – центр разрешенной зоны.

Для ФК с параметрами $n_1 = 2,9$; $n_2 = 1,445$; $d_1 = 540$ мкм; $d_2 = 541,87$ мкм для второй запрещенной зоны в диапазоне 0,1–1 ТГц: $f_2 = 0,116$ ТГц; $f_2^1 = 0,14$ ТГц; $\Delta f = 0,024$ ТГц; $f_{33} = 0,128$ ТГц. Для фотонного кристалла, оптические длины которого связаны равенством $n_1 d_1 = 3n_2 d_2$, были получены следующие формулы для параметров зонной структуры:

$$\begin{aligned}
f_1 &= \frac{\left(\arccos\left(\frac{1 - 0,5\beta + \sqrt{2,25\beta^2 - \beta - 7}}{3 + 2,5\beta - \sqrt{2,25\beta^2 - \beta - 7}}\right) + 2\pi m\right) \times c}{4\pi n_2 d_2}; \\
f_1^1 &= \frac{\left(\arccos\left(\frac{1 - 0,5\beta - \sqrt{2,25\beta^2 - \beta - 7}}{3 + 2,5\beta + \sqrt{2,25\beta^2 - \beta - 7}}\right) + 2\pi m\right) \times c}{4\pi n_2 d_2}; \\
f_3 &= \frac{\left(-\arccos\left(\frac{1 - 0,5\beta - \sqrt{2,25\beta^2 - \beta - 7}}{3 + 2,5\beta + \sqrt{2,25\beta^2 - \beta - 7}}\right) + 2\pi(m+1)\right) \times c}{4\pi n_2 d_2}; \\
f_3^1 &= \frac{\left(-\arccos\left(\frac{1 - 0,5\beta + \sqrt{2,25\beta^2 - \beta - 7}}{3 + 2,5\beta - \sqrt{2,25\beta^2 - \beta - 7}}\right) + 2\pi(m+1)\right) \times c}{4\pi n_2 d_2}; \quad f_{p3} = \frac{m \times c}{2n_2 d_2}, \tag{4}
\end{aligned}$$

где $(f_1$ и $f_1^1)$, $(f_2$ и $f_2^1)$, $(f_3$ и $f_3^1)$ – низкочастотная и высокочастотная границы запрещенных зон с номерами $(3m+1)$, $(3m+2)$, $(3m+3)$ соответственно; c – скорость

света; $\beta = \frac{n_1}{n_2} + \frac{n_2}{n_1}$; $m = 0, 1, 2, \dots$. Ширина запрещенной зоны высчитывается как

$\Delta f = f - f^1$; центр запрещенной зоны $f_{зз} = \frac{f + f^1}{2}$; $f_{рз}$ – центр разрешенной зоны.

Для ФК с параметрами $n_1 = 2,9$; $n_2 = 1,445$; $d_1 = 540$ мкм; $d_2 = 361,24$ мкм для второй запрещенной зоны в диапазоне 0,1–1 ТГц: $f_2 = 0,1283$ ТГц; $f_2^1 = 0,1591$ ТГц; $\Delta f = 0,0308$ ТГц; $f_{зз} = 0,1437$ ТГц. Используя метод матриц передачи [13], на рис. 3 в математическом пакете MATLAB была построена зонная структура фотонного кристалла для оптических длин слоев в двухслойной ячейке 1-й, 2-й и 3-й кратностей, в ТГц диапазоне частот с 10 элементарными ячейками с параметрами слоев указанными выше.

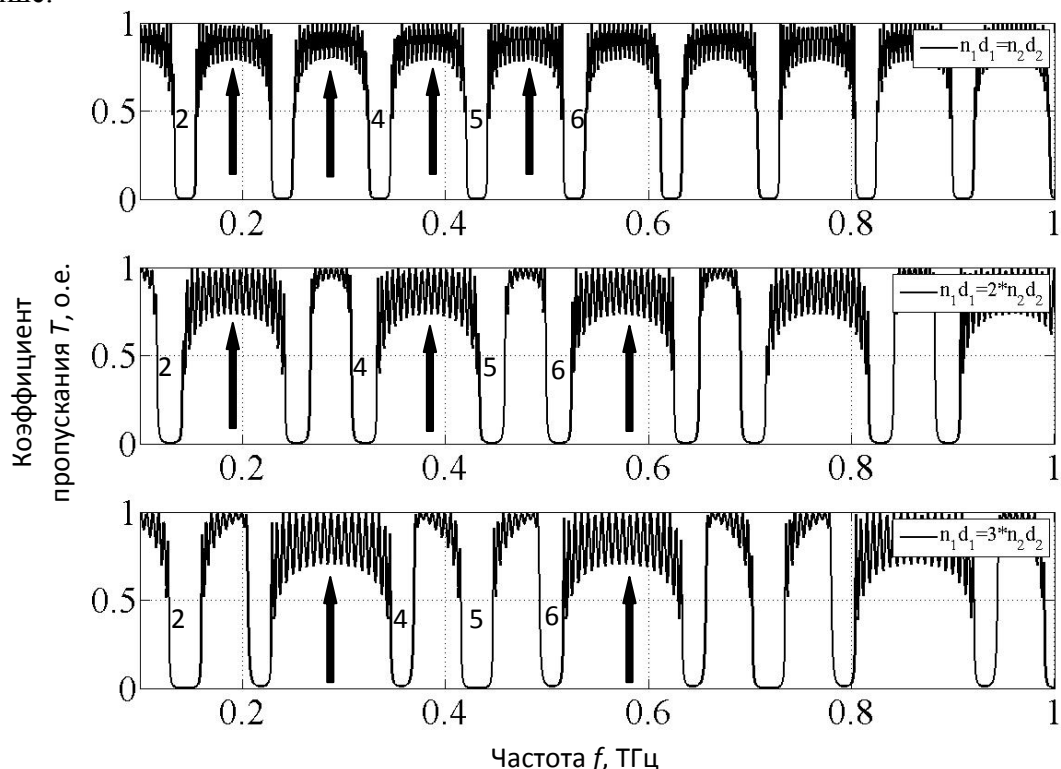


Рис. 3. Зонная структура фотонного кристалла для трех кратностей оптических длин слоев в двухслойной ячейке в ТГц диапазоне частот (цифры указывают номер запрещенной зоны, стрелки – выпадающие запрещенные зоны)

Как видно из рис. 3, в спектре пропускания ФК 1-й, 2-й и 3-й кратностей выпадают запрещенные зоны кратные двум, трем, четырем соответственно по сравнению с зонной структурой ФК с некрatными оптическими длинами слоев внутри элементарной ячейки. Для всех трех случаев кратности относительная погрешность вычислений параметров зонной структуры конечного ФК не превышает 1% по сравнению с формулами для бесконечного ФК (ширина запрещенной зоны рассчитывалась на уровне 0,5 коэффициента пропускания для конечного ФК).

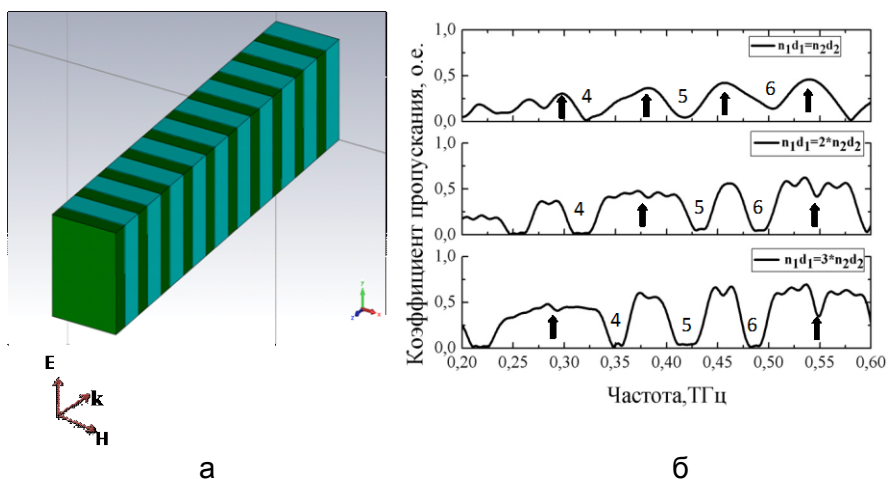


Рис. 4. Трехмерная модель ФК в CST (а) и коэффициент пропускания ФК для трех кратностей (б)

Также структура одномерного ФК была рассчитана методом конечных разностей во временной области программным пакетом моделирования CST Microwave Studio (рис. 4). Видна такая же аналогия поведения зонной структуры конечного ФК, как и для спектров пропускания, полученного методом матриц передачи. Относительная погрешность вычислений параметров зонной структуры конечного ФК в этом пакете моделирования не превышает 3% по сравнению с формулами для бесконечного ФК.

Экспериментальная часть

Случай 2-й кратности был проверен экспериментально методом непрерывной ТГц спектроскопии в диапазоне 0,1–1 ТГц [14]. Был использован метод смещения частот инфракрасного излучения на фотопроводящей (ФП) антенне для генерации ТГц излучения. Вторая ФП антенна была использована в качестве приемника. Между излучающей и принимающей ФП антенной устанавливался собранный ФК (рис. 5).

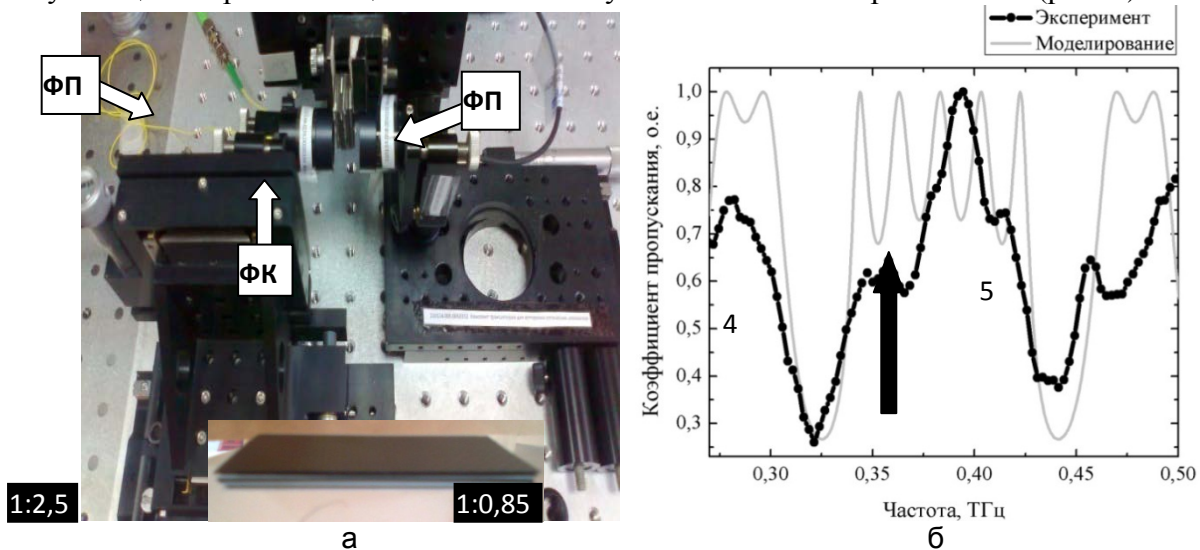


Рис. 5. Фотография установки, фотография макета фотонного кристалла (а) и сравнительный график экспериментального и теоретического коэффициента пропускания ФК с тремя элементарными ячейками (б)

Исследованный фотонный кристалл имеет следующие параметры: количество бислойных ячеек – 3; показатели преломления слоев – $n_1 = 2,9$ и $n_2 = 1,445$; толщины слоев – $d_1 = 540$ мкм и $d_2 = 520$ мкм (d_2 на 21 мкм меньше, чем для случая идеальной второй кратности). На рис. 5 показано сравнение экспериментального и теоретического

спектра для 4 и 5 запрещенных зон. Как видно из экспериментального графика, так же как и для моделирования, наблюдается выпадение запрещенной зоны кратной трем по сравнению с зонной структурой ФК с некратными оптическими длинами слоев внутри элементарной ячейки. Небольшое несоответствие положения центров запрещенных зон в экспериментальном и теоретическом спектре связано с отличием толщины слоев тефлона в эксперименте от идеальной второй кратности.

Заключение

Таким образом, были получены точные формулы для расчета параметров зонной структуры (ширина запрещенной зоны, границы запрещенной зоны и центр запрещенной зоны) одномерных фотонных кристаллов с кратными оптическими длинами слоев внутри двухслойной элементарной ячейки для случая ТЕ-волны с волновым вектором, перпендикулярным плоскостям слоев фотонного кристалла. Было продемонстрировано для фотонного кристалла 1-й, 2-й и 3-й кратности исчезновение запрещенных зон, кратным двум, трем, четырем соответственно по сравнению с зонной структурой фотонных кристаллов с некратными оптическими длинами слоев внутри элементарной ячейки. Формулы для 1-й, 2-й и 3-й кратностей были проверены с помощью метода матриц передачи, трехмерного численного моделирования методом конечных разностей во временной области. Случай 2-й кратности был проверен в эксперименте в терагерцовом диапазоне частот от 0,1 до 1 ТГц. Данные формулы могут быть использованы для разработки широкополосных фильтров на основе фотонных кристаллов для промышленного, военного и медицинского применения, без необходимости моделирования зонной структуры фотонного кристалла в различных математических пакетах.

Работа была поддержана грантом 14.132.21.1421.

Литература

1. Вендик И.Б., Вендик О.Г. Метаматериалы и их применение в технике сверхвысоких частот (Обзор) // Журнал технической физики. – СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – 2013. – Т. 83. – Вып. 1. – С. 3–26.
2. Возианова А.В., Ходзицкий М.К. Маскирующее покрытие на основе спиральных резонаторов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2012. – № 4(80). – С. 28–34.
3. Терехов Ю.Е., Ходзицкий М.К., Белокопытов Г.В. Характеристики метапленок для терагерцового диапазона частот при масштабировании геометрических параметров // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2013. – № 1(83). – С. 55–60.
4. Yablonovitch E. Inhibited Spontaneous Emission in Solid-State Physics and Electronics // Physical Review Letters. – 1987. – V. 58. – № 20. – P. 2059–2062.
5. Figotin A., Kuchment P. Band-Gap Structure of Spectra of Periodic Dielectric and Acoustic Media. II. Two-Dimensional Photonic Crystals // SIAM Journal on Applied Mathematics. – 1996. – V. 56. – № 6. – P. 1561–1620.
6. Smolyaninov Igor I., Davis Christopher C. Super-resolution optical microscopy based on photonic crystal materials // Physical review B. – 2005. – V. 72. – P. 085442.
7. Kosaka Hideo, Kawashima Takayuki, Tomita Akihisa. Superprism phenomena in photonic crystals // Physical review B. – 1998. – V. 58. – № 16. – P. 10096–10099.
8. Kurt Hamza, Erim Muhammed Necip, Erim Nur. Various photonic crystal bio-sensor configurations based on optical surface modes // Department of Electrical and Electronics Engineering. – 2012. – V. 165. – № 1. – P. 68–75.

9. Ozbay E., Michel E., Tuttle G., Biswas R., Sigalas M., and Ho K.M. Micromachined millimeter-wave photonic band-gap crystals // Appl. Phys. Lett. – 1994. – V. 64. – № 16. – P. 2059–2061.
10. Jin C., Cheng B., Li Z., Zhang D., Li L.M., Zhang Z.Q. Two dimensional metallic photonic crystal in the THz range // Opt. Commun. – 1999. – V. 166. – № 9. – P. 9–13.
11. Nusinsky Inna and Hardy Amos A. Band-gap analysis of one-dimensional photonic crystals and conditions for gap closing // Physical review B. – 2006. – V. 73. – P. 125104.
12. Басс Ф.Г., Булгаков А.А., Тетервов А.П. Высокочастотные свойства полупроводников со сверхрешетками. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. – 288 с.
13. Борн М., Вольф Э. Основы Оптики. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1973. – С. 66–81.
14. Gregory I.S., Tribe W.R., Baker C. Continuous-wave terahertz system with a 60 dB dynamic range // Applied Physics Letters. – 2005. – V. 86. – P. 204104.

УДК 338

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ РЫНКА РЕКЛАМЫ ЗА ПЕРИОД 2011–2014 ГГ.

О.А. Цуканова

В работе проводится анализ развития рынка рекламы в России за период 2011–2013 гг., выявляются основные тенденции развития, как в России, так и за рубежом, дается прогноз динамики объема рынка рекламы на 2013–2014 гг., а также анализируются тенденции изменения показателей объема рекламы по различным медианосителям.

Сложившиеся тенденции социально-экономического развития в России свидетельствуют о росте объема затрат на рекламу за период 2011–2013 гг. (табл. 1), продолжении восстановления рынка рекламы после финансового кризиса 2008–2009 гг. При этом статистические данные и прогнозы по рынку рекламы, в целом, и по рынкам отдельных медианосителей от разных ассоциаций и рекламных агентств различаются весьма существенно. Разница в значениях параметров возникает из-за различий в методиках подсчета, включения параметров значений новых и нетрадиционных средств распространения рекламы в перспективные и ретроспективные данные (новые виды интернет-рекламы, indoor-реклама, реклама на кабельном телевидении и т.д.).

Таблица 1. Объем российского медиарекламного рынка в 2011–2013 гг. (2013 г. – прогноз)

Сегмент рынка	Год					
	2011	2012	2013	2011	2012	2013
	млн рублей, без НДС			в процентах относительно предыдущего года		
Телевидение	131500	143260	156184	18,7%	8,9%	9,0%
Радио	11845	14617	17028	15,0%	23,4%	16,5%
Пресса (газеты, журналы, печатные издания)	40400	41200	42024	6,3%	2,0%	2,0%
Наружная реклама	34300	37700	41093	15,5%	9,9%	9,0%
Интернет (в т.ч. контекстная реклама)	41800	56388	73305	56,0%	34,9%	30,0%
ВСЕГО	263937	297981	335236	20,7%	12,9%	12,5%

Примечание. Таблица составлена на основе данных Zenith Optimedia [1, 4]

По данным табл. 1 очевидно, что идет увеличение абсолютных показателей затрат на рекламу с 263937 млн руб. в 2011 г. до 297981 млн руб. в 2012 г., по предварительным прогнозам объем рынка рекламы в 2013 г. составит 335236 млн руб, что на 12,5% больше, чем в 2012 г. Наибольшие темпы роста наблюдаются на рынке интернет-рекламы: с 41800 млн руб. в 2011 г. до 73305 млн руб. в 2013 г., т.е. за 3 года данный сегмент рынка увеличится почти в 2 раза. Наименьшие темпы роста характерны для рынка печатной рекламы: с 40400 млн руб. до 41200 млн руб. с 2011 по 2012 гг., т.е. только на 6,3%. В дальнейшем прогнозируется уменьшение темпа роста данного сегмента рынка до 2% в 2013 г. по сравнению с 2012 г. (с 41200 млн руб. до 42024 млн руб.).

По прогнозам ZenithOptimedia рост рынка рекламы в России за период 2013–2014 гг. составит 14% [1].

Увеличение абсолютных затрат на рекламу за период 2011–2013 гг. будет зависеть от роста покупательской способности населения, увеличения количества хозяйствующих субъектов на рынке, а, следовательно, усилением конкуренции. При этом наблюдается замедление темпов роста рынка рекламы с 20,7% за период 2010–2011 гг. до 12,5% за период 2012–2013 гг. Снижение идентификаторов объясняется несколькими факторами, среди которых высокая зависимость от цен на природные ресурсы и их истощение, недостаточно развитый банковский сектор [1, 4].

Сокращение темпов роста продаж рекламы в изданиях прессы в России произошло в период 2011–2012 гг. в первую очередь за счет роста предпочтений покупателей в пользу интернет-рекламы. Таким образом, реклама в Интернете, в частности, в электронных версиях печатных изданий, стала выступать альтернативой печатной и телевизионной рекламы, которая традиционно остается одной из самой дорогостоящих.

В сфере печатной рекламы наблюдаются следующие тенденции:

- смещение спроса в пользу более дешевых изданий;
- рост спроса на издания с оперативной информацией (деловые, информационно-аналитические, рекламно-информационные);
- рост интереса к развлекательной периодике (ТВ-программы, кроссворды);
- рост интереса к изданиям с практической специализированной информацией (кулинария, садоводство и пр.);
- спад спроса на элитные, глянцевого журналы, издания высокой ценовой категории;
- произошло значительное сокращение рекламы со стороны автодилеров, для которых реклама в прессе ранее была традиционной. В 2011 г. среди рекламодателей в прессе лидировали недвижимость, медицина и финансовые услуги/банки [2, 4].

Таким образом, наиболее динамично развивающимся и растущим медианосителем в России является сеть Интернет. Интернет-реклама, расходы на которую в 2011 г. в России впервые превзошли затраты на рекламу в прессе и наружной рекламе, продолжит динамичное развитие: в 2012 г. ее рост составит 35%. К 2014 г. прогнозируется, что доля интернет-рекламы в общих расходах на рекламу достигнет 25,4% [1, 4].

Интернет-реклама на современном этапе развития предоставляет рекламодателям ряд преимуществ по сравнению с традиционными медианосителями, в числе которых можно отметить: возможность фокусировки рекламных объявлений по различным параметрам, характеризующим аудиторию того или иного сайта, разные схемы оплаты баннеров (оплата за фиксированное время нахождения баннера в сети, оплата за клики на баннер, оплата за посещения сайта рекламодателя и др.), возможность количественно и качественно оценить активность посетителей сайта рекламодателя.

На сегодняшний день существуют следующие основные виды интернет-рекламы:

- медийная (баннерная) реклама устанавливается на сайтах, чья тематика соответствует тематике баннера. Медийная реклама ориентирована на целевые группы пользователей сети, оплачивается она чаще всего по числу показов рекламных баннеров или же по времени размещения на сайте. Медийная реклама в Интернете в настоящее время становится альтернативой рекламы в печатных и телевизионных средствах массовой информации;
- контекстная реклама представляет собой рекламные сообщения в соответствии с контекстом страницы или текущей активностью пользователя. Единицей контекстной рекламы является показ или переход пользователя по ссылке. Чаще всего используется система оплаты за переходы на рекламируемый сайт. Контекстная реклама представляет собой эффективное средство воздействия на целевых пользователей;
- поисковое продвижение (SEO), которое работает так же, как поисковая контекстная реклама и представляет собой показ ссылки на сайт в выдаче поисковой машины. Возможности этого вида рекламы ограничены возможностями манипулирования поисковой выдачей;
- скрытая реклама, включающая в себя различные инструменты воздействия от заказных статей на блогах до отзывов на форумах;
- реклама в социальных сетях: скрытая реклама, группы, сообщества, страницы, создаваемые самими компаниями, реклама в приложениях;
- другие вспомогательные виды рекламы в сети.

При подсчете затрат на рекламу в сети Интернет традиционно учитывается медийная и контекстная реклама, но при этом не учитываются затраты компаний на поисковое продвижение (SEO), а также другие виды интернет-рекламы, что, несомненно, увеличило бы показатели затрат для данного медианосителя.

Динамика рынка рекламы в мировом масштабе представлена в табл. 2.

Таблица 2. Рекламные расходы по регионам мира в млн долларов США, (2013–2014 гг. прогноз)

Регион	Год				
	2010	2011	2012	2013	2014
Северная Америка	162165	165104	171039	178313	186344
Западная Европа	106344	108688	107885	109668	112642
Азия, Тихоокеанский регион	125059	132172	140383	148423	157155
Центральная и восточная Европа	24181	26151	26631	28592	31089
Латинская Америка	31996	35344	38080	41935	45600
Африка/ Ближний Восток	4881	4155	4198	4313	4412
Остальной мир	10940	11592	12321	13468	14812
Весь мир	465566	483206	501536	524712	552054

Примечание. Таблица составлена на основе данных Zenith Optimedia [1]

По данным табл. 2 очевидно, что в мировом масштабе наибольшая доля затрат на рекламу приходится на Северную Америку: в 2012 г. 171039 млн долл. США из 501536 млн долл. США; наименьшая доля – на регион Африка/Ближний Восток – 4198 млн долл. США в 2012 г. Наиболее низкие темпы роста объемов затрат на рекламу наблюдались в период 2011–2012 гг. в Западной Европе: 2,2% в период 2010–2011 г., – 0,7% в период 2011–2012 гг. Более быстрыми темпами увеличивались рынки рекламных услуг в Азиатско-Тихоокеанском регионе (6,2% в период 2011–2012 гг.,

5,7% – с 2010 г. по 2011 г.), Латинской Америке (7,7% в период 2011–2012 гг., 10,5 % с 2010 г. по 2011 г.).

В Центральной и Восточной Европе, куда относят рынок российской рекламы, рост затрат на рекламу с 2011–2012 гг. составил 1,8%, в 2013 г. прогнозируется рост затрат на 7,4%, в 2014 г. – на 8,7%. При этом в России за аналогичные периоды увеличение затрат на рекламу в 2012 г. составило 12,9%, в 2013 г. прогнозируется рост на 12,5%, в 2014 г. – до 14%.

Несмотря на продолжающийся рост рынков развивающихся стран, по оценкам ZenithOptimedia [1], США продолжает являться страной, приносящей глобальному рекламному рынку больше всего бюджетов для роста. В 2011–2014 гг. ее вклад составит 29%. Еще 36% добавляют Китай, Бразилия, Россия и Индонезия.

Интернет продолжает являться самым динамично растущим медиа в мире. Расходы на рекламу в этом медиа будут расти в среднем на 15% в год в период 2011–2014 гг. Одними из самых быстро растущих форматов являются реклама в социальных медиа, баннерная и контекстная реклама.

Таким образом, рост мирового рынка рекламных услуг в период 2013–2014 гг. произойдет за счет расширения рынков Азии, Тихоокеанского региона, Центральной и Восточной Европы, Латинской Америки, а также США. В России также в целом на 2013–2014 гг. прогнозируется увеличение объемов рекламы с 297981 млн руб. в 2012 г. до 382000 млн руб в 2014 г. В России, в соответствии с мировыми тенденциями, наблюдается снижение объемов рекламы в прессе, на радио, наружной рекламы, относительно стабильные объемы продаж у телерекламы в связи с ограниченностью пространства у данного медианосителя, значительный рост объемов интернет-рекламы. Стратегическая направленность развития предприятий в России должна обеспечивать постоянно возвышающееся потребление по мере роста объемов производства, инвестиционной активности предприятий, увеличения доходов граждан и повышение их платежеспособности. Стратегической направленности следует соответствовать сложившимся современным тенденциям в отрасли и, в целом, общемировым тенденциям, основной из которых является восстановление рынка рекламных услуг после экономического кризиса и дальнейшее его увеличение за счет развивающихся стран и России.

Литература

1. ZenithOptimedia: обновленный прогноз развития глобального и российского рекламных рынков в 2012–2014 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gtmarket.ru/news/2012/10/01/5015>, своб.
2. Анализ рынков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.advertology.ru/index.php?name=News&file=categories&catid=20>, своб.
3. Виды рекламы в Интернете [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://new.businesstheory.ru/arhiv/business%20free%20internet/business%20free%20internet%20010.html>, своб.
4. Объем рекламного рынка в Санкт-Петербурге. Итоги 2012 года, прогнозы-2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.akarussia.ru/knowledge/market_size/id3129 , своб.

ЭВОЛЮЦИОННЫЕ СТРАТЕГИИ С АДАПТИВНЫМ ПАРАМЕТРОМ НА ОСНОВЕ СВОЙСТВ ЛАНДШАФТА ФУНКЦИИ ПРИСПОСОБЛЕННОСТИ

Д.С. Чивилихин

Научный руководитель – к.т.н., ассистент Ф.Н. Царев

Предлагается метод адаптивного выбора параметра $(1, \lambda)$ -эволюционных стратегий, основанный на свойствах ландшафта функции приспособленности. Метод базируется на запоминании информации о совершившихся в процессе работы эволюционного алгоритма мутациях. Эта информация используется для выбора значения параметра стратегии. Приводится экспериментальное сравнение адаптивной стратегии с традиционными стратегиями на задаче с сильно неровным ландшафтом функции приспособленности.

Ключевые слова: эволюционная стратегия, адаптивный алгоритм, конечный автомат.

Введение

В области эволюционных вычислений вводится понятие ландшафта функции приспособленности (fitness landscape). В простейшем случае двухпараметрического пространства поиска ландшафт функции приспособленности (ФП) можно представить как поверхность, задающую график ФП, где абсцисса и ордината обозначают значения параметров особи, а аппликата соответствует значению ФП этой особи. Изучение свойств ландшафта ФП может проводиться как для оценки сложности решения задачи эволюционным алгоритмом, так и для настройки параметров эволюционных алгоритмов.

Эволюционные стратегии (ЭС) являются простейшим видом эволюционных алгоритмов. Адаптивные эволюционные алгоритмы используют информацию о текущем состоянии поиска для выбора значений одного или нескольких своих параметров. Примером такой информации может быть информация о ландшафте ФП. В существующих адаптивных эволюционных алгоритмах [1, 2] обычно адаптивно выбирается параметр p_m – вероятность мутировать ген особи эволюционного алгоритма. При этом, в том числе используются свойства ландшафта ФП.

В данной работе предложен новый способ представления ландшафта ФП в процессе работы эволюционных алгоритмов и новый метод настройки $(1, \lambda)$ -эволюционных стратегий. Предлагается настраивать параметр λ , оставляя параметр p_m неизменным.

Новая адаптивная $(1, \lambda)$ -ЭС сравнивается с ЭС с фиксированным λ на примере построения конечных автоматов для задачи об «Умном муравье». Ландшафт ФП в этой задаче является сильно неровным, т.е. решения с малыми значениями ФП зачастую находятся в непосредственной близости от решений с большими значениями ФП. Эксперименты показали, что в большинстве случаев новая адаптивная стратегия эффективнее стратегий с фиксированным значением λ при небольших размерах целевых автоматов. Сравнение нового алгоритма с другими адаптивными эволюционными алгоритмами выходит за рамки данной работы, и будет являться частью дальнейших исследований.

$(1, \lambda)$ -эволюционная стратегия

$(1, \lambda)$ -ЭС является одним из простейших видов ЭС. Популяция (текущее множество решений) в этом алгоритме состоит из единственного решения. На каждой итерации производится λ случайных мутаций – небольших изменений – текущего решения. Далее вычисляется значение ФП всех λ измененных решений и решение с

наибольшим (в случае задачи максимизации) значением ФП становится новым текущим решением.

Построение конечных автоматов для задачи об «Умном муравье»

Конечный автомат – это шестерка $\langle S, s_0 \in S, \Sigma, \Delta, \delta, \lambda \rangle$, где S – множество состояний; $s_0 \in S$ – начальное состояние; Σ – множество входных событий; Δ – множество выходных воздействий. Функция $\delta: S \times \Sigma \rightarrow S$ называется функцией переходов, а функция $\lambda: S \times \Sigma \rightarrow \Delta$ – функцией выходов.

В парадигме автоматного программирования [3] предлагается использовать конечные автоматы в качестве ключевых компонентов программных систем, задающих логику работы программы при поступлении внешних входных событий. В таких системах выделяют систему управления, представленную в виде конечного автомата, и объект управления. Одним из простейших примеров применения автоматного программирования является задача об «Умном муравье» [4]. В этой задаче требуется построить автомат, который оптимальным образом управляет некоторым агентом в игре. Игра происходит на поле, которое представляет собой тор размера 32×32 клетки. На поле вдоль некоторой строго заданной ломаной расположены «яблоки». Примеры полей изображены на рис. 1.

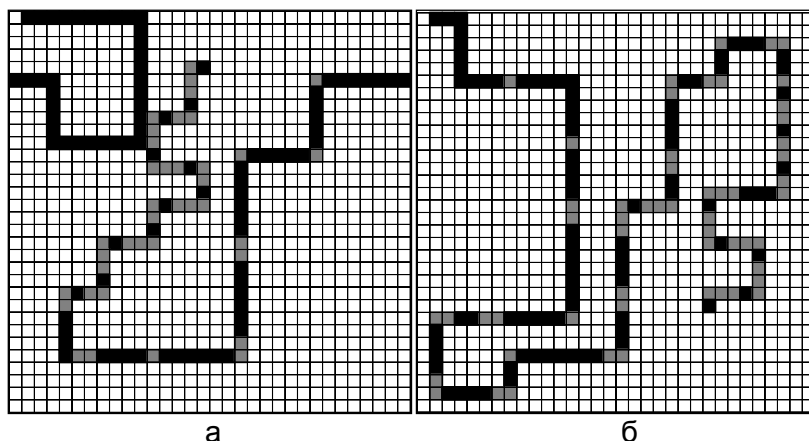


Рис. 1. Поле Джона Мура (а) и поле Санта Фе (б). Черные клетки обозначают яблоки, белые клетки пусты, а серые клетки изображают ломаную

Агентом в игре является «муравей», который в начале игры расположен в левой верхней клетке поля и «смотрит» на восток. Муравей видит на одну клетку вперед – он может определить, есть в следующей клетке еда (событие F) или нет (событие !F). На каждом шаге муравей может повернуть налево (действие L), повернуть направо (действие R) или перейти на одну клетку вперед (действие M). Если в клетке, в которую перешел муравей, находилось яблоко, муравей его съедает. Целью игры является построение конечного автомата, управляющий муравьем так, чтобы он мог съесть всю еду не более, чем за s_{\max} шагов. Функция приспособленности в этой задаче учитывает как число съеденных яблок n_{food} , так и номер шага s_{last} , на котором было съедено последнее яблоко:

$$f = n_{\text{food}} + \frac{s_{\max} - s_{\text{last}} - 1}{s_{\max}}.$$

Пример автомата из 5 состояний, позволяющего муравью съесть все яблоки за 394 хода, приведен на рис. 2.

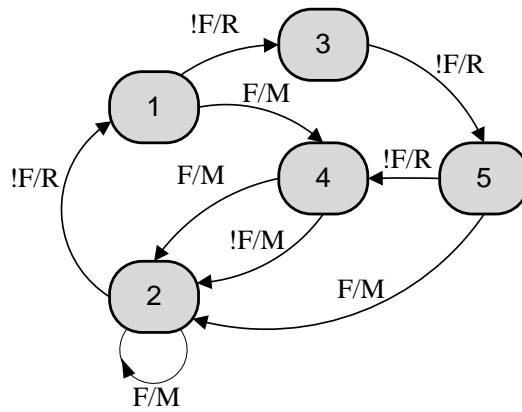


Рис. 2. Диаграмма состояний автомата из 5 состояний, позволяющего муравью съесть всю еду на поле Санта Фе за 394 шага

Мотивация: ландшафт функции приспособленности в задаче об «Умном муравье»

Мотивацией к данной работе послужил анализ ландшафта ФП для задачи об «Умном муравье». Сначала рассматривается оптимальный конечный автомат из 7 состояний, решающий задачу для поля Джона Мура за 189 шагов. Значение ФП этого автомата равно 89,05. Были рассмотрены все соседи этого автомата, т.е. все автоматы, полученные из него применением одной операции мутации. Гистограмма значений ФП этих автоматов изображена на рис. 3.

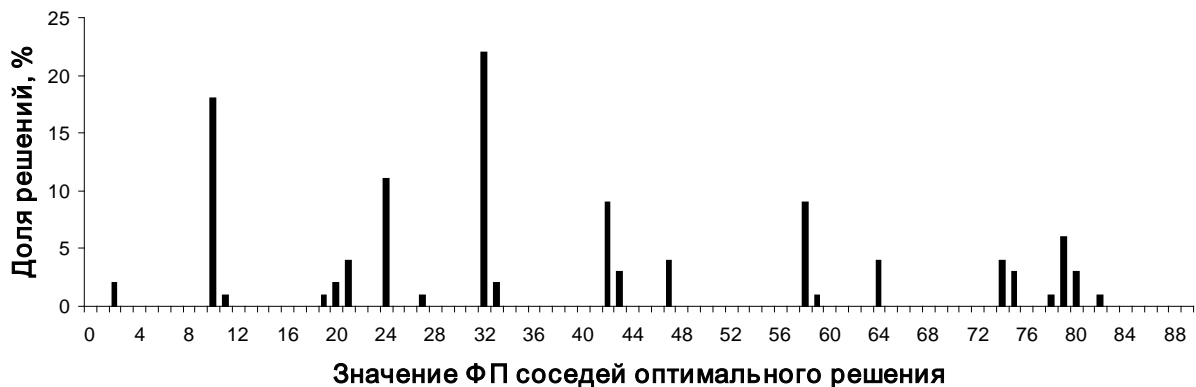


Рис. 3. Гистограмма значений ФП соседей оптимального решения задачи об «Умном муравье» для поля Джона Мура при $s_{max} = 200$

Из гистограммы на рис. 3 видно, что ни один из соседей оптимального решения не имеет значения ФП выше, чем 82. Фактически это означает, что эволюционные алгоритмы, старающиеся максимизировать значения ФП своих особей, могут найти оптимальное решение лишь случайно.

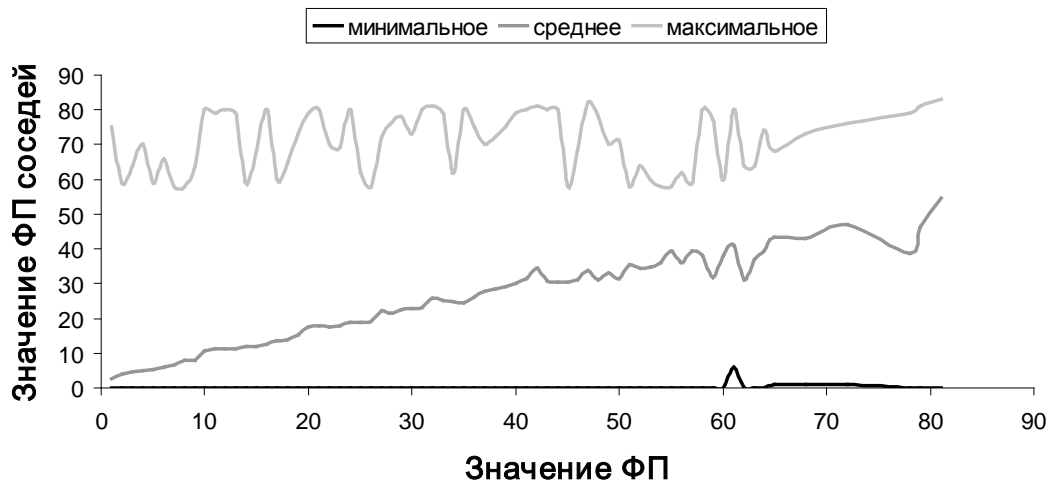


Рис. 4. Минимальное, среднее и максимальное значения ФП соседей в зависимости от значения ФП автоматов из 7 состояний

Во втором эксперименте было рассмотрено 104 случайных автомата из 7 состояний. Для каждого из них были построены все соседние автоматы и записано значение ФП исходного автомата, а также минимальное, среднее и максимальное значение ФП соседей. График зависимости среднего, минимального и максимального значения ФП соседей от значения ФП исходного автомата приведен на рис. 4. Эти графики показывают, что с ростом значения ФП автомата значения ФП его соседей в среднем также возрастают. Однако вместе с тем видно, что разброс значений ФП соседей для всех значений ФП автоматов велик, что негативно влияет на производительность эволюционных алгоритмов при решении данной задачи.

Предлагаемый алгоритм

Основой предлагаемого алгоритма является построение двух распределений: распределения $M_s(f_0)$ числа успешных мутаций особей по значениям ФП и распределения $M(f_0)$ числа мутаций особей по их значениям ФП. Рассмотрим состояние эволюционного алгоритма, в котором значение ФП текущего решения равно f_c , а значение ФП решения, полученного из текущего с помощью одной операции мутации, равно f_m . Если $f_m > f_c$, то значения $M_s(f_c)$ и $M(f_c)$ увеличиваются на единицу, в противном случае увеличивается только значение $M(f_c)$.

В предлагаемой адаптивной модификации $(1, \lambda)$ -ЭС значения параметра λ выбираются пропорционально отношению $M_s(f_c)$ и $M(f_c)$, где f_c — значение ФП текущего решения. На каждой итерации значение λ выбирается по формуле:

$$\lambda(M_s(f_c), M(f_c)) = \begin{cases} \frac{M_s(f_c)}{M(f_c)} \cdot N_{\text{size}}, & \text{если } M(f_c) \geq M_{\text{min}}, \\ \lambda_{\text{default}}, & \text{иначе} \end{cases},$$

где N_{size} — число соседей текущего решения, M_{min} — минимальное число мутаций решения, при котором значение λ вычисляется по распределениям и λ_{default} — значение λ по умолчанию. Выбор такого правила обусловлен тем, что в случае недостатка статистической информации о мутациях решений с определенным значением ФП, использование этой статистической информации для выбора значения λ ничем не обосновано.

Результаты

Тестирование предложенного алгоритма проводилось на примере построения конечных автоматов для задачи об «Умном муравье» с полем Санта Фе. Результаты запусков адаптивной ЭС сравнивались с результатами запусков ЭС с фиксированными значениями $\lambda \in [1, 10]$. Выбор значений параметров M_{\min} и λ_{default} был осуществлен перебором для задачи построения автоматов из 5 состояний с полем Санта Фе при $s_{\max} = 600$. Выбранные значения параметров затем использовались во всех экспериментах.

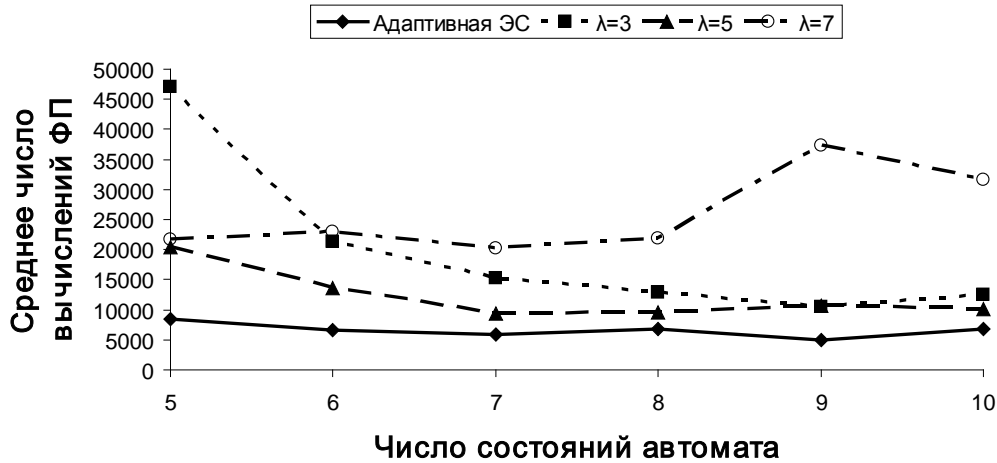


Рис. 5. Зависимость среднего числа вычислений ФП от числа состояний автомата для поля Санта Фе при $s_{\max} = 600$

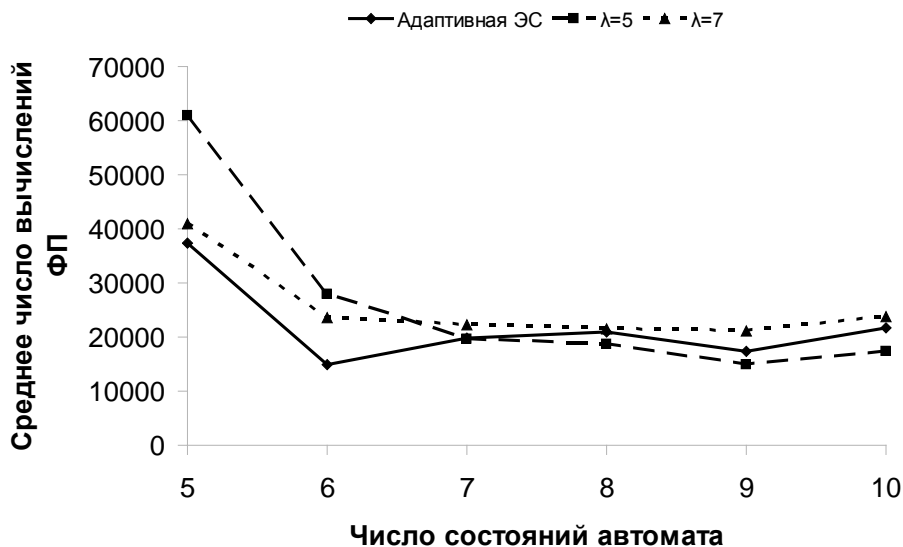


Рис. 6. Зависимость среднего числа вычислений ФП от числа состояний автомата для поля Санта Фе при $s_{\max} = 400$

В каждом из экспериментов строились автоматы с фиксированным числом состояний. Эксперимент для каждого числа состояний автомата $N \in [5, 10]$ был повторен 100 раз. Каждый эксперимент продолжался вплоть до получения идеального решения. На рис. 5, 6 представлены графики зависимости среднего числа вычислений ФП от числа состояний автомата для адаптивной ЭС и ЭС с некоторыми значениями λ . Графики для остальных значений λ не приведены, так как результаты для этих значений либо слабо отличаются от приведенных, либо существенно хуже них. Из рис. 5 видно, что в случае $s_{\max} = 600$ ЭС с адаптивным параметром позволяет найти решение в среднем быстрее, чем ЭС с фиксированным параметром. Графики на рис. 6 показывают,

что при $s_{\max} = 400$ адаптивная стратегия несколько эффективнее для небольших автоматов из 5 и 6 состояний, а в других случаях более эффективной оказалась ЭС с $\lambda = 5$.

Заключение

Предложен подход к адаптивной настройке эволюционных стратегий, основанный на основе свойств ландшафта функции приспособленности. Подход апробирован на примере адаптивной $(1, \lambda)$ -эволюционных стратегий для построения автоматов в задаче об «Умном муравье». Предложенный алгоритм в большинстве случаев является более эффективным, чем эволюционные стратегии с фиксированным параметром λ .

В качестве развития данной работы предполагается проведение сравнения предложенного подхода с другими методами адаптивной настройки эволюционных алгоритмов. Также будет изучена возможность оптимального выбора параметров предложенного адаптивного алгоритма.

Литература

1. Beyer H-G, Schwefel H-P. Evolution strategies – A comprehensive introduction // Natural Computing: an international journal. – 2002. – V. 1. – № 1. – P. 3–52.
2. Govêa M.M.Jr., Araújo A.F.R. Diversity-Based Adaptive Evolutionary Algorithms // New Achievements in Evolutionary Computation. – 2010. InTech. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.intechopen.com/books/new-achievements-in-evolutionary-computation/diversity-based-adaptive-evolutionary-algorithms>, свободный. Яз. англ. (дата обращения 22.04.2013).
3. Поликарпова Н.И., Шалыто А.А. Автоматное программирование. – 2011. – СПб: Питер. – 176 с.
4. Jefferson D., Collins R., Cooper C., Dyer M., Flowers M., Korf R., Taylor C., Wang A. Evolution as a theme in artificial life: The Genesys/Tracker system. – Technical report. – 1990.

УДК 635.621.637.5.04/07.637.524.5

РАЗРАБОТКА БЕЛКОВОЙ ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ ОСТАТОЧНЫХ ПИВНЫХ ДРОЖЖЕЙ

Т.В. Чичина

Научный руководитель – д.т.н., профессор В.Е. Куцакова

Работа посвящена использованию побочных продуктов пивоварения на пищевые и кормовые нужды, а также созданию автолизата, который будет лишен горечи, для пищевых нужд; разработке технологии удаления оболочки с поверхности дрожжевой клетки; инактивации нуклеиновых кислот; исследованию свойств автолизата и оболочки дрожжевой клетки. В качестве объектов исследований были выбраны широко представленные в количественном отношении, вторичные и побочные продукты пищевой промышленности как остаточные пивные дрожжи. Они содержат набор ценных питательных и биологически активных веществ: высококачественный белок, углеводы, глутатион, витамины группы В.

Ключевые слова: автолизат, остаточные пивные дрожжи, сорбент, глутатион.

В настоящее время в промышленности ведущих стран мира происходят радикальные изменения, связанные с последними достижениями в области пищевой биотехнологии. Существуют продовольственные, энергетические, экологические проблемы в мире, которые нужно решать. Необходимо разработать технологии, позволяющие сделать экономически и технически эффективное, практически

безотходное производство за счет использования побочных продуктов производства на пищевые и кормовые нужды. Одним из таких продуктов являются, например, отработанные пивные дрожжи, получаемые при производстве пива. Из каждого гектолитра пива получается 1,2 кг неиспользуемых в производстве дрожжей, представляющих густую массу с содержанием сухих веществ до 15%, из которых 35–40% составляет сырой протеин. Средний завод по производству пива мощностью 2 млн гл в год должен утилизировать до 2400 т отработанных дрожжей [1], которые в настоящее время сливаются в канализацию [2], что абсолютно недопустимо, в том числе с позиций защиты экологии.

Остаточные пивные дрожжи (ОПД) содержат набор ценных питательных и биологически активных веществ [3]: высококачественный белок, углеводы, витамины группы В, глютамин, содержат эргостерин провитамин (D₂). Благодаря уникальному составу их используют в различных отраслях народного хозяйства, в том числе в животноводстве. Продукты, производимые на основе дрожжей – витамины группы В: холин, тиамин (В₁), пиридоксин (В₆), пантотеновая кислота (В₃), фолиевая кислота.

Несмотря на то, что белок дрожжей сбалансирован по содержанию аминокислот и напоминает белок мяса, он плохо переваривается в связи с высокой устойчивостью клеточных стенок дрожжей к действию пищеварительных ферментов. Клеточная оболочка дрожжей составляет около 19% сухого вещества дрожжей и состоит из полисахаридов, в то время как на долю белков в среднем приходится от 50 до 67% сухого вещества. Разработка технологии искусственного разрушения клеточной оболочки дрожжевых клеток и создания условий для последующего действия протеолитических ферментов, позволит получить высокоценный белково-витаминный продукт – автолизат пивных дрожжей. Значение такого продукта определяется не только сбалансированным аминокислотным составом, наличием витаминов группы В, D, E, F, K, макро и микроэлементами, находящимися в биоусвояемой форме, но и действием всего комплекса, доступного организму человека и животного.

Важнейшим аспектом, препятствующим использованию пивных дрожжей на пищевые нужды, являются нуклеиновые кислоты, которые содержатся в ОПД и сильно выраженная горечь, носителем которой являются изо-альфа-кислоты. Они в значительном количестве содержатся как в жидкой фазе (остатки молодого пива), так и в адсорбированном состоянии на поверхности дрожжевых клеток.

В свежем виде ОПД представляют нестойкий продукт, и разложение их при комнатной температуре начинается через несколько часов а при температуре 30°C – через 20–30 мин. Наилучший метод консервирования дрожжей это сушка.

Целью работы является использование побочных продуктов пивоварения на пищевые и кормовые нужды, а также создание автолизата, лишённого горечи, для пищевых нужд; разработка технологии удаления оболочки с поверхности дрожжевой клетки; инактивации нуклеиновых кислот; исследование свойств автолизата и оболочки дрожжевой клетки; разработка технологии сушки с подбором необходимого оборудования и режимов для сушки пивных дрожжей.

Для отыскания комплексного технологического решения необходимо решить следующие задачи:

1. разработать технологию обезгоречивания остаточных пивных дрожжей;
2. разработать технологию, связанную с повышением перевариваемости пивных дрожжей;
3. инактивировать нуклеиновые кислоты;
4. разработать технологию удаления оболочки с поверхности дрожжевой клетки;
5. разработать технологию автолизированных дрожжей с максимальными сорбционными свойствами;

6. исследовать свойства автолизата, оболочки дрожжевой клетки, как сорбента микотоксинов;
7. в связи с необходимостью повышения стойкости дрожжей необходимо рекомендовать оригинальное оборудование для получения сухого продукта, подобрать режимы для сушки пивных дрожжей при высоком термическом коэффициенте полезного действия применительно к конкретному продукту. Таким образом, следует получить сухой продукт, который можно использовать на пищевые и кормовые нужды.

Одной из основных задач настоящей работы является разработка технологии переработки пивных дрожжей с возможностью использования на кормовые и пищевые нужды.

На первом этапе путем многократной промывки пивных дрожжей водой необходимо удалить остатки молодого пива. Для лучшего удаления остатков молодого горького пива, необходимо предварительно разбавлять дрожжи водой в соотношении 1:1. После перемешивания следует центрифугирование в течение 10 мин при числе оборотов 3000 об/мин. Густую фракцию следует вновь разбавить водой в соотношении 1:1. Исходная горечь в дрожжах составляет 85,7 ВU, а операция предварительной промывки уменьшает ее на 10–15%.

Далее следует обработка NaOH при pH 11.

Изо-альфа-кислоты, образуя соли при взаимодействии с гидроксидом Na⁺, переходят в растворимое состояние. Изменение времени данного процесса при перемешивании со скоростью 60 об/мин в пределах 5–30 мин незначительно влияет на величину удаляемой горечи. Наилучшим признано время – 10 мин, так как за это время NaOH равномерно распределяется по продукту, а изо-альфа-кислоты успевают прореагировать с NaOH.

Для последующего применения обезгореченных дрожжей на пищевые нужды изменение цвета, от светло- до темно-коричневого, крайне нежелательно. Одним из методов предотвращения потемнения является внесение поверхностно активных веществ (ПАВ), роль которых исполняет растительное масло, содержащее непредельные жирные кислоты. Внесение ПАВ в количестве 1% от объема дрожжей приводит к изменению цвета продукта от темно-коричневого до светло-кремового. Кроме того, горечь продукта уменьшается на 3–4%.

На третьем этапе осуществляется разбавление продукта в соотношении 1:3 и последующее центрифугирование при числе оборотов 3000 об/мин в течение 10 мин. После промывок pH уменьшилась до 9, а после нейтрализации содержание соли в пределах 1%, что допустимо нормативами.

Важнейшим аспектом, препятствующим использованию пивных дрожжей, является содержание большого количества нуклеиновых кислот. Полученный нами продукт из пивных дрожжей после проведения исследований содержит следовые количества РНК, а содержание ДНК в образцах менее 0,1%.

Исследование содержания нуклеиновых кислот (высокомолекулярных) проводили по методу [4] после отмывки низкомолекулярных компонентов разбавленной хлорной кислотой на холоде и кислотного гидролиза остатка путем фотометрии окрашенного продукта конденсации освободившейся рибозы с орцином при 670 нм.

На следующем этапе происходит снятие оболочки дрожжевой клетки с помощью гомогенизации. Гомогенизация при перепаде давлений 200–220 атм позволяет осуществить разрыв клеточных оболочек дрожжей и обеспечить выход внутриклеточного протеина в жидкую фазу. При этом использование давления ниже 200 атм не позволяет полностью разорвать клеточные оболочки, а давление выше 220 атм технически трудноосуществимо, оно не достижимо на стандартных гомогенизаторах.

Экспериментально установлено, что в исходных пивных дрожжах процент перевариваемого протеина около 45–55%, при проведении только щелочной обработки (без гомогенизации) процент повышается до 65–70%, в зависимости от рН раствора и продолжительности процесса. Таким образом, в случае, когда проводится гомогенизация при прохождении продуктом перепада давления 200–220 атм, процент перевариваемого протеина повышается до 92%.

Нами предложен оригинальный способ удаления оболочки, и получено разрешение на выдачу патента.

Далее следует стерилизация (деактивации) продукта при температуре 90–100°C и нейтрализация продукта до рН 7 соляной кислотой.

В готовом продукте благодаря данной обработке горечь снижается с 85,7 ВU до 0 ВU [2]. Измерение горечи проводилось согласно методу European Brewery Convention (ЕВС, 1987).

Потом необходима сушка обезгореченных дрожжей. Сухой порошкообразный продукт удобен для последующего хранения, транспортировки и применения. Нами был проведен подбор оборудования для сушки. Остановились на сушильном агрегате типа «СМАНПС» со встречно-закрученными струями инертного носителя, причем инертный носитель выполнен из фторопласта в виде кубика с длиной ребра 6–7 мм. Температура теплоносителя (нагретого воздуха) на входе в агрегат колебалась в пределах 180–200°C, конечное влагосодержание продукта от 5 до 7%. Перед подачей на сушку продукт обезвоживался в центрифугах с числом оборотов 3000 об/мин, что увеличивало содержание сухого компонента до 25–30%.

На представленной ниже схеме (рисунок) учтены все моменты исследования.

При исследовании свойств оболочки дрожжевой клетки было установлено, что находящаяся на поверхности дрожжевой клетки плотная полисахаридная оболочка (после удаления ее в процессе гомогенизации с поверхности) является сорбентом для микотоксинов.

В том случае, когда в процессе гомогенизации мы удалили оболочку дрожжевой клетки пивных дрожжей, нами было установлено, что она является сорбентом для микотоксинов. В табл. 1 представлены результаты оценки свойств готового продукта в отношении микотоксинов. В п. 1 указаны данные по разработанному сорбенту.

Таблица 1. Сравнение свойств сорбентов в отношении микотоксинов

№ п/п	Наименование	Обнаруженная сорбционная активность в отношении	ПКПД %
1	Разработанный сорбент	Афлатоксин В1 Охратоксин Т-2 токсин ДОН	50% 70% 0 11,4%
2	Сорбент №1 (Фунгистат)	Афлатоксин В1 Охратоксин Т-2 токсин ДОН	53% 45% 48% 0
3	Сорбент №2 (Фунгистат)	Афлатоксин В1 Охратоксин Т-2 токсин ДОН	50% 46% 68% 0

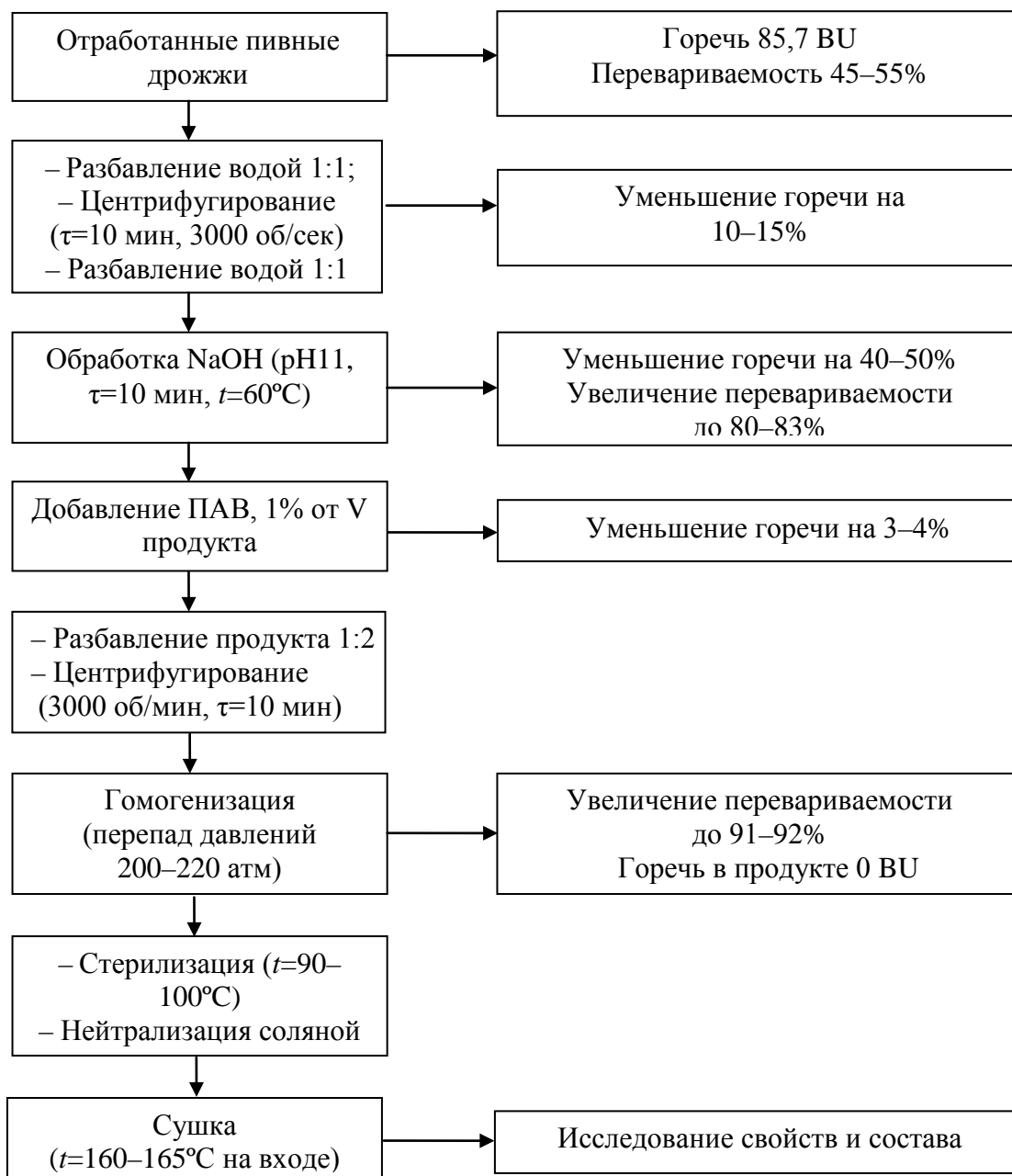


Рисунок. Технология переработки пивных дрожжей с возможностью использования на кормовые и пищевые нужды

Исследование сорбционной емкости микотоксинов оболочкой дрожжевой клетки проводилось по ГОСТ [5].

В мировой практике существует ряд сорбентов, которые чрезвычайно дороги, по сравнению с нашим, поскольку он получен из побочных продуктов пищевого производства. По сорбции ряда токсинов, например, по афлатоксину наш сорбент близок по показаниям к аналогам, таким как фунгистат, представленный в табл. 1. По охратоксину он существенно выше, по отношению ко всем аналогам, представленным в таблице (70 по отношению к 45–46). Т-2 токсин, к сожалению, не сорбируется. Сравнение по токсину ДОН – предлагаемый нами сорбент имеет лучшую сорбционную способность, равную 11,4%.

Таким образом, технология, при которой увеличивается перевариваемость, привела к дополнительному (побочному) эффекту и позволяет получить дешевый биологически ценный сорбент из ОПД, который по своим свойствам близок к дорогостоящим сорбентам, представленным на рынке.

Содержание глутатиона в пивных дрожжах. Обработанные дрожжи по своему составу являются хорошим источником высоко- и низкомолекулярных биологически активных веществ. Среди внутриклеточных метаболитов дрожжей особый интерес представляют тиол-содержащие вещества, к числу которых относится водорастворимый антиоксидант – трипептид глутатион, на который приходится до 90% внутриклеточных низкомолекулярных тиолов. Он участвует в окислительно-восстановительном гомеостазе, в защите клеточных структур от повреждающего действия активных форм кислорода, регуляции активности ферментов и иммунных реакций. Глутатион может в интактном виде всасываться в желудочно-кишечном тракте млекопитающих. Исследования проводились как *in vitro* с вывернутой тонкой кишкой и везикулами из щеточной каймы, так и *in vivo* [6].

Суточное потребление общего глутатиона, определяемое как сумма содержания глутатиона + всех дисульфидных форм, составило 13–110 мг/день (табл. 2).

Таблица 2. Экспериментальные данные содержания глутатиона в пивных дрожжах

Содержание глутатиона, мг/100 г	Сухие дрожжи (Образец № 1)		Жидкие дрожжи (Образец № 2)	
	1	2	1	2
		106,68	105,22	256,77

Образец № 1. Сухой продукт, полученный по предлагаемой нами технологии.

Образец № 2. представляет собой дрожжи горькие, срок хранения их маленький и использование их как вторичного продукта затруднительно. Этот образец дрожжей не подвергался никакой технологической обработке.

Большое содержание глутатиона приходится на образец № 2 (256,77 мг/100 г), но перевариваемость дрожжей равна 15–20%, что мало, по сравнению с дрожжами прошедшими обработку, у которых перевариваемость повышена до 91–92%.

Области возможного применения полученных результатов

Сухие пивные дрожжи предлагаем использовать в фармацевтической промышленности для восполнения дефицита глутатиона, как регулятора окислительно-восстановительных процессов в организме и витаминов, как эффективного средства для укрепления иммунитета.

Сухие пивные дрожжи с повышенной перевариваемостью можно использовать при изготовлении миксов комбикормов, как для крупного рогатого скота, свиней, так и для птицы. Они представляют собой ценность как дополнительный фактор питания, улучшающий использование других питательных веществ. Препараты, полученные с применением автолизата пивных дрожжей, активно влияют на пищеварение животных, стимулируя и регулируя процессы, протекающие в пищеварительном тракте, начиная с рецепторного аппарата ротовой полости и заканчивая регуляцией активности секреторных желез. Антиоксидантное действие препарата повышает активность иммунной системы, способствует нормализации обменных процессов.

Пивные дрожжи, прошедшие стадию удаления горечи, может применить в различных областях: мясо- и рыбоперерабатывающей промышленности, в хлебопекарной промышленности, а также при приготовлении начинок, джемов, конфитюров, для обогащения их белком, витаминами и минеральными веществами.

Технология удаления плотной оболочки с поверхности пивных дрожжей, позволяет получить биологически ценный продукт из ОПД, который проявляет сорбционную способность микотоксинов в организме животных и человека. Данный продукт использовать при производстве кормовых продуктов и продуктов питания широкого ассортимента спектра.

Таким образом, сухие гомогенизированные пивные дрожжи являются белковой добавкой, обладающей ценными питательными и лечебными свойствами. Они представляют собой ценность как дополнительный фактор питания, улучшающий использование других питательных веществ. Препараты, полученные с применением автолизата пивных дрожжей, активно влияют на пищеварение человека и животных, стимулируя и регулируя процессы, протекающие в пищеварительном тракте, начиная с рецепторного аппарата ротовой полости и заканчивая регуляцией активности секреторных желез. Антиоксидантное действие препарата повышает активность иммунной системы, способствуют нормализации обменных процессов.

Научно-исследовательские работы по этой теме будут продолжены.

Литература

1. Кунце В. Технология производства пива. – М.: Дрофа, 1999. – 286 с.
2. Колпакчи А.П., Голикова Н.В., Андреева О.В. Вторичные материальные ресурсы пивоварения. – М: Агропромиздат, 1986. – 160 с.
3. Bekatorov A. et al.: Food Grade Yeasts, Food Technol. Biotechnol. – 2006. – V. 44. – № 3. – P. 407–415.
4. Bendová O., Kotyk A., Basařová G., Kahler M. Stanovení nukleových kyselin // Kvasinky ve výzkumu a praxi / А. Кocková-Kratochvílová. – Praha: Academia, 1986. – 375 p.
5. ГОСТ Р 52471-2005 «Корма. Иммуноферментный метод определения микотоксинов». – Введ. 01.01.2007. – М.:Стандартинформ, 2006. –15 с.
6. Починок Х.Н. Методы биохимического анализа растений. – Киев: Наукова думка, 1976. – С. 98–100.

УДК 004.056.53

РАЗРАБОТКА ТРЕБОВАНИЙ К КОРРЕКТНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ РАЗГРАНИЧИТЕЛЬНОЙ ПОЛИТИКИ ДОСТУПА К РЕСУРСАМ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

К.А. Щеглов

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

Обоснована необходимость разработки требований к построению безопасной современной вычислительной системы, в части реализации разграничительной политики доступа к ресурсам, связанная с кардинальным пересмотром в последнее время модели нарушителя – наиболее вероятным нарушителем (злоумышленником) признан санкционированный пользователь (инсайдер). Строго обосновано, что невыполнение сформулированных требований несет в себе потенциальную опасность несанкционированного доступа к информации, обрабатываемой в вычислительной системе, что обуславливает необходимость реализации сформулированных требований в современных средствах защиты информации.

Введение

Основополагающее требование к реализации защиты информации в современных условиях состоит в том, что защита должна строиться в предположении, что именно пользователь, обрабатывающий информацию на защищаемом компьютере, должен рассматриваться в качестве наиболее вероятного потенциального злоумышленника, что принципиально меняет требования к построению эффективной защиты компьютерных систем, в частности, контроля доступа к защищаемым ресурсам. Это подтверждается, например, результатами исследования [1], проиллюстрированными на рис. 1, где

сделан вывод о том, что наибольшую опасность для компаний сегодня представляют именно собственные сотрудники (инсайдеры).



Рис. 1. Наиболее актуальные угрозы информационной безопасности

Требования к построению безопасной системы

Под информационным потоком записи (w), чтения (r) понимается перенос информации от субъекта (C) к объекту (O), соответственно, от O к C , под информационным потоком исполнения (x) понимается выполнение субъектом C исполняемого объекта O , под информационным потоком удаления (d) понимается удаление субъектом C объекта O .

Под управлением информационными потоками понимается предоставление субъекту права генерирования потока из множества $R = \{w, r, x, d\}$.

Право управления информационными потоками для субъекта C может быть, как произвольным, так и принудительным.

Под произвольным управлением информационными потоками для субъекта C понимается управление с предоставлением субъекту C привилегированным пользователем – администратором, права предоставлять право генерирования потока из множества $R = \{w, r, x, d\}$ другим субъектам. Таким образом, при произвольном управлении информационными потоками субъект C включается в схему администрирования, на практике, как правило, в отношении созданных им объектов (реализуется сущность «Владения»).

Под принудительным управлением информационными потоками для субъекта C понимается управление без предоставления субъекту C привилегированным пользователем – администратором, права предоставлять право генерирования потока из множества $R = \{w, r, x, d\}$ другим субъектам. При принудительном управлении информационными потоками обеспечивается полное исключение субъекта C из схемы администрирования (все задачи по созданию и модификации разграничительной политики доступа, в том числе и в процессе функционирования системы) решаются исключительно привилегированным пользователем – администратором).

О безопасности системы при реализации контроля доступа с произвольным управлением информационными потоками, поскольку субъект доступа включен в схему администрирования, можно говорить исключительно в предположении, что субъект доступа (пользователь) не несет в себе угрозы генерирования утечки права R , с целью хищения, несанкционированной модификации или удаления обрабатываемой им на предприятии информации. Однако в современных условиях, естественно, что речь идет о корпоративных приложениях, где пользователь обрабатывает не собственную, а корпоративную информацию, и понятие «Владелец» (не в технологическом смысле), к

нему малоприменимо, нельзя сделать подобное предположение даже с большими оговорками.

Вывод. Безопасная система в современных условиях может быть реализована только при реализации в системе принудительного управления потоками информации.

Сформулируем основополагающие правила принудительного управления потоками информации, при реализации которых, в системе отсутствует утечка права $R=\{x, w, r, d\}$, что не приводит к несанкционированному обмену информацией между субъектами, который будем обозначать $C_j[P]C_j$, $j \neq j$ (субъект C_i получает несанкционированный доступ к информации, обрабатываемой субъектом C_j), т.е. реализуется безопасная система [2–5]. Практическая реализация данных правил необходима для обеспечения корректности разграничительной политики доступа к ресурсам.

Замечание. Будем считать, что для множеств $C = \{C_1, \dots, C_l\}$ и $O = \{O_1, \dots, O_l\}$, соответственно линейно упорядоченных множеств субъектов и объектов доступа, число субъектов и объектов доступа совпадает.

Лемма 1. Недопустимо разрешение пользователям права исполнения (x) из папок-контейнеров, созданных администратором для сохранения пользователями файлов в процессе функционирования системы. При реализации данного требования система безопасна относительно права исполнения (x).

Доказательство. Не допустимо одновременно (для одного и того же объекта – папки-контейнера) предоставлять право на запись, исполнение (w, x) [6]. Это обусловлено тем, что пользователь сможет записать и выполнить несанкционированную программу, что приводит к утечке права исполнения (x), предполагающего, при принудительном управлении потоками, создание программ исключительно администратором. Лемма доказана.

Следствие. К разрешенным правам доступа к создаваемым файловым объектам относятся: $R = \{w, r, d\}$.

Аксиома 1. При назначении разграничительной политики «по умолчанию» должны быть установлены права доступа: $C_i(w, r, d)O_j$, $i=1, \dots, l$, $j=1, \dots, k$. Данное правило обуславливает задание диагональной «канонической» матрицы доступа, характеризуемой условием: $C_i(w, r, d)C_j$, $i=1, \dots, l$, $j=1, \dots, k$; $C_i(0)C_j$, $j \neq i$, $i=1, \dots, l$, $j=1, \dots, k$.

Лемма 2. Реализующая каноническую модель доступа система безопасна относительно права записи (w) и относительно права чтения (r).

Доказательство. В системе, реализующей каноническую матрицу доступа, невозможно генерирование иных потоков, нежели, чем $C_i(w, r, d)C_i$, $i=1, \dots, l$, априори не вызывающих утечку права $R=\{w, r, d\}$, так как обработка информации субъектами полностью изолирована. Лемма доказана.

Аксиома 2. Контроль доступа в безопасной системе реализован корректно только в том случае, если настройками диспетчера доступа может быть реализована каноническая матрица доступа.

Следствие. Ввиду того, что утечка права R может быть вызвана в результате добавления права R к канонической матрице доступа, далее будем формулировать требования к корректности расширения канонической матрицы доступа правом R .

Лемма 3. При расширении канонической матрицы доступа правом чтения (r): $C_i(r)O_j$, при уже разрешенном в матрице праве чтения (r): $C_k(r)O_i$, одновременно с этим должно разрешаться право чтения (r): $C_k(r)O_j$, где $i \neq j \neq k$, $i=1, \dots, l$; $j=1, \dots, l$; $k=1, \dots, l$, что предотвращает возможность несанкционированного обмена информацией между субъектами $C_k[P]C_j$, из-за образующейся при этом утечки права чтения (r): $C_k(r)O_j$.

Доказательство. Обратимся к рис. 2, где проиллюстрирована утечка права чтения (r), происходящая при невыполнении требования, формулируемого Леммой 3.

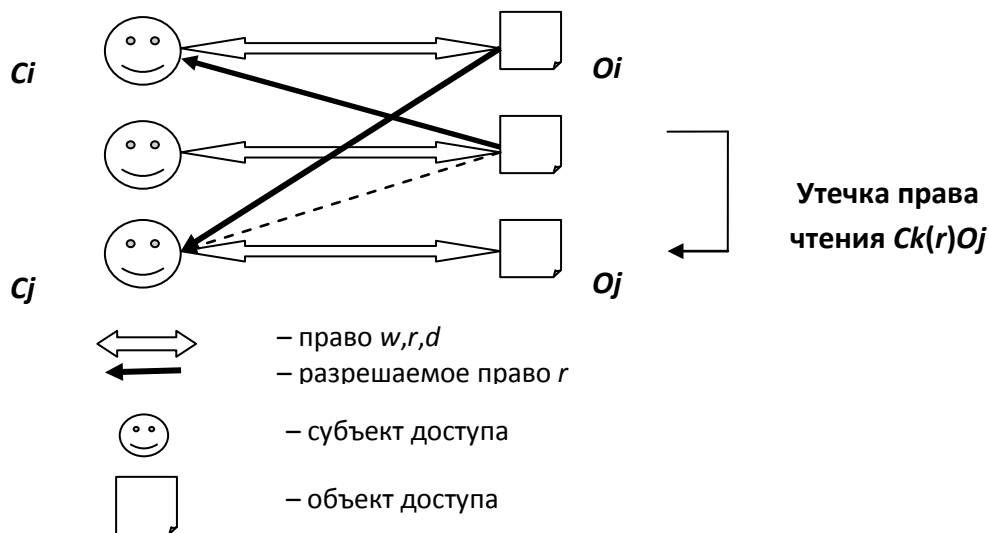


Рис. 2. Иллюстрация утечки права чтения (r)

Из рис. 2 видим, что в случае разрешения права $C_i(r)O_j$, при исходно заданном праве $C_k(r)O_i$, с учетом того, что C_i априори обладает правом записи: $C_i(w)O_i$, организуется информационный поток чтения от O_j в C_k , путем реализации следующей последовательности действий: $C_i(r)O_j$, $C_i(w)O_i$, $C_k(r)O_i$. Если право $C_k(r)O_j$ не разрешено, то присутствует утечка права чтения $C_k(r)O_j$, как следствие, возможность несанкционированного обмена информацией между субъектами $C_k[P]C_j$. Из рис. 2 также видно, что сформулированное Леммой 3 правило распространяется на все случаи, задаваемые условием: $i \neq j \neq k$, $i=1, \dots, l$; $j=1, \dots, l$; $k=1, \dots, l$. Лемма доказана.

Лемма 4. При расширении канонической матрицы доступа правом записи (w): $C_i(w)O_j$, при уже разрешенном в матрице праве записи (w): $C_j(w)O_k$, одновременно с этим должно разрешаться право записи (w): $C_i(w)O_k$, где $i \neq j \neq k$, $i=1, \dots, l$; $j=1, \dots, l$; $k=1, \dots, l$, что предотвращает возможность несанкционированного обмена информацией между субъектами $C_i[P]C_k$, из-за образующейся при этом утечки права записи (w): $C_i(w)O_k$.

Доказательство. Обратимся к рис. 3, где проиллюстрирована утечка права записи (w), происходящая при невыполнении требования, формулируемого Леммой 4.

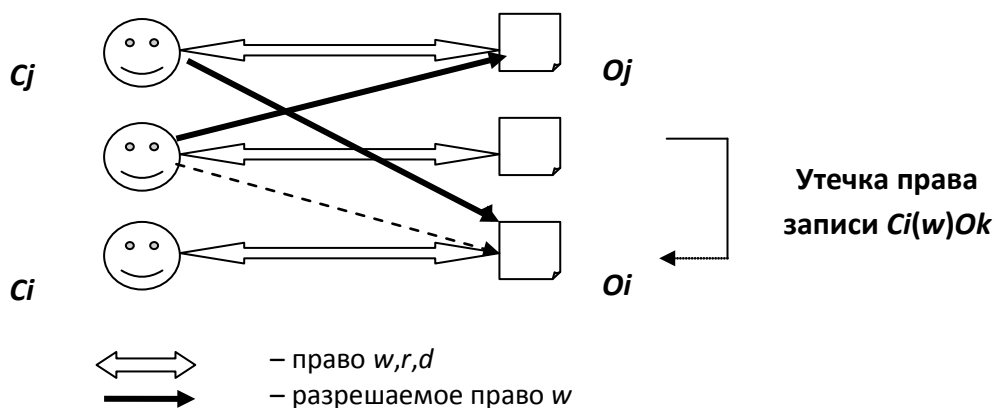


Рис. 3. Иллюстрация утечки права записи (w)

Из рис. 3 видим, что в случае разрешения права $C_i(w)O_j$, при исходно заданном праве $C_j(w)O_k$, с учетом того, что C_j априори обладает правом чтения: $C_j(r)O_j$, организуется информационный поток записи от C_i в O_k , путем реализации следующей последовательности действий: $C_i(w)O_j$, $C_j(r)O_j$, $C_j(w)O_k$. Если право $C_i(w)O_k$ не

разрешено, то присутствует утечка права записи $Ci(w)Ok$, как следствие, возможность несанкционированного обмена информацией между субъектами $Ci[P]Ck$. Из рис. 3 также видно, что сформулированное Леммой 4 правило распространяется на все случаи, задаваемые условием: $i \neq j \neq k, i=1, \dots, l; j=1, \dots, l; k=1, \dots, l$. Лемма доказана.

Относительно удаления. Данное право (d) тесно связано с правами записи и модификации (естественно, что в моделях нами рассматривается некий усеченный набор базовых прав доступа). Можно рассмотреть два способа записи – «запись», как право, позволяющее, кроме создания нового, модифицировать и удалять существующие файлы, можно рассмотреть право «добавление» – право, позволяющее осуществлять запись новых файлов без возможности модификации и удаления ранее созданных файлов. Естественно, что по своему функциональному назначению и возможностям применения – это совершенно различные права доступа.

Замечание. Ранее под правом записи (w) мы рассматривали право модификации существующих файлов и записи новых, без возможности удаления существующих (в моделях право записи и право удаления нами были разделены). Исходя из этого, сформулируем требование к безопасной системы. Здесь опять же возникает вопрос, а модификацию следует рассматривать, как удаление (ведь модификация не приводит к удалению объекта, но может привести к нарушению доступности к информации, хранящейся в данном объекте).

Если рассматривать право записи (w), как право модификации существующих файлов и записи новых, без возможности удаления существующих, а модификацию существующих файлов, не рассматривать как удаление, то утечки права удаления (d) не происходит, дополнительных требований к построению безопасной системы формулировать не требуется. Если возможность модификации файла, входящей в право записи (w), рассматривать, как удаление (искажение информации в определенном смысле можно приравнять к ее удалению), то дополнительно может быть сформулировано следующее требование, направленное на предотвращение утечки права удаления (d): При расширении канонической матрицы доступа правом записи (w): $Ci(w)Oj$, дополнительно должно включаться право удаления $Ci(d)Oj$.

Рассмотрим пример реализации правил, формулируемых Леммой 3 и Леммой 4, при построении корректной разграничительной политики доступа к файловым объектам.

Пусть исходная матрица доступа Мд1 имеет следующий вид:

$O1 O2 O3 O4 O5$

$$\left[\begin{array}{l} C1 \quad r,w,d \quad 0 \quad 0 \quad 0 \\ C2 \quad 0 \quad r,w,d \quad r \quad 0 \quad 0 \\ \text{Мд1} = C3 \quad w \quad 0 \quad r,w,d \quad 0 \quad 0 \\ C4 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad r,w,d \quad 0 \\ C5 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad r,w,d \end{array} \right]$$

Пусть требуется внести в матрицу доступа Мд1 правило $C4(r,w)O3$. При этом, выполняя требования Леммы 3 и Леммы 4, получаем следующую матрицу доступа, Мд2:

$O1 O2 O3 O4 O5$

$$\left[\begin{array}{l} C1 \quad r,w,d \quad 0 \quad 0 \quad 0 \\ C2 \quad 0 \quad r,w,d \quad r \quad \mathbf{r} \quad 0 \\ \text{Мд2} = C3 \quad w \quad 0 \quad r,w,d \quad 0 \quad 0 \\ C4 \quad \mathbf{w} \quad 0 \quad \mathbf{r,w} \quad r,w,d \quad 0 \\ C5 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad r,w,d \end{array} \right]$$

Выводы

1. Выполнение сформулированных требований к реализации разграничительной политики доступа к ресурсам позволяет построить безопасную систему, так как предотвращает возможность утечки права $R = \{x, w, r, d\}$.
2. Выполнение сформулированных требований к реализации разграничительной политики доступа к ресурсам можно рассматривать в качестве обязательного условия построения эффективных средств защиты информации в современных условиях.
3. Выполнение сформулированных требований к реализации разграничительной политики доступа к ресурсам требует разработки принципиально новых средств контроля доступа к ресурсам вычислительных систем.

Заключение

Основным результатом работы является обоснование необходимости разработки – постановка задачи и разработка требований к построению безопасной системы (вычислительной системы), в части реализации разграничительной политики доступа к ресурсам. Невыполнение сформулированных требований несет в себе потенциальную опасность несанкционированного доступа к информации, обрабатываемой в вычислительной системе. Поскольку современными средствами защиты, в большинстве своем, сформулированные в работе требования не выполняются, полученные результаты обуславливают необходимость разработки принципиально новых методов и средств защиты для применения в современных вычислительных системах, чему будут посвящены последующие исследования автора.

Литература

1. Опрос «Кода Безопасности» выявил наиболее актуальные ИБ угрозы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.securitycode.ru/company/news/SC-analytic-2011>, своб.
2. Щеглов К.А., Щеглов А.Ю. Модель контроля доступа к создаваемым файловым объектам // Изв. вузов. Приборостроение. – 2012. – Т. 55. – № 10. – С. 37–40.
3. Щеглов К.А., Щеглов А.Ю. Практическая реализация дискреционного метода контроля доступа к создаваемым файловым объектам // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2013. – № 4. – С. 43–49.
4. Щеглов К.А., Щеглов А.Ю. Защита от атак со стороны приложений, наделяемых вредоносными функциями. Модели контроля доступа // Вопросы защиты информации. – М.: ВИМИ, 2012. – № 4 (99). – С. 31–36.
5. Щеглов К.А., Щеглов А.Ю. Защита от атак на уязвимости приложений. Модели контроля доступа // Вопросы защиты информации. – М.: ВИМИ, 2013. – № 2 (101). – С. 36–43.
6. Щеглов К.А., Щеглов А.Ю. Защита от вредоносных программ методом контроля доступа к создаваемым файловым объектам // Вестник компьютерных и информационных технологий. – М., 2012. – № 8. – С. 46–51.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НЕИДЕАЛЬНОСТИ ДЕТЕКТОРА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ УСЛОВНЫХ КВАНТОВЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

А.И. Трифанов

Научный руководитель – д.т.н., профессор Г.П. Мирошниченко

Для модели дискретного фотодетектора изучено влияние измерительного устройства на характеристики квантовых логических операций, реализуемых в высокодобротном резонаторе. На примере детектирования однофотонной моды, исследованы характеристики информативности фотодетектора, связанные с его воздействием на детектируемую систему: информативность, качество и обратимость операции детектирования.

Ключевые слова: не прямое измерение, фотодетектирование, квантовая энтропия.

Введение

Диагностика состояний квантовых объектов играет важную роль в фундаментальной физике и различных ее приложениях, таких как квантовая томография [1] и квантовые информационные технологии [2, 3]. Нередко в системах обработки квантовой информации появляется необходимость реализовывать взаимодействие системы кубитов со вспомогательной подсистемой, степени свободы которой по окончании вычислений нужно отсечь. Но часто данные состояния перепутываются с состояниями кубитов и возникает необходимость в измерении для выделения нужного подансамбля. Операции становятся вероятностными, а результат начинает зависеть от структуры детектора. В настоящей работе на примере модели дискретного фотодетектора [4] исследуется влияние несовершенства измерительного устройства на характеристики условных квантовых логических операций. Они реализуются в высокодобротном резонаторе, квантовые состояния электромагнитного поля которого кодируют информацию (кубиты). Атом, пролетающий через резонатор, некоторое время взаимодействует с его модами. По окончании взаимодействия атомное состояние измеряется в селективном детекторе (ионизационной камере). В результате детектирования происходит редукция состояния поля резонатора, обусловленная исходом измерения. Данное условное состояние электромагнитного поля резонатора является результатом квантовой логической операции. В этом смысле детектор оказывает влияние на результат квантовых вычислений. Под его идеальностью мы понимаем учет возможности получения неверного результата измерения или отсутствие какого-либо результата. На примере детектирования однофотонной моды, получены характеристики измерительного устройства, связанные с его воздействием на детектируемую систему: информативность, качество и обратимость операции детектирования.

Модель идеального фотодетектора

Построим модель фотодетектора, реализуемого в дискретной схеме. Результат измерения состояния атома в ионизационной камере можно описывать при помощи случайной величины ξ , принимающей три возможных значения: $\xi=1$ соответствует тому, что атом обнаружен первым детектором камеры, настроенным на измерение состояния $|g\rangle$; $\xi=2$ – атом обнаружен вторым детектором, настроенным на измерение возбужденного состояния $|e\rangle$; $\xi=0$ – атом пропущен из-за несовершенства измерительного устройства. Данной случайной величине, характеризующей процесс

измерения, сопоставим полный набор неортогональных операторных мер Π_ξ , $\xi = 0, 1, 2$, таких что:

$$\Pi_0 + \Pi_1 + \Pi_2 = I_A. \quad (1)$$

При этом:

$$\Pi_{\xi=1,2} = |\alpha_{\xi,g}|^2 |g\rangle\langle g| + |\alpha_{\xi,e}|^2 |e\rangle\langle e|, \quad (2)$$

$$\Pi_0 = (1 - \varepsilon_g) |g\rangle\langle g| + (1 - \varepsilon_e) |e\rangle\langle e|. \quad (3)$$

где $|\alpha_{1,g}|^2 + |\alpha_{2,g}|^2 = \varepsilon_g$, $|\alpha_{1,e}|^2 + |\alpha_{2,e}|^2 = \varepsilon_e$, а ε_g и ε_e определяют квантовые эффективности детекторов и являются вероятностями обнаружить атом первым или вторым детектором соответственно. Для случая $\xi = 0$ в дальнейшем удобно определить $|\alpha_{0,g}|^2 = 1 - \varepsilon_g$ и $|\alpha_{0,e}|^2 = 1 - \varepsilon_e$. Операторные меры Π_ξ можно записать в виде:

$$\Pi_\xi = \sum_{\mu \in \{g,e\}} M_{\xi,\mu}^\dagger M_{\xi,\mu}. \quad (4)$$

Каждый из операторов $M_{\xi,\mu}$ в разложении (4) описывает определенный процесс внутри ионизационной камеры: $M_{\xi,g} = \alpha_{\xi,g} |g\rangle\langle g|$ соответствует детектированию атома, находящегося в состоянии $|g\rangle$ детектором с номером ξ ($\xi = 1, 2$); аналогично $M_{\xi,ee} = \alpha_{\xi,ee} |e\rangle\langle e|$ соответствует детектированию атома, находящегося в состоянии $|e\rangle$ детектором с номером ξ . Физический смысл операторов $M_{\xi,\mu}$ в случае $\xi = 0$ заключается в следующем: $M_{0,g}$ атом в основном состоянии пропущен, $M_{0,e}$ – атом в возбужденном состоянии пропущен.

Построим систему операторных мер реализуемого фотодетектора. Пусть состояние атомно-полевой системы в момент, когда атом попадает в резонатор и подвергается измерению, описывается совместной матрицей плотности ρ_{AF} . В результате измерения атома, согласно проекционному постулату фон Неймана, происходит коллапс его состояния и система переходит в состояние:

$$\tilde{\rho}_{AF} = \sum_{\xi=0}^2 (\Lambda_\xi \otimes I_F) \rho_{AF} = \sum_{\xi=0}^2 \sum_{\mu, \nu \in \{g,e\}} M_{\xi,\mu} \rho_{AF} M_{\xi,\mu}^\dagger. \quad (5)$$

Информация о состоянии вылетевшего из резонатора атома может быть использована для расщепления полного ансамбля на подансамбли, каждый из которых соответствует одному из результатов измерения ξ :

$$\tilde{\rho}_F^{[\xi]} = \text{Tr}_A \left[\sum_{\mu \in \{g,e\}} M_{\xi,\mu} \rho_{AF} M_{\xi,\mu}^\dagger \right]. \quad (6)$$

Используя разложение, аналогичное приведенному в (1), можно произвести разбиение единицы в пространстве полевых состояний, тем самым определив соответствующую вероятностную операторную меру. Для определенности положим, что атом до взаимодействия с электромагнитным полем резонатора был приготовлен в основном состоянии $\rho_A = |g\rangle\langle g|$. Начальное состояние резонаторной моды пусть описывается произвольным оператором плотности ρ_F . Пренебрежем релаксационными процессами, и будем рассматривать эволюцию системы, при которой чистые состояния остаются чистыми. Тогда состояние системы ρ_{AF} сразу после взаимодействия и непосредственно перед измерением можно записать в следующем виде:

$$\rho_{AF} = U_\tau \rho_A \otimes \rho_F U_\tau^\dagger, \quad (7)$$

где U_τ – оператор эволюции системы атом-поле, а τ – время взаимодействия. Разбиение единицы в пространстве полевых состояний произведем следующим образом:

$$Tr_F \left[\tilde{\rho}_F^{[\xi]} I_F \right] = Tr_{AF} \left[\sum_{\mu \in \{g, e\}} M_{\xi, \mu} \rho_{AF} M_{\xi, \mu}^\dagger \right]. \quad (8)$$

Далее, используя (7) определим трансформеры полевых состояний K :

$$K_{\xi, \mu} = \sum_{\eta \in \{g, e\}} \langle \eta | M_{\xi, \mu} U_\tau | g \rangle. \quad (9)$$

С учетом выражений, приведенных для $M_{\xi, \mu}$, операторы $K_{\xi, \mu}$ можно записать следующим образом:

$$K_{\xi, \mu} = \sum_{\eta \in \{g, e\}} \alpha_{\xi, \mu} \langle \eta | \mu \rangle \langle \mu | U_\tau | g \rangle = \alpha_{\xi, \mu} U_{\mu g}. \quad (10)$$

Информационные характеристики фотодетектора

Предположим, что начальное однофотонное состояние поля является чистым $\rho_F = |\psi\rangle\langle\psi|$ и параметризуем его следующим образом:

$$|\psi\rangle = |\psi(\theta)\rangle = \cos \frac{\theta}{2} |0\rangle + \sin \frac{\theta}{2} |1\rangle, \quad \theta \in [0, \pi], \quad (11)$$

где θ – случайная величина с плотностью распределения $p(\theta)$.

Информативность. Вычислим информацию Шеннона I^S , получаемую в результате взаимодействия с пролетающим атомом, измерение которого описывается случайной величиной ξ . Энтропия полевого состояния до измерения $H_0 = -\int_0^\pi p(\theta) \log_2 p(\theta) d\theta$. Найдем энтропию состояния после измерения атома с результатом ξ :

$$H(\xi) = -\int_0^\pi p(\theta|\xi) \log_2 p(\theta|\xi) d\theta. \quad (12)$$

Здесь $p(\theta|\xi)$ – плотность распределения величины θ при известном исходе детектирования атома. Эта величина может быть получена из формулы Байеса:

$$p(\theta|\xi) = p(\xi|\theta) p(\theta) / P(\xi), \quad (13)$$

где $P(\xi) = \int_0^\pi p(\xi|\theta) p(\theta) d\theta$ – полная вероятность случайной величины ξ , а $p(\xi|\theta)$ – ее условная плотность вероятности. Информация Шеннона, получаемая в результате измерения атома с исходом ξ , может быть вычислена тогда следующим образом:

$$I^S(\xi) = H_0 - H(\xi). \quad (14)$$

Ее среднее значение равно $I^S = \sum_{\xi=0}^2 I^S(\xi) P(\xi)$.

Качество. В результате измерения, согласно проекционному постулату фон Неймана происходит редукция состояния измеряемого объекта. Величиной, характеризующей это изменение, является качество измерительной операции: чем оно выше, тем меньше меняется состояние в процессе детектирования. Эта величина вычисляется следующим образом:

$$F(\xi) = Tr_F \left[\rho_F^{[\xi]} \rho_F^\dagger \right] / Tr_F \left[\rho_F^{[\xi]} \right]. \quad (15)$$

Ее среднее значение равно $F = \sum_{\xi=0}^2 F(\xi)P(\xi)$.

Обратимость. Обратимость измерения определяет принципиальную возможность обратного преобразования, в результате которого состояние квантового объекта станет таким, каким было до измерения. Данная величина для фиксированного состояния $\rho_F = \rho_F(\theta)$ определяется следующим образом:

$$R(\xi) = \beta_\xi / P(\xi), \quad (16)$$

где $\beta_\xi = \min Tr_F [\tilde{\rho}_F^{[\xi]}]$. Можно также вычислить среднюю величину обратимости

$R = \sum_{\xi=0}^2 R(\xi)P(\xi)$. Следует, однако отметить, что если хотя бы один из $R(\xi)$ равен

нулю, то процесс детектирования считается необратимым. На рисунке изображены зависимости описанных выше характеристик процесса детектирования от длительности времени взаимодействия атома с полем резонатора.

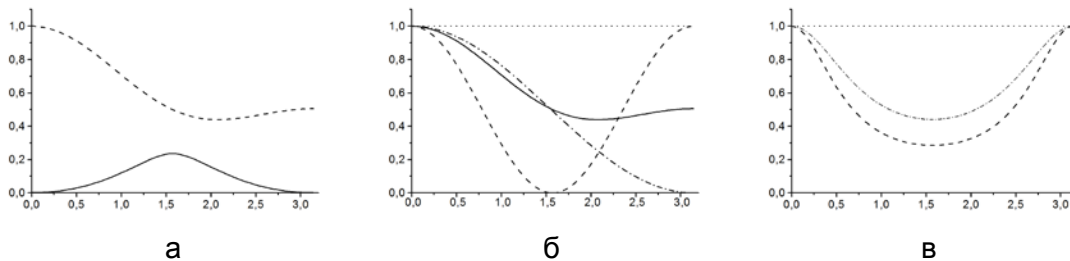


Рисунок. Зависимость информационных характеристик фотодетектора от времени взаимодействия ($\varphi_{\text{int}} = g_{\text{int}}t$) атома с полем резонатора: средняя информация Шеннона, отнесенная к начальной энтропии (сплошная) и качество (штриховая) в случае идеального детектора (а); средняя величина качества (сплошная), оценка качества для состояния с $\theta = 0$ (точечная), $\theta = \pi/2$ (штрих-пунктирная), $\theta = \pi$ (штриховая) (б); обратимость детектирования в случае щелчка второго детектора ($\xi = 2$) (в), соответствие типа линии состоянию такое же как в (б). Параметры расчетов в случаях (б) и (в): $\varepsilon_g = 0,9$, $\varepsilon_e = 0,8$, $|\alpha_{2,g}|^2 = 0,2$, $|\alpha_{1,e}|^2 = 0,1$

Заключение

На примере модели дискретного фотодетектора изучено влияние детектирующего устройства на характеристики квантовых логических операций, реализуемых в высокочастотном резонаторе. Анализ проведен для простого случая однофотонной резонаторной моды и двухуровневого атома. Результаты, полученные в работе, могут быть полезны в томографии квантовых состояний и процессов.

Литература

1. Poyatos J.F., Cirac J.I., Complete Characterization of a Quantum Process: The Two-Bit Quantum Gate // Phys. Rev. Lett. – 1997. – V. 78. – № 2. – P. 390–393.
2. Ladd T.D., Jelezko F., Laflamme R., Nakamura Y., Monroe C., O'Brien J.L. Quantum computers // Nature. – 2010. – V. 464. – P. 45–53.
3. Perez-Delgado C.A., Kok P., Quantum computers: Definition and implementations // Phys. Rev. Lett. – 2011. – V. 83. – № 1. – P. 012303 (15).
4. Ben-Aryeh Y., Brif C. Discrete photodetection and Susskind-Glogower ladder operators. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://arxiv.org/abs/quant-ph/9504009>, своб.

РАСПРЕДЕЛЕННОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИСПОЛНЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ В ИЕРАРХИЧЕСКИХ ОБЛАЧНЫХ СРЕДАХ

П.А. Смирнов

Научный руководитель – д.т.н., профессор А.В. Бухановский

Предложен мультиагентный алгоритм планирования исполнения композитных приложений в облачной среде с учетом иерархического характера организации ресурсов, адаптированный для использования в платформе CLAVIRE.

Ключевые слова: распределенная среда, облачные вычисления, композитное приложение, загрузка ресурсов, мультиагентная система.

Введение

В облачных технологиях второго поколения поддерживается бизнес-модель AaaS (Application as a Service), в рамках которой пользователь самостоятельно может конструировать и запускать композитные приложения (КП), объединяющие разнородные взаимодействующие сервисы в распределенной вычислительной среде [1]. Повысить производительность систем и эффективность их использования возможно за счет оптимальной загрузки вычислительных ресурсов текущими задачами. Как следствие, необходимы механизмы планирования загрузки распределенной среды, совокупно учитывающие структуру КП, иерархический характер организации ресурсов, а также специфику вычислений с использованием сетей публичного доступа. Простейшие планировщики, использующие алгоритмы FCFS, MinMin, MinMax, MaxMin, назначают задачи ресурсам по мере освобождения последних [2]. Применение алгоритмов Backfilling, GangScheduling, TimeSlicing обеспечивает максимальную загрузку ресурсов и минимизирует простои оборудования [3], а использование техник предварительного резервирования (advance reservation) [4] позволяет получить результат в заданное пользователем время и (или) в рамках требуемой стоимости работ [5].

В настоящей работе представлен комбинированный мультиагентный алгоритм (МА), работающий по принципу аукциона и ориентированный на планирование исполнения КП с учетом иерархической организации вычислительных ресурсов. Данный алгоритм реализован на основе облачной платформы CLAVIRE [6].

Алгоритм планирования исполнения КП

CLAVIRE – многопрофильная облачная платформа, предназначенная для организации вычислительных сред с целью исполнения КП в рамках моделей SaaS и AaaS. КП в CLAVIRE формализуются в виде потоков работ (workflow, WF), записываемых на предметно-ориентированном языке EasyFlow. Интерпретация WF и назначение элементов КП по вычислительным ресурсам распределенной среды выполняется автоматически, в ходе запуска приложения. При этом CLAVIRE не организует собственной низкоуровневой распределенной среды; платформа является надстройкой, интегрирующей существующие вычислительные комплексы и среды, включая суперкомпьютеры, Грид-среды, среды облачных провайдеров, поддерживающие модели IaaS и PaaS, а также группы серверов и рабочих станций, объединенных локальными сетями.

Иерархический характер распределения ресурсов заключается в возможности выделения так называемых ресурс-агентов (далее, R-агентов) – отдельных

компьютеров, которые берут на себя управление исполнением задач CLAVIRE на других (собственных) ресурсах, входящих в зону их ответственности. Механизм планирования строится по принципу аукциона, в котором R-агенты предлагают свои офферы на выполнение КП целиком на собственных ресурсах. Такой подход позволяет сократить время работы за счет передачи данных между блоками КП только в локальной сети R-агента. Предполагается, что в аукционе побеждает R-агент, способный выполнить максимальное количество блоков КП на ресурсах своей локальной сети. Каждый R-агент обеспечивает самостоятельный мониторинг собственных ресурсов и формирование ставок на участие в аукционах.

Мультиагентный алгоритм планирования выполнения одного КП (рисунок) включает в себя следующие шаги.

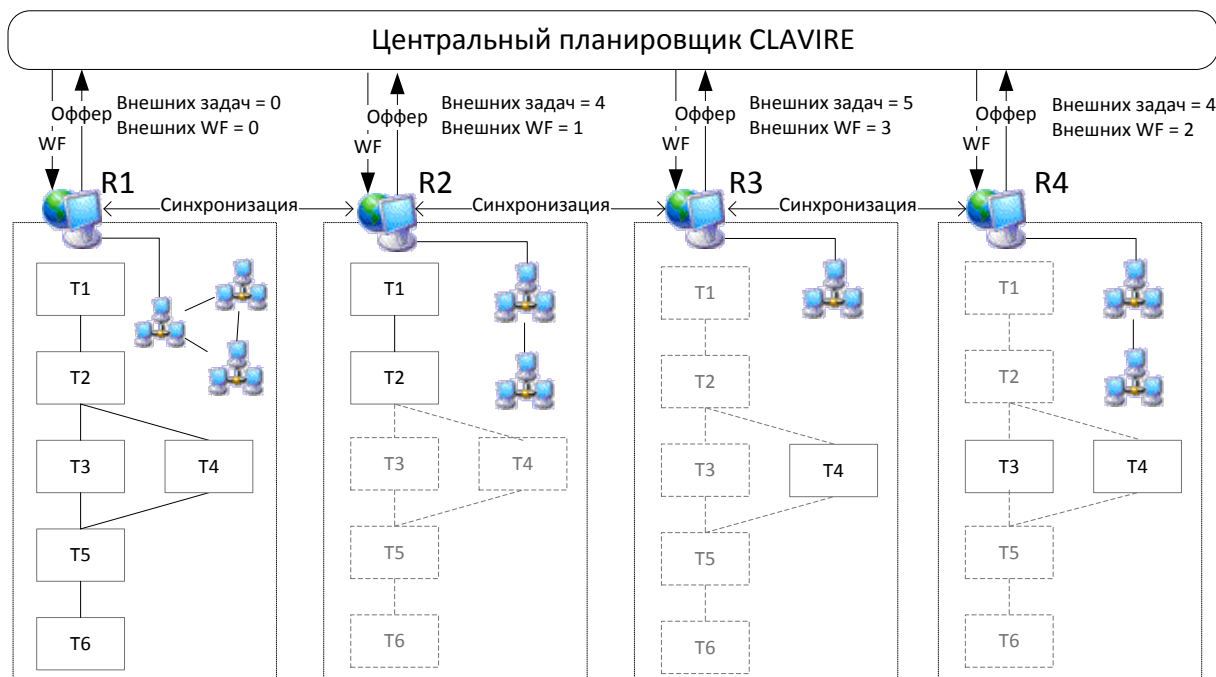


Рисунок. Принцип работы мультиагентного алгоритма планирования исполнения КП

1. Центральный планировщик (ЦП) платформы CLAVIRE получает из подсистемы исполнения список текущих задач, которые группируются по идентификатору КП. Таким образом, из общего списка задач в облачной среде выделяются отдельные пользовательские WF.
2. Каждый пользовательский WF рассылается всем R-агентам (R1–R4) для оценивания и внесения офферов.
3. Каждый R-агент оценивает возможность (наличие прикладных пакетов) каждой из задач WF и время их выполнения на узлах своей сети и формирует оффер, в котором для каждой задачи оценено время выполнения на конкретном количестве узлов. В случае, когда все задачи WF не могут быть выполнены внутри одной сети, оффер отправляется ЦП неполным (требует композиции), а задачи имеют пустые списки оценок (офферы R2–R4).
4. После получения от всех ресурсов офферов ЦП проверяет их полноту. Для неполных офферов ЦП производит композицию – объединение неоцененных задач (внешних по отношению к R-агенту) в более мелкие дочерние WF (внешние WF) и поиск для них оценок в офферах, поступивших на аукцион от других R-агентов. Найденные оценки помещаются в списки соответствующих внешних задач, и оффер становится полным. Число внешних WF определяет количество передач данных, требуемых R-агенту для выполнения WF согласно офферу, и отражается на суммарном времени выполнения плана оффера.

5. После композиции ЦП отправляет полные офферы ресурсам для генерации планов выполнения с учетом уже назначенных на данный ресурс задач. План запуска генерируется на каждом R-агенте согласно заданной эвристике (MinMax, MaxMin, MinMin, MaxMax, Greedy), он содержит строгую последовательность элементов вида «задача–оценка на узле», по которой формируется суммарное время выполнения и время передачи данных во внешние сети. Время передачи данных определяется, исходя из оценки объемов выходных файлов, генерируемых блоками КП, и статистических данных о пропускной способности канала связи между конкретными удаленными сетями. По мере готовности планы отправляются обратно в ЦП.
6. ЦП проводит аукцион между сгенерированными на основании офферов планами запуска. Победитель выбирается по критерию наименьшего времени выполнения, которое включает в себя время ожидания в очереди и время передачи данных во внешние сети (если имеется).
7. ЦП обращается к R-агенту, чей оффер был признан победителем, с целью постпроверки и резервирования ресурсов. Постпроверка предотвратит резервирование в случае, если с ресурсами произошли какие-то изменения и план более не может быть выполнен в указанное время – в таком случае R-агент должен предоставить новый оффер (и переход к шагу № 4 алгоритма). В случае успешной проверки R-агент согласно плану выполняет резервирование ресурсов, изменяя время их доступности. Новые офферы, формируемые R-агентом в будущем, будут учитывать это время как время ожидания в очереди.
8. ЦП получает от R-агента уведомление о резервировании узлов и переходит к обработке следующего пользовательского КП.

Композицию неполных офферов (шаг № 4) целесообразно выполнять централизованно; это связано с тем, что схема с многократным обращением R-агентов по принципу «каждый с каждым» с целью поиска исполнителя для внешних задач WF, очень ресурсоемка. Генерацию планов, наоборот, выгоднее проводить на стороне R-агента, чем на стороне ЦП. Шаги № 7–8 алгоритма позволяют выполнять резервирование ресурсов, снижая риск возможного изменения их состояния во время аукциона.

Экспериментальное исследование алгоритма

Для оценки эффективности предложенного алгоритма планирования разработана экспериментальная мультиагентная информационная система, состоящая из двух видов агентов. Первые – R-агенты – устанавливаются на одном (любом) узле локальной сети, выполняют посреднические и обслуживающие функции, не производя конечных вычислений. Вторые – агенты-узлы – устанавливаются на каждый конечный вычислительный ресурс. R-агенты, будучи точками привязки для R-агентов остальных сетей и платформы CLAVIRE, предполагаются к установке на узлы с внешними IP-адресами; они принимают команды системы исполнения CLAVIRE, выполняют функции посредников по запуску, мониторингу, пересылке данных и т.д. Код агентов написан на языке C# платформы .Net, коммуникации строятся по технологии WCF, с использованием модифицированных привязок (CustomBinding) и собственного шифровщика сообщений (message encoder). Мониторинг фоновых синхронизаций между агентами позволяет оценить латентность канала связи между R-агентами. Для измерения скорости передачи используются встроенные средства CLAVIRE.

В таблице сравниваются характеристики мультиагентного и централизованного (ЦА) алгоритмов (последний применяется в CLAVIRE в настоящее время). Приведены результаты экспериментальных исследований планирования КП, включающего в себя 6 связанных задач, две из которых могут выполняться в параллельном режиме (см.

рисунок); при этом собственное время работы задачи на ресурсе составляет 60 с (без учета накладных расходов платформы CLAVIRE). Для оценки устойчивости планов случайным образом было сгенерировано несколько списков ресурсов со случайным распределением узлов в каждом из них и проведено по 3 эксперимента.

Таблица. Сравнение мультиагентного и централизованного алгоритмов планирования исполнения КП в CLAVIRE

R-агенты/узлы	Алг.	Время работы WF, с			Время планирования, с					
		Выполн.	Перед. данн.	Сумма времен	N вариантов (офферов)	Планирование			Сумма времен	
						Композиция офферов	Генерация планов	Аукцион		
21/225	ЦА	309,2	240	539,2	1	0,054	0,057		0,111	
					2	0,055	0,057		0,112	
					3	0,056	0,068		0,124	
	МА		120	429,2	1	0,939	0,038	0,030	0,006	1,064
					2	0,925	0,039	0,029	0,009	1,055
					3	0,937	0,038	0,029	0,008	1,059
39/744	ЦА	308,4	60	368,4	1	0,190	0,059		0,249	
					2	0,195	0,059		0,254	
					3	0,220	0,060		0,280	
	МА		60	368,4	1	1,678	0,127	0,051	0,007	1,927
					2	1,743	0,130	0,055	0,006	1,981
					3	1,642	0,110	0,048	0,007	1,863
59/1535	ЦА	309,8	60	379,8	1	0,704	0,061		0,765	
					2	0,684	0,079		0,763	
					3	0,688	0,061		0,749	
	МА		60	379,8	1	2,620	0,440	0,108	0,007	3,249
					2	2,495	0,414	0,104	0,006	3,071
					3	2,584	0,467	0,102	0,007	3,213

Из таблицы видно, что, несмотря на то, что скорость работы МА существенно уступает ЦА, время планирования остается вполне приемлемым около 3 с на 1535 узлах (при общих накладных расходах CLAVIRE 5–12 с в зависимости от используемых ресурсов). Примечательно, что на малом количестве ресурсов скорость работы МА ниже примерно в 10 раз, а с их увеличением разница сокращается до 3 раз. При этом наглядно проявляется преимущество планирования по принципу аукциона – предпочтение отдается максимально «способным» R-агентам, что избавляет от лишних потерь времени на передачи данных по сети. И МА, и ЦА показывают стабильную работоспособность при работе более чем с 1500 конечными ресурсами (что соответствует распределенной системе с пиковой производительностью 100–140 Тфлопс).

Заключение

Построение алгоритма планирования исполнения КП на основе принципа аукционов позволяет учесть иерархическую структуру организации вычислительных ресурсов в CLAVIRE и минимизировать затраты, связанные с передачей данных между блоками WF. При этом временные затраты на планирование сопоставимы с накладными расходами на функционирование системных сервисов CLAVIRE и временем латентности систем управления удаленными ресурсами, что показывает допустимость применения данного алгоритма на практике. Дальнейшие исследования

будут посвящены измерению коммуникационных расходов на синхронизацию, скорости передачи данных между агентами, а также масштабируемости алгоритма по количеству WF, поступающих в обработку.

Работа выполнена в рамках реализации постановления № 220 Правительства РФ (договор №11.G34.31.0019) при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы», соглашение 14.B37.21.0592 от 20.08.2012 г.

Литература

1. CLAVIRE – перспективная технология облачных вычислений второго поколения / Бухановский А.В., Васильев В.Н., Виноградов В.Н., Смирнов Д.Ю., Сухоруков С.А., Яппаров Т.Г. // Изв. вузов. Приборостроение. – 2011. – Т. 54. – № 10. – С. 7–14.
2. Ouelhadj D. et. al., A multi-agent infrastructure and a service level agreement negotiation protocol for robust scheduling in grid computing //Advances in Grid Computing-EGC 2005. – Springer Berlin Heidelberg, 2005. – P. 651–660.
3. Hamscher V. et. al. Evaluation of job-scheduling strategies for grid computing // Grid Computing-GRID 2000. – Springer, Berlin Heidelberg, 2000. – P. 191–202.
4. Castillo C., Rouskas G.N., Harfoush K. On the design of online scheduling algorithms for advance reservations and QoS in grids // Parallel and Distributed Processing Symposium, 2007. IPDPS 2007. IEEE International. – P. 1–10.
5. Garg S.K., Buyya R. Market-oriented resource management and scheduling: a taxonomy and survey // Cooperative Networking. – 2011. – P. 277–306.
6. CLAVIRE: e-Science Infrastructure for Data-driven Computing/ Knyazkov K.V. et. al. // Journal of Computational Science. – 2012. – V. 3. – № 6. – P. 504–510.

УДК

АДАПТИВНОЕ И РОБАСТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МИКРОКЛИМАТОМ ТЕПЛИЦЫ

М.В. Лызлова

Научный руководитель – к.т.н., доцент Д.Н. Герасимов

В работе предлагается решение задачи адаптивного управления микроклиматом теплицы. Модель теплицы представляется системой нелинейных дифференциальных уравнений. Для компенсации нелинейности и неопределенности модели используются методы адаптивного и робастного управления. Представлены результаты моделирования.

Ключевые слова: адаптивное управление, микроклимат, теплица.

Введение

Основным направлением деятельности тепличного производства является пополнение потребительского рынка местными свежими овощами и зеленью круглый год. Как показывает практика, такое производство является дорогостоящим, энергоемким и требует точного соблюдения технологии выращивания растений. Одним из важнейших факторов, влияющих на урожайность и рентабельность тепличного производства, является обеспечение с одной стороны максимально точного поддержания температурно-влажностного режима теплицы, заданного агрономическими требованиями, а с другой стороны – минимизация финансовых и энергетических затрат. При этом точность поддержания температурно-влажностного режима теплицы существенно влияет на расход энергетических ресурсов.

Главной задачей является разработка автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП), в составе которой будут находиться как высокоточные системы автоматического управления (САУ), так и энергосберегающие датчики и исполнительные механизмы.

Существенным препятствием, стоящим перед разработчиками систем управления, является сложность теплицы как объекта управления, что связано с нелинейностью модели микроклимата теплицы, неопределенностью параметров, множеством факторов, влияющих на живучесть и рост растений, своевременное созревание плодов и их качество. В настоящее время подавляющее большинство средств управления микроклиматом теплицы основано на локальных пропорционально-интегрально-дифференциальных регуляторах температуры, влажности, концентрации CO_2 и т.д., а также на логических схемах управления. Эти регуляторы имеют существенные ограничения по качеству и не способны в полной мере учесть вышеперечисленные факторы. Как следствие, не достигается максимальная прибыльность таких систем, а экономия энергии отсутствует или является незначительной. В то же время существуют большие потенциальные возможности использования микропроцессорных устройств централизованного сбора и обработки информации. С помощью таких устройств существует возможность создавать многоуровневые комплексные АСУ ТП с использованием современных методов автоматического управления, в частности, методов адаптивного и робастного управления, позволяющие парировать большинство проблем управления теплицами, а именно повысить урожайность, снизить энергозатраты, повысить надежность, обеспечить своевременное предупреждение о внештатной ситуации. Как следствие, успешная разработка и внедрение АСУ ТП позволяет повысить рентабельность и конкурентноспособность тепличного хозяйства.

Постановка задачи управления

К задаче автоматического и автоматизированного управления в тепличном хозяйстве, требующей разработку методов и алгоритмов автоматического управления, с целью обеспечения следующих климатических и световых показателей на желаемом уровне относятся:

- температура воздуха внутри теплицы T_{in} ;
- влажность воздуха внутри теплицы w_{in} ;
- концентрация углекислого газа внутри теплицы X_{in} .

Формально, задачи управления могут быть представлены целевыми неравенствами:

$$|T_{in_des}(t) - T_{in}(t)| \leq \Delta_1 \quad \forall t \geq T_1, \quad (1)$$

$$|w_{in_des}(t) - w_{in}(t)| \leq \Delta_2 \quad \forall t \geq T_2, \quad (2)$$

$$|X_{in_des}(t) - X_{in}(t)| \leq \Delta_3 \quad \forall t \geq T_3, \quad (3)$$

где $T_{in_des}(t)$, $w_{in_des}(t)$, $X_{in_des}(t)$ – желаемые значения регулируемых переменных; $\Delta_1, \dots, \Delta_3$ – абсолютные ошибки системы управления по соответствующим каналам; T_1, \dots, T_3 – время настройки системы по соответствующим каналам.

Поддержание температуры T_{in} обеспечивается путем изменения температуры теплоносителя в системе отопления в случае, если температура наружного воздуха ниже значения T_{in_des} .

Поддержание влажности w_{in} обеспечивается путем изменения производительности системы туманнообразования, если влажность воздуха не превышает заданную величину w_{in_des} значительно.

Регулирование концентрации углекислого газа X_{in} осуществляется путем изменения производительности системы дозирования углекислого газа в случае, если значение X_{in} не превышает критичный для человека уровень.

В качестве сигналов управления, с помощью которых обеспечиваются целевые неравенства, в теплице выступают: T_h^* , Q_f^* , U_c^* , u_v^* . В качестве переменных, характеризующих протекание процессов в теплице, выступают T_{in} , w_{in} , X_{in} , u_v (таблица).

Таблица. Основные обозначения переменных и констант модели

№	Наименование	Обозначение	ед. изм.
1	Суммарная площадь крыши и стен теплицы	A_c	m^2
2	Площадь теплицы	A_g	m^2
3	Площадь соприкосновения нагревательного элемента с нагреваемым воздухом	A_h	m^2
4	Площадь почвенных грядок	A_s	m^2
5	Эффективность вентиляционной решетки	A_v	–
6	Коэффициент преобразования тепла системы отопления	c_h	Вт/(К·м ²)
7	Удельная теплоемкость воздуха	C_p	Дж/(кг·К)
8	Эффективность нагрева теплицы солнцем	c_r	–
9	Коэффициент передачи тепла из почвы в теплицу	c_s	Вт/(К·м ²)
10	Эффективная теплоемкость почвы	C_s	Дж/(м ² ·К)
11	Коэффициент эффективности ветра	c_w	–
12	Ускорение свободного падения	g	м/с ²
13	Вертикальное положение вентиляционной решетки	H	м
14	Коэффициент передачи тепла от пола в почву теплицы	h_s	Вт/(К·м ²)
15	Скорость эвактранспирации	E	кг/с
16	Интенсивность светового излучения в теплице в красной части спектра (600–700 нм)	I_r	Вт/м ²
17	Интенсивность светового излучения светодиодного светильника в красной части спектра	I_{Led_r}	Вт/м ²
18	Интенсивность светового излучения в теплице в синей части спектра (380–490 нм)	I_b	Вт/м ²
19	Интенсивность светового излучения светодиодного светильника в синей части спектра	I_{Led_b}	Вт/м ²
20	Ширина вентиляционной решетки	l	м
21	Теплота испарения воды	L	Дж/кг
22	Длина вентиляционной решетки	L_v	м
23	Коэффициент прозрачности стен и кровли, зависящий, в том числе от степени регулируемого или нерегулируемого затемнения	k	–

№	Наименование	Обозначение	ед. изм.
24	Коэффициент передачи системы управления температурой труб/воды в системе обогрева теплицы	k_h	–
25	Коэффициент передачи системы управления температурой труб/воды в системе обогрева почвы	k_{ss}	–
26	Коэффициент передачи системы управления влажностью	k_w	–
27	Коэффициент передачи системы управления CO ₂	k_x	–
28	Коэффициент передачи модели открытия вентиляционной решетки	k_v	–
29	Часть интенсивности света в теплице, излучаемого светодиодным светильником, в синей части спектра	K_b	–
30	Часть интенсивности света в теплице, излучаемого светодиодным светильником, в красной части спектра	K_r	–
31	Коэффициент преобразования скорости вращения вентилятора в скорость движения воздуха	K_{vent}	м/рад
32	Производительность системы туманообразования	Q_f	кг/с
33	Желаемая производительность системы туманообразования	Q_f^*	кг/с
34	Освещенность солнечного излучения	S_r	Вт/м ²
35	Время	t	с
36	Температура нагревательных элементов труб/воды в системе отопления теплицы	T_h	К
37	Желаемая температура нагревательных элементов труб/воды в системе отопления теплицы	T_h^*	К
38	Температура воздуха в теплице	T_{in}	К
39	Температура наружного воздуха	T_{out}	К
40	Температура почвы	T_s	К
41	Температура пола теплицы	T_{ss}	К
42	Желаемая температура пола теплицы	T_{ss}^*	К
43	Производительность системы подкормки CO ₂	U_c	кг/с
44	Желаемая производительность системы подкормки CO ₂	U_c^*	кг/с
45	Угол поворота вентиляционной решетки	u_v	рад
46	Желаемый угол поворота вентиляционной решетки	u_v^*	рад
47	Обогреваемый объем теплицы	V_T	м ³
48	Увлажняемый объем теплицы	V_w	м ³
49	Скорость ветра	V_{wind}	м/с
50	Абсолютная влажность воздуха в теплице	w_{in}	кг/м ³
51	Абсолютная влажность наружного воздуха	w_{out}	кг/м ³
52	Скорость вытяжных вентиляторов	w_{vent}	рад/с
53	Концентрация углекислого газа в воздухе внутри теплицы	X_{in}	кг CO ₂ /кг возд

№	Наименование	Обозначение	ед. изм.
54	Концентрация углекислого газа в наружном воздухе	X_{out}	кг CO ₂ /кг возд
55	Плотность воздуха	ρ	кг/м ³
56	Удельная теплота парообразования воды	λ_f	Дж/кг
57	Коэффициент передачи тепла из теплицы в окружающую среду	ϕ_c	Вт/(К·м ²)
58	Поток воздуха, обеспечиваемый естественной вентиляцией	ϕ_v	м/с
58	Угол уклона крыши, на которой установлена вентиляционная решетка	ψ	рад
59	Постоянная времени системы управления температурой труб/воды в системе обогрева теплицы	τ_h	с
60	Постоянная времени системы управления температурой труб/воды в системе обогрева почвы	τ_{ss}	с
61	Постоянная времени системы управления влажностью	τ_w	с
62	Постоянная времени системы управления CO ₂	τ_x	с
63	Постоянная времени модели открытия вентиляционной решетки	τ_v	с

Математическая модель теплицы

Математическая модель связывает между собой переменные управления, возмущение и регулирующие переменные. Модель состоит из 3 подсистем.

1. Подсистема температуры воздуха в теплице. На основе закона сохранения энергии в теплице модель температуры воздуха в помещении представляется в следующей форме [1]:

$$\frac{\rho C_p V_T}{A_g} \frac{dT_{in}}{dt} = c_r k S_r - \frac{\lambda_f}{A_g} Q_f + c_h \frac{A_h}{A_g} (T_h - T_{in}) - \left(\rho C_p \phi_v(t) + \phi_c \frac{A_c}{A_g} \right) (T_{in} - T_{out}) + c_s \frac{A_s}{A_g} (T_s - T_{in}) - L \cdot A_g \cdot E, \quad (4)$$

где скорость эвактранспирации E – есть функция поглощенного теплицей солнечного излучения, а также температуры и влажности воздуха внутри помещения. Входными сигналами подсистемы являются температура системы отопления T_h и угловое положение вентиляционной решетки u_v . Величина $\phi_v(t)$ зависит от $T_{out}, T_{in}, V_{wind}, w_{vent}, u_v$.

2. Подсистема влажности воздуха в теплице. Подсистема влажности воздуха представлена следующим соотношением:

$$\frac{dw_{in}}{dt} = - \frac{A_g \phi_v(t)}{V_w} (w_{in} - w_{out}) + \frac{1}{V_w} Q_f + \frac{1}{V_w} E. \quad (5)$$

Сигналом управления в подсистеме является производительность системы туманнообразования Q_f . В случае, когда в теплице вместо системы туманнообразования присутствует система орошения или капельного полива (например, при выращивании томатов или баклажанов), то величина Q_f представляет собой величину, пропорциональную расходу воды на орошение или полив.

3. Подсистема подкормки углекислым газом (CO₂). Концентрация углекислого газа в теплице X_{in} зависит, главным образом, от скорости фотосинтеза и массы растений, скорости воздухообмена системы вентиляции и концентрации оксида углерода за пределами теплицы. Модель подсистемы может быть представлена следующим нелинейным уравнением:

$$\frac{dX_{in}}{dt} = \varphi(S_r, T_{in}, X_{in}) + \frac{1}{V_T} U_c - \frac{A_g}{V_T} \varphi_v(t) (X_{in} - X_{out}), \quad (6)$$

где φ – эмпирическая функция влияния скорости фотосинтеза и массы растений, определяемая опытным путем или с помощью методов идентификации.

Сигналом управления в подсистеме является производительность системы подкормки CO₂ – U_c и угловое положение вентиляционной решетки u_v , от которого зависит функция $\varphi_v(t)$.

Свойства модели

Таким образом, модель теплицы представляется системой нелинейных дифференциальных уравнений и имеет несколько входов и несколько выходов (так называемая – ММО-система). Выделим основные свойства этой модели.

1. Уравнения (7), (8) (далее по тексту) являются нелинейными и аффинными по управлению.
2. Большинство параметров и функций модели неизвестно или неточно известны, что мотивирует необходимость привлечения методов идентификации, а также методов теории адаптивного и робастного управления.
3. Переменные состояния, управления и возмущения, а также регулируемые переменные модели подлежат прямому (с помощью датчиков) измерению.
4. В соотношениях (4)–(5) при измерении скорости ветра V_{wind} , необходимо учитывать его направление для определения воздушного потока через вытяжную вентиляцию.

Синтез регулятора

Учитывая высокие точностные требования, предъявляемые к системе управления теплицей, законы управления, обеспечивающие цели (1)–(3), предлагается синтезировать на основе методов адаптивного и робастного управления. Синтез будем проводить в несколько этапов.

Этап 1. В предположении, что параметры и функции модели известны, на основе метода точной линеаризации [2] и метода модального управления [3] строится регулятор. Параметры модели будем называть номинальными. Модель и синтезируемый на основе нее регулятор, использующие эти параметры также будем называть номинальными.

Этап 2. Функции φ_v , φ раскладываются в ряды Тейлора по своим аргументам, после чего с помощью определенных преобразований выходы модели представляются в виде линейных регрессий – скалярных произведений векторов неизвестных параметров (включающих неизвестные коэффициенты разложений) на вектора измеряемых функций.

Этап 3. На основе линейных регрессионных моделей и метода наименьших квадратов (или его модификаций) формируется идентификатор параметров объекта и коэффициентов разложений.

Этап 4. Номинальные параметры в номинальном регуляторе заменяются на оценки, формируемые идентификатором.

Задачу синтеза системы управления теплицей целесообразно декомпозировать в зависимости от целей управления, представленных (1)–(3). Закон управления для решения задачи адаптивного управления:

– температурой воздуха в теплице представляется в виде:

$$u_v^* = \varphi_1^{-1} \left\{ \frac{\tau_v}{k_v} \left[\left(\frac{1}{\tau_v} - \lambda_4 \right) u_v - \lambda_4 \left((a_1 - \lambda_3) T_{in} + a_3 T_h + a_2 w_{in} - \right. \right. \right. \quad (7)$$

$$\left. \left. \left. - a_4 S_r + a_5 Q_f - a_6 T_{out} - a_7 T_s + a_8 + \lambda_3 T_{in_des} \right) \right] \right\},$$

$$T_h^* = \frac{\tau_h}{k_h} \left[\left(\frac{1}{\tau_h} - \lambda_2 \right) T_h + \right. \quad (8)$$

$$\left. + \frac{\lambda_2}{a_3} \left((a_1 - \lambda_1) T_{in} + a_2 w_{in} - a_4 S_r + a_5 Q_f - a_6 T_{out} - a_7 T_s + a_8 + \varphi_1(t) + \lambda_1 T_{in_des} \right) \right].$$

– влажностью воздуха в теплице:

$$u_v^* = \varphi_v^{-1} \left\{ \frac{\tau_v}{k_v} \left[\left(\frac{1}{\tau_v} - \lambda_8 \right) u_v + \right. \right. \quad (9)$$

$$\left. \left. + \frac{\lambda_8}{(w_{out} - w_{in}) A_g} \left(-\lambda_7 V_w w_{in} - Q_f - c_3 S_r - c_2 T_{in} - c_1 w_{in} - c_0 + \lambda_7 V_w w_{in_des} \right) \right] \right\},$$

$$Q_f^* = \frac{\tau_w}{k_w} \left[\left(\frac{1}{\tau_w} - \lambda_6 \right) Q_f + \right. \quad (10)$$

$$\left. + \lambda_6 \left(-A_g \varphi_v (w_{out} - w_{in}) - \lambda_5 V_w w_{in} - c_3 S_r - c_2 T_{in} - c_1 w_{in} - c_0 + \lambda_5 V_w w_{in_des} \right) \right],$$

где λ_5, λ_6 – положительные коэффициенты эталонных моделей.

– концентрацией оксида углерода в помещении:

$$u_v^* = \varphi_v^{-1} \left\{ \frac{\tau_c}{k_c} \left[\left(\frac{1}{\tau_c} - \lambda_{12} \right) u_v + \right. \right. \quad (11)$$

$$\left. \left. + \frac{\lambda_{12}}{(X_{out} - X_{in}) A_g} \left(V_T \varphi(S_r, T_{in}, X_{in}) + U_c - \lambda_{11} V_T X_{in} + \lambda_{11} V_T X_{in_des} \right) \right] \right\},$$

$$U_c^* = \frac{\tau_c}{k_c} \left[\left(\frac{1}{\tau_c} - \lambda_{10} \right) U_c + \right. \quad (12)$$

$$\left. + \lambda_{10} V_T \left(-\varphi(S_r, T_{in}, X_{in}) + A_g \varphi_v(t) (X_{in} - X_{out}) - \lambda_9 X_{in} + \lambda_9 V_T X_{in_des} \right) \right],$$

где λ_9, λ_{10} – положительные коэффициенты эталонных моделей.

Неизвестные параметры генерируются алгоритмом адаптации [4–6]:

$$\hat{\psi} = \gamma_2 \underset{\Psi}{Proj} \{ \varphi e \}, \quad (13)$$

где γ_1 – положительная константа (коэффициент адаптации); *Proj* – оператор проекции [4], который необходим для предотвращения деления на ноль в выражениях: (7), (9), (10); $\hat{\psi}$ – оценка неизвестных параметров; φ – вектор измеряемых функций; e – ошибка идентификации.

Для проверки работоспособности системы было проведено моделирование. Результаты моделирования системы управления теплицей приведены на рисунке.

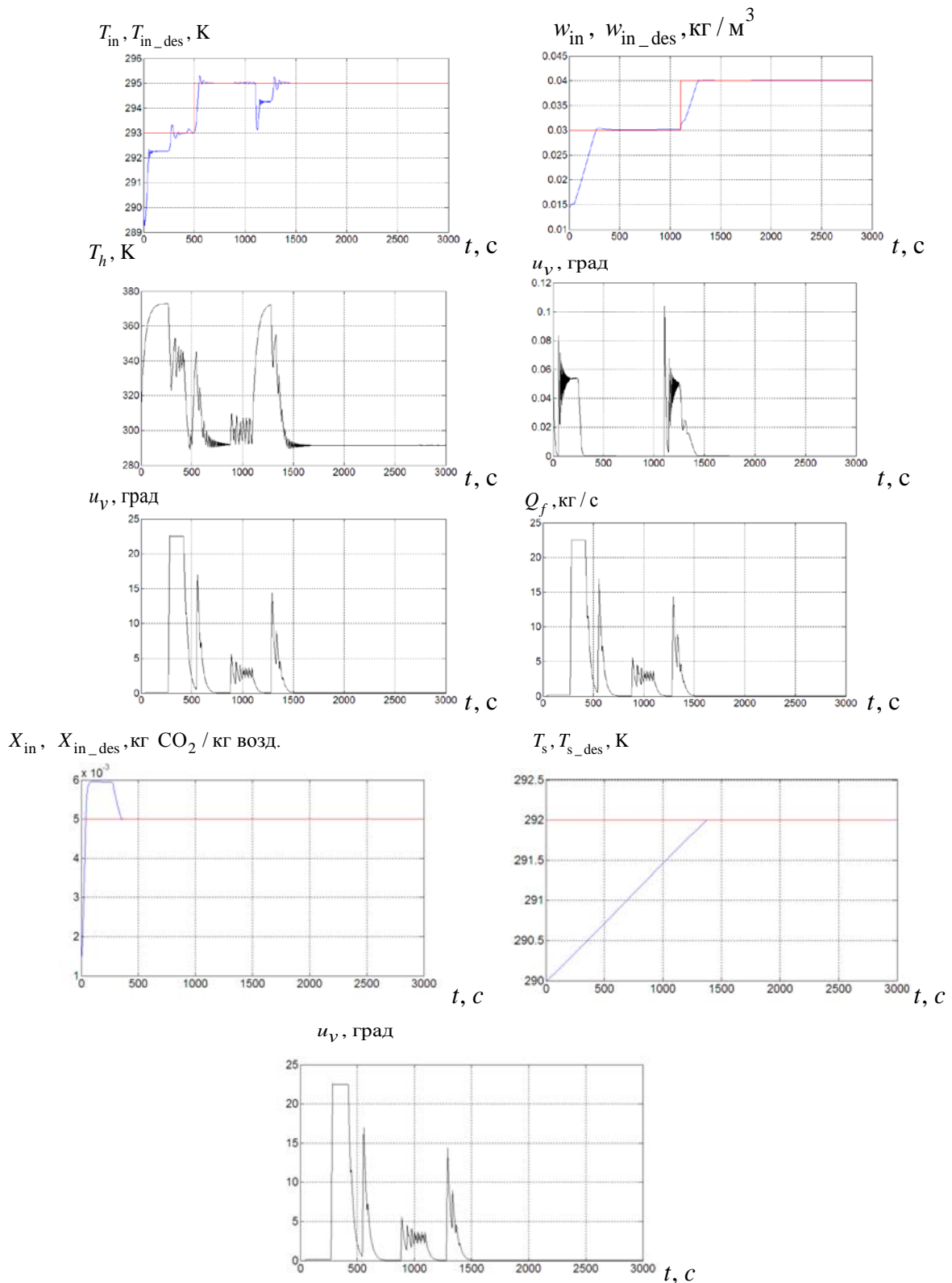


Рисунок. Результаты моделирования

Заключение

Таким образом, в работе решалась задача адаптивного управления температурой воздуха в теплице, влажностью воздуха в теплице, концентрацией оксида углерода в помещении. Была построена математическая модель теплицы. На основе этой модели был построен регулятор с использованием методов адаптивного и робастного

управления. По полученным результатам можно сказать, что закон управления, обеспечивает цель управления (1)–(3).

Литература

1. van Straten G., van Henten E.J. Optimal Greenhouse Cultivation Control: Survey and Perspectives // Dept. Agrotechnology and Food Science, Systems and Control. – 2010. – P. 18–33.
2. Мирошник И.В., Никифоров В.О., Фрадков А.Л. Нелинейное и адаптивное управление сложными динамическими системами. – СПб: Наука, 2000. – 549 с.
3. Григорьев В.В., Журавлева Н.В., Лукьянова Г.В. и др. Анализ систем автоматического управления методом модального управления. – СПб: СПб ГУИТМО, 2009. – 109 с.
4. Krstić M., Kanellakopoulos I., Kokotović P.V. Nonlinear and adaptive control design. – N.-Y.: John Willey and Sons, 1995. – 563 p.
5. Kreisselmeier G. Adaptive observers with exponential rate of convergence // IEEE Trans. on Automatic control. – 1977. – V. 22. – P. 2–8.
6. Mathelin de M., Lozano R. Robust adaptive identification of slowly time-varying parameters with bounded disturbances // Automatica. – 1999. – V. 35. – № 7. – P. 1291–1305.
7. Rodríguez F., Berenguel M., Arahál M.R. Feedforward controllers for greenhouse climate control based on physical models // Proc. of European Control Conference, ECC01, 2001, Porto, Portugal. – P. 2158–2163.
8. Blasco X., Martineza M., Herreroa J.M., Ramosa C., Sanchisa J. Model-based predictive control of greenhouse climate for reducing energy and water consumption // Computers and Electronics in Agriculture / Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam, The Netherlands, 2007. – P. 49–70.
9. Eredics P. Short-Term External Air Temperature Prediction for Intelligent Greenhouse by Mining Climatic Time Series // 6th IEEE International Symposium on Intelligent Signal Processing. – Budapest, Hungary, 2009. – P. 317–322.
10. Zhang L., Lemeur R. Effect of aerodynamic resistance on energy balance and Penman–Monteith estimates of evapotranspiration in greenhouse conditions // Agric. For. Meteorol. – 1992. – V. 58. – P. 209–228.
11. Voogt J., van Weel P. Climate control based on stomatal behavior in a semi-closed greenhouse system called «Aircokas» // Acta Horticulturae. – 2008. – V. 797. – P. 151–156.

ВЛИЯНИЕ ТРАНСГЛУТАМИНАЗЫ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УПАКОВОЧНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ЖЕЛАТИНА

А.Г. Шлейкин, И.С. Шаталов, А.С. Шаталова

В работе исследовано влияние микробной трансглутаминазы на механические свойства (разрывное усилие и удлинение при разрыве) желатиновых пленок. Установлено, что внесение в рецептуру образцов исследуемого материала препарата трансглутаминазы увеличивает их прочность. Одновременно выявлено снижение эластичности пленок, полученных из материала, модифицированного с помощью трансглутаминазы.

Ключевые слова: желатиновая пленка, трансглутаминаза, разрывное усилие, удлинение при разрыве.

Введение

В настоящее время остро стоит проблема переработки вторичного белок-содержащего сырья, образующегося при производстве пищевых продуктов. Это послужило предпосылкой к изучению применения малоценных белков путем включения их в состав биodeградируемых и съедобных упаковочных материалов для пищевых продуктов. Желатиновые пленки обладают высокими барьерными свойствами материалов по отношению к кислороду и другим газам, но уступают другим полимерным упаковочным материалам по механическим характеристикам. Для улучшения структурно-механических свойств белковых пленок используются различные способы, в том числе сшивка полимерных цепей белка. Внутри- и межмолекулярные сшивки белков осуществляются как химическими агентами, так и путем биокатализа.

Одним из перспективных подходов для модификации структуры белковых компонентов упаковочного материала может служить использование ферментных препаратов, среди которых особое место занимает трансглутаминаза (ТГ). ТГ (протеин-глутамин- γ -глутамилтрансфераза, (КФ 2.3.2.13), – распространенный в живой природе фермент, участвующий в жизненно важных биологических функциях [1]. ТГ катализирует реакции ацильного переноса между γ -карбоксамидной группой пептид-связанных остатков глутамина (ацильный донор) и различными первичными аминами, в том числе ϵ -аминогруппой остатков лизина (ацил-акцептор). Это сшивание может быть как внутри-, так и межмолекулярным, что в последнем случае приводит к увеличению молекулярной массы белковых молекул. Реакция протекает по схеме:



Получаемые в промышленных масштабах препараты микробной ТГ применяют в технологиях переработки молока, мяса и других видов пищевого сырья [2]. Имеются сведения об использовании препаратов ТГ в технологии производства пищевых пленок. В зависимости от используемого белка в составе пленок, а также наличия в них таких композитных материалов как, например, хитозан, катализ с участием ТГ приводил к различным изменениям свойств исследуемых образцов. Однако практически во всех случаях наблюдалось повышение барьерных и механических характеристик пленок, а также снижение их прозрачности. Так, в случае использования концентрата сывороточного белка, соевого изолята и их смесей в различных соотношениях, наблюдалось снижение проницаемости пленок как для кислорода, так и для водяного пара, однако удлинение образцов при разрыве в этих условиях увеличивалось [3]. Паропроницаемость модифицированного с помощью ТГ

материала в некоторых случаях снижалась при использовании смеси желатина и казеина [4]. Снижение паропроницаемости, а также уплотнение полимерной структуры наблюдались и при обработке препаратом ТГ пленок, созданных на основе казеината натрия [5]. При использовании рыбьего желатина было отмечено снижение прозрачности и растяжения при разрыве, а также увеличение прочности и барьерных свойств по отношению к кислороду, в то время как на проницаемости для водяного пара действие ТГ практически не сказалось [6].

В настоящей работе проведено исследование влияния ТГ на прочность и эластичность материала для изготовления пищевых пленок на основе желатина.

Материалы и методы

В экспериментах использовался коммерческий препарат микробной ТГ Activa EB с активностью 100 ЕД (Adjinomoto Co), глицерин (Тульская фармацевтическая фабрика), желатин свиной (ООО Нордена).

Состав пленок

В работе использован состав пленочного материала, содержащий желатин и глицерин. На предварительном этапе было апробировано несколько сочетаний компонентов, из которых впоследствии был отобран состав, который обеспечил наиболее высокие органолептические характеристики материала (прозрачность, прочность, эластичность). Фермент вносился в соответствии с технологическими рекомендациями компании – поставщика (1,075 ед/г белка). Поскольку белковые пленки обладают повышенной хрупкостью, для придания эластичности в их составы вносят пластификаторы, чаще всего полиолы. В настоящей работе в качестве такого пластификатора использовался глицерин. Состав исследуемого материала приведен в табл. 1.

Таблица 1. Состав исследуемого материала (в %)

Компонент	Опыт	Контроль
Желатин	4	4
Глицерин	2	2
ТГ, ед.	$4,3 \cdot 10^{-2}$	0
Вода	остальное	

Приготовление пленок

Желатин тщательно растворяется в воде при температуре 55–60°C. Далее в раствор вносят глицерин. Смесь тщательно перемешивается, после чего охлаждается до температуры 25°C. После этого в опытные образцы вносится препарат ТГ, смесь перемешивается и помещается в термостат на 30 мин при 37°C. Полученный раствор объемом 40 мл равномерно распределяется по поверхности, покрытой полиэтиленом, $S=17 \times 17$ см. Пленки сушатся при комнатной температуре и относительной влажности 50–60% в течение 18 ч.

Исследования механических характеристик

Перед испытанием проводились измерения толщины пленки не менее чем в 10 точках общей площади с точностью до 1 мкм.

Исследования механических характеристик пленок, а именно разрывного усилия

и удлинения при разрыве выполняли на разрывной машине ИР 5071- 01С (ООО «Точприбор-Сервис») в стандартных условиях:

- расстояние между зажимами 50 ± 1 мм;
- размер образцов: ширина 15 ± 1 мм, длина – 100–150 мм;
- скорость движения подвижного зажима относительно подвижного составила 250 мм/мин;
- предел измерения от 0 до 10 кг (100 Н);

Испытания проводились в сухом состоянии образца, разрывное усилие определялось в продольном направлении образца.

Разрывное усилие (Q_{\max}) и удлинения при разрыве (L_{\max}) рассчитывалось по следующим формулам:

$$Q_{\max} = \frac{F}{S},$$

где F – приложенная нагрузка; S – площадь сечения образца.

$$L_{\max} = \frac{l_{\text{к}} - l_{\text{н}}}{l_{\text{н}}},$$

где $l_{\text{н}}$ и $l_{\text{к}}$ – начальная и конечная длины образцов.

Результаты и их обсуждение

В ходе экспериментов были получены данные о разрывном усилии и удлинении при разрыве для пленок различных составов. Результаты измерения были сравнены, изменения механических характеристик в процентном соотношении приведены на рисунке.

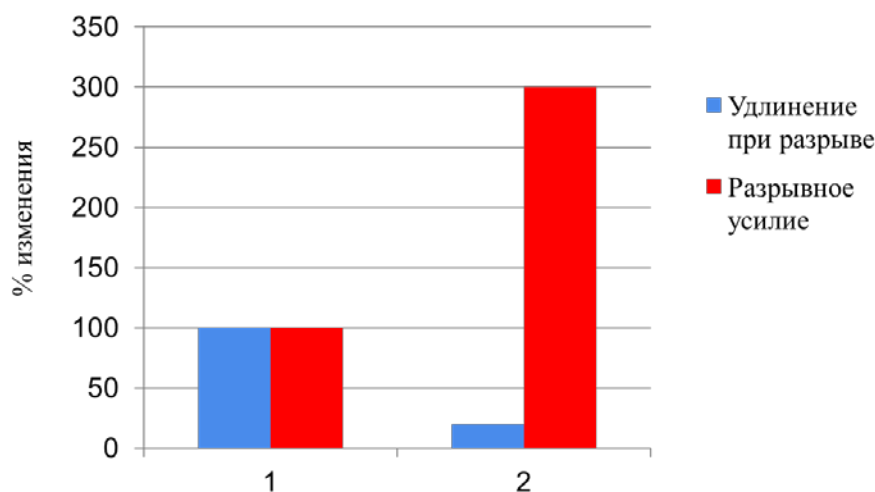


Рисунок. Изменение механических характеристик желатиновых пленок, вызванных применением ТГ: 1 – контрольный образец; 2 – образец с ТГ

Заметно увеличение разрывного усилия вместе со снижением эластичности, определяемого удлинением при разрыве во всех случаях применения фермента. На наш взгляд, данные изменения происходят как раз из-за образования сшивок между полимерными цепями белка, вследствие чего их подвижность относительно друг друга внутри полимерной сетки снижается, отсюда происходит падение эластичности и увеличение прочности.

Заключение

В работе изучено влияние препарата микробной ТГ на механические характеристики материала для упаковочных пищевых пленок на основе желатина. Показано, что в образцах, содержащих ТГ ($4,3 \cdot 10^{-2}$ ед.), увеличивается прочность пленок более чем в 3 раза, а растяжение снижается примерно в 7 раз. Таким образом, применение ТГ позволяет регулировать прочностно-эластические свойства белковых материалов на основе желатина с целью дальнейшего использования их в качестве биodeградируемых пищевых упаковочных пленок.

Литература

1. Шлейкин А.Г., Данилов Н.П. Эволюционно-биологические особенности транsgлутаминазы. Структура, физиологические функции, применение // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. – 2011. – Т. 47. – № 1. – С. 3–14.
2. Shleikin A.G., Krasnikova L.V., Danilov N.P. Substrate specificity of transglutaminase. Influence of transglutaminase on milk whey proteins cross-linking // In: Food technology operations. New Vistas. Monography / ed. W. Kopec, M. Korzeniowska, Wroclaw: – 2009. – 317 p.
3. Su G. et al. Formation of Edible Soybean Films // Food Technol. Biotechnol. – 2007. – V. 45. – № 4. – P. 381–388.
4. Chambi H., Grosso C. Edible films produced with gelatin and casein cross-linked with transglutaminase // J. Food Res. Int. – 2006. – V. 39. – № 4. – P. 458–466.
5. Bruno M. et al. Engineering Properties of Edible Transglutaminase Cross-Linked Caseinate-Based Films // Food and Biopr. Tech. – 2008. – V. 1. – № 4. – P. 393–404.
6. Yi J. B. et al. Influence of Transglutaminase-Induced Cross-Linking on Properties of Fish Gelatin Films // J. of Food Sci. – 2006. – V. 71. – № 9. – P. E376–E383.

СОДЕРЖАНИЕ

Алексашкина Е.И. Внутреннее предпринимательство как форма существования предприятий в конкурентной среде	3
Алёхин А.А. Оптико-электронный комплекс для технологической оценки минеральных объектов.....	8
Бараненко Д.А. Биотехнологическая модификация пищевого сырья и продукты для здорового питания на его основе	11
Попов И.Ю., Блинова И.В. Об управлении магнетосопротивлением с помощью светочувствительных макромолекул типа цепочки с изломом	17
Васильков С.Д. Методы повышения точности полимерных оптических изделий по технологии литья под давлением.....	20
Волкова Ю.Д. Кадровая политика в современных условиях.....	24
Гладских И.А. Эффект переключения сопротивления в гранулированных пленках серебра на поверхности сапфира	28
Гордеев М.Ю. Взаимодействие лазерного излучения с пространственно-периодическими электромагнитно индуцированными структурами в оптически тонкой среде.....	33
Дашкина М.С. Управление денежными средствами, как функция общего управления оборотными активами	40
Докукин В.Н. Анализ влияния свойств рабочего вещества на силовые факторы, действующие в винтовом маслозаполненном компрессоре	43
Ежова В.В. Разработка основ композиции и параметрического синтеза оптических систем современных приборов гражданского и специального назначения	48
Ежова К.В. Анализ влияния центрального экранирования входного зрачка на функцию передачи модуляции оптической системы	53
Ефимова С.В. Кинетика процесса выпекания тестовых изделий	57
Жуков М.В. Специализированные зонды с Pt/C нановискерами для сканирующей зондовой микроскопии	60
Иванов А.С. Лазерные и оптические свойства фото-термо-рефрактивных стекол активированных редкоземельными ионами.....	66
Кащенко Ю.С. Исследование ресурсной эффективности и экологического воздействия управления отходами на предприятия автомобильной отрасли	69
Комиссаренко Ф.Э. Манипулирование микро- и наночастицами с помощью сканирующего электронного микроскопа.....	73
Кочегарова Т.С. Экологический менеджмент в системе антикризисного управления.....	77
Кривошеев С.В. Управление моделью многозвенного манипулятора с помощью сигналов электрических токов, снятых с поверхности руки	81
Кузнецова Л.М. Технология получения белковых концентратов и аналогов кисломолочных продуктов из растительного сырья	85
Кузнецова О.В. Последовательный алгоритм размещения электронных компонентов	91
Кулачинская А.Ю. Реформа бюджетного сектора: проблемы перехода детских дошкольных образовательных учреждений в автономную форму.....	95
Курганова Е.В. Функционально-технологические свойства выпечного хлеба из пророщенного зерна	102
Лабковская Р.Я. Исследование статики и динамики чувствительных элементов герконов систем управления	106
Лапшов С.Н. О возможности контроля химических свойств зеленого щелока методом ультрафиолетовой спектроскопии в технологических потоках регенерации варочных растворов при производстве сульфатной целлюлозы	109
Манко В.В. Роль и значение физической культуры и спорта для экономики и общества	115

Негреев Д.И. Стратегии управления логистическим комплексом	121
Пархимович О.В., Галкин М.А., Князев В.С. Разработка портала открытых связанных данных Санкт-Петербурга	126
Пастухов А.С. Разработка системы контроля и автоматического поддержания параметров процесса охлаждения хлебобулочных изделий различного ассортимента. Структурно-параметрический анализ объекта управления	131
Перетягин В.С. Моделирование многокомпонентного цветного источника излучения.....	135
Подшивалов А.В., Зуев В.В. (Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики), Бронников С.В. (Институт высокомолекулярных соединений РАН). Кинетика окислительной полимеризации анилина. Определение кинетических параметров роста наноструктуры полианилина.....	139
Попов А.И. Исследование высокочастотного волнового пакета на поверхности жидкости	144
Посмитная Я.С. Исследование физических и химических методов обработки материалов микрофлюидных чипов для полимеразной цепной реакции.....	149
Правдин К.В. Явно решаемые модели в задачах о метаматериалах	156
Рыбаков В.В. Смысл и логика реверсивности	161
Савенко В.А. Разработка и исследование приемно-передающего модуля СВЧ на новых полупроводниковых структурах	166
Сергеев М.М. Кристаллизация на дефектах в объеме стекла марки Foturan™ при отжиге излучением CO ₂ -лазера	169
Сергеева А.С. Дискурсное поле виртуальных профессиональных сообществ	175
Силакова Л.В. Разработка системы учета и оценки волонтерской деятельности студентов вуза	180
Синев Д.А. Лазерное локальное окисление тонких металлических пленок	185
Старовойтова В.А. Оценка эколого-экономической эффективности жизненного цикла ветровой энергоустановки	189
Старовойтов А.А. Влияние взаимодействия молекул с окружением на наноконформационный состав слоев полиметинового красителя.....	197
Торопов Н.А., Гладских И.А. Гибридные структуры на основе органических молекул и металлических наночастиц. Эмпирическое исследование фотонных свойств	202
Удалова Д.В. Анализ затрат правового характера в логистической системе предприятия	208
Денисултанов А.Х., Ходзицкий М.К. Анализ зонной структуры фотонного кристалла с кратными оптическими длинами слоев для терагерцового диапазона частот	213
Цуканова О.А. Основные тенденции и направления развития рынка рекламы за период 2011–2014 гг.	220
Чивилихин Д.С. Эволюционные стратегии с адаптивным параметром на основе свойств ландшафта функции приспособленности.....	224
Чичина Т.В. Разработка белковой добавки на основе остаточных пивных дрожжей	229
Щеглов К.А. Разработка требований к корректной реализации разграничительной политики доступа к ресурсам в современных условиях	235
Трифанов А.И. Оценка влияния неидеальности детектора на характеристики условных квантовых логических операций	241
Смирнов П.А. Распределенное планирование процесса исполнения композитных приложений в иерархических облачных средах.....	245
Лызлова М.В. Адаптивное и робастное управление микроклиматом теплицы	249
Шлейкин А.Г., Шаталов И.С., Шаталова А.С. Влияние транслутаминазы на механические характеристики упаковочного материала на основе желатина	258

**НАУЧНЫЕ РАБОТЫ
УЧАСТНИКОВ КОНКУРСА
«МОЛОДЫЕ УЧЕНЫЕ НИУ ИТМО»
2013 ГОДА**

В авторской редакции
Редакционно-издательский отдел НИУ ИТМО
Зав. РИО
Лицензия ИД № 00408 от 05.11.99
Подписано к печати 01.04.14
Заказ № 3116
Тираж 100 экз.
Отпечатано на ризографе

Н.Ф. Гусарова