

СБОРНИК ТЕЗИСОВ



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
И ВЫСТАВКА ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ
СИБИРСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА





Министерство образования и науки
Российской Федерации
Кемеровский технологический институт
пищевой промышленности
Общество с ограниченной ответственностью
«МКС»

Тезисы докладов
научно-технической конференции



***РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИКЛАДНЫХ НАУЧНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ
РАЗРАБОТОК, ВЫПОЛНЕННЫХ ВУЗАМИ И
НАУЧНЫМИ ОРГАНИЗАЦИЯМИ СИБИРСКОГО
ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА В РАМКАХ УЧАСТИЯ
В РЕАЛИЗАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНЫХ ЦЕЛЕВЫХ
ПРОГРАММ И ВНЕПРОГРАММНЫХ
МЕРОПРИЯТИЙ В 2014 ГОДУ***

*в рамках Федеральной целевой программы
«Исследования и разработки по приоритетным
направлениям развития научно-технологического
комплекса России на 2014-2020 годы»*

Кемерово 2014

УДК 001.8+378

ББК 72+74.58

Р 31

Под общей редакцией

доктора технических наук, профессора Т.А. Красновой

Р 31 Реализация прикладных научных исследований и экспериментальных разработок, выполненных вузами и научными организациями Сибирского федерального округа в рамках участия в реализации федеральных целевых программ и внепрограммных мероприятий в 2014 году: тезисы докладов научно-технической конференции / под общей ред. Т.А. Красновой; ФГБОУ ВПО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности». – Кемерово, 2014. – 230 с.

ISBN 978-5-89289-706-8

Материалы изданы в авторской редакции на русском языке. В сборник вошли результаты научных работ по заявленной тематике.

Мнение редколлегии и организационного комитета научно-технической конференции может не совпадать с мнением авторов статей, опубликованных в сборнике тезисов докладов.

Научно-техническая конференция проводится в рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы», государственный контракт № 03.597.11.0020.

УДК 001.8+378

ББК 72+74.58

ISBN 978-5-89289-706-8

© Кемеровский технологический институт
пищевой промышленности, 2014

УДК 621.311

**РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ
ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ
ДИСПЕТЧЕРСКИМ ПЕРСОНАЛОМ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

*Ю.С. Боровиков, А.О. Сулайманов,
А.С. Гусев, М.В. Андреев*

Национальный исследовательский Томский
политехнический университет, г. Томск

Целью данных прикладных научных исследований (ПНИ) являлась разработка комплекса научно-технических решений в области создания информационно-телекоммуникационных систем поддержки принятия решения диспетчерским персоналом электроэнергетических систем для обеспечения их надежной и эффективной работы. В рамках выполнения ПНИ должны быть получены следующие научно-технические результаты:

1. Принципы построения ИТС ППР ДПЭС.
2. Экспериментальный образец ИТС ППР ДПЭС.
3. Алгоритм возможных действий диспетчерского персонала в различных режимных ситуациях в ЭЭС.
4. Рекомендации по эффективному использованию диспетчерским персоналом ИТС ППР ДПЭС для выработки наиболее оптимальных решений в области управления режимами ЭЭС.
5. Технические требования и предложения по разработке, производству и эксплуатации продукции с учетом технологических возможностей и особенностей

индустриального партнера - организации реального сектора экономики;

6. Сформулированные технические требования в виде проекта технического задания на проведение ОКР по теме: «Информационно-телекоммуникационная система поддержки принятия решения диспетчерским персоналом электроэнергетических систем».

В рамках этапа 1 по данному проекту проведен аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей научно-техническую проблему, исследуемую в рамках ПНИ, в том числе обзор научных информационных источников: статьи в ведущих зарубежных и (или) российских научных журналах, монографии и (или) патенты) за период 2009 – 2014 гг. В результате данного обзора среди множества российских и зарубежных исследований в области разработки систем поддержки принятия решения электротехническим персоналом ЭЭС к наиболее известным относятся: Intelligentdecisionsupportsystemforpowersystem [1, 2], BlackStartDecisionSupportingSystemforIsolatedPowerSystems [3], режимный тренажер диспетчера Финист [4], информационная система поддержки принятия решения при управлении региональными энергосистемами [5] и др. Также на данном этапе выполнены патентные исследования в соответствии с ГОСТ Р 15.011-96.

Другой важной задачей, базирующейся на результатах литературного обзора, в рамках этапа 1 было проведение сравнительной оценки эффективности возможных направлений исследований, а также разработка вариантов возможных решений задач, выбор и обоснование оптимального варианта решения задачи.

Что касается индустриального партнера (ИП), то на

данном этапе ПНИ в его задачи входило проведение маркетинговых исследований.

Результаты, полученные на этапе 1, полностью соответствуют требованиям технического задания и являются основой для разработки принципов построения ИТС ППР ДПЭС, создания экспериментального образца ИТС ППР ДПЭС и его полноценных всесторонних экспериментальных исследований.

Список литературы

1. ZhuangzhiLiu,DongxiaoNiu, Xusheng Yang, Wanxing Sheng. Research on intelligent decision support system for power system, Information and Automation, 2009. ICIA '09. International Conference on.
2. Guan F.H., Zhao D.M., Zhang X., Shan B.T., Liu Z. Study on the Intelligent Decision Support System for Power Grid Dispatching, Sustainable Power Generation and Supply, 2009. SUPERGEN '09. International Conference on.
3. Yi-Ting Chou, Chih-Wen Liu, Yi-Jen Wang, Chin-Chung Wu, Chao-Chi Lin. Development of a Black Start Decision Supporting System for Isolated Power Systems, Power Systems, IEEE Transactions on (Volume:28 , Issue: 3).
4. Режимный тренажер диспетчера Финист, (<http://www.monitel.ru/download/Finist.pdf>).
5. Терелянский, П.В. Системы поддержки принятия решений. Опыт проектирования: монография / П.В. Терелянский; ВолГТУ. – Волгоград, 2009. – 127 с.

УДК 004.056

**СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО
КОМПЛЕКСА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ
СТЕГАНОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИЕЙ
ДЛЯ МУЛЬТИМЕДИА ПОТОКОВ В
ЦИФРОВОМ ТЕЛЕВИДЕНИИ**

Р.В. Мещеряков, А.Л. Шум, О.О. Евсютин

Томский государственный университет систем
управления и радиоэлектроники, г. Томск

Целью выполнения прикладных научных исследований и экспериментальных разработок по представленной теме является исследование и разработка научно-технических решений, направленных на построение информационной системы управления стеганографической информацией, передаваемой по открытым интернет-сетям в потоках интернет-вещания, обеспечивающей свойства конфиденциальности, целостности и доступности, возможность подтверждения авторства, неотказуемость, а также робастность схем встраивания сообщений в мультимедиа-контент.

По итогам выполнения проекта планируется получить следующие научные и научно-технические результаты:

1. база данных стеганографических сигнатур;
2. новые подходы к использованию цифровых объектов в качестве носителей стегоконтейнеров;
3. метод внедрения информации в мультимедиа-контент;
4. метод извлечения информации из мультимедиа-контента;

5. метод определения наличия встроенной информации в мультимедиа-контенте;

6. метод определения наличия цифровых водяных знаков в мультимедиа-контенте.

7. архитектура информационной системы управления стеганографической информацией.

8. экспериментальный образец информационной системы управления стеганографической информацией.

Актуальность проекта обусловлена тем, что рост объемов мультимедиа-данных, передаваемых по открытым интернет-сетям, дает хорошие возможности для организации скрытых каналов передачи информации ограниченного распространения. Это требует создания комплекса, управляющего процессами генерации, встраивания, передачи и извлечения информации.

Разрабатываемый комплекс применим в качестве элемента информационно-телекоммуникационных систем, предназначенных для решения следующих практических задач:

- скрытая передача в телемедицинских системах документов, защищаемых врачебной тайной;
- защита авторских прав на цифровой контент в публичных сетях.

С помощью данного комплекса можно будет противодействовать утечке конфиденциальной информации по инсайдерским каналам. Значительная часть инсайдерских инцидентов осуществляется с помощью стеганографических методов, когда конфиденциальная информация выносится за пределы организации путем ее скрытого внедрения в цифровой контент с невинным содержанием. Анализ такого контента на предмет наличия скрытых данных позволит выявлять и пресекать подобные факты.

Целью первого этапа исследований является определение оптимального варианта направления исследований на основе анализа состояния исследуемой проблемы.

Для достижения цели решены следующие задачи:

1. проведен аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей научно-техническую проблему, исследуемую в рамках ПНИЭР;

2. проведены патентные исследования по тематике проекта.

В результате определено, что разрабатываемые методы встраивания информации в мультимедиа-контент и извлечения информации из мультимедиа-контента должны быть построены на основе классических методов, их комбинаций и вновь предложенных подходов к построению стегаcontainers на основе информационных последовательностей мультимедиаданных. В свою очередь, метод определения наличия встроенной информации в мультимедиа-контенте, являющийся методом стегаанализа, должен быть гибридным и сочетать в себе аппарат математической статистики и вычислительного интеллекта.

Разработке и исследованию данных методов будет посвящен второй этап выполнения проекта и макетирования технологии.

УДК 004.896

**РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ САМОКОНФИГУРИРУЕМЫЕ
МНОГОАГЕНТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМИ
ИНФОРМАЦИОННЫМИ СЕТЯМИ**

Е.С. Семенкин, Е.А. Сопов, И.А. Панфилов
Сибирский государственный аэрокосмический
университет имени академика М.Ф. Решетнева,
г. Красноярск

Одна из существенных проблем современного Интернет связана с тем, что представленная в www информация не поддается прямой автоматизированной компьютерной обработке (по оценкам специалистов порядка 50-60% всех информационных ресурсов). Как следствие, задачи, решаемые в web, решаются не эффективно.

В частности, существует проблема эффективного информационного поиска. Несмотря на мощные алгоритмы оценки релевантности ответов на запросы пользователя, эффективность поисковых машин остается невысокой. Во-первых, это связано с недостаточной гибкостью самих поисковых машин. Во-вторых, эффективность поисковых машин снижается с развитием SEO-технологий. Сегодня порядка 90% всех информационных ресурсов в www содержат SEO-контент, написанный специально для поисковых машин, но не для конечных пользователей. С помощью SEO можно манипулировать результатами поиска за счет использования «бесполезного». Поисковые машины не имеют достаточных интеллектуальных способностей для

оценки релевантности контента потребностям пользователя, а потому поисковые результаты могут быть сколь угодно не эффективными. В свою очередь, пользователь, перемещаясь по нерелевантным ресурсам, формирует свой информационный профиль, который будет неадекватным, т.е. не отражающим его реальные потребности, тематические интересы, компетенции. Неадекватный профиль приводит к еще более искаженному поиску и т.д.

Одно из наиболее перспективных направлений решения проблемы – реализация концепции семантического взба и интеллектуализация поисковых машин, что обеспечит структурирование семантики контента в удобном для машинной обработки представлении. Современные web технологии позволяют осуществлять сбор определенных данных о пользователе, его активности в сети и составлять его информационный портрет (социально-демографические характеристики, интересы, профиль, круг общения). В частности, своими действиями в сети пользователь генерирует и обратную связь для анализа контента (например, релевантности) – время, проведенное на ресурсе (части ресурса), переходы и возвраты на ресурсы, создание и изменение связей в социальных сетях и прочее. Подобная информация является служебной, хранится в логах серверов. Эта информация содержит неявные сведения не только о пользователе, но и о ресурсах, поскольку релевантные профилю пользователя ресурсы, вероятнее всего, используются чаще и дольше, с ними совершаются определённые действия. Анализ этой информации позволит более адекватно оценивать релевантность в поисковых машинах, формировать тематические кластеры (семантические структуры), формировать профили и компетенции пользователей и т.д.

Целью данного проекта является исследование и разработка комплекса научно-технических решений, направленных на создание распределенной самоконфигурируемой многоагентной технологии проектирования и управления интеллектуальными информационными сетями для повышения эффективности и обоснованности решения задач обеспечения информационных потребностей пользователей глобальной сети Интернет.

Для достижения обозначенной цели проекта необходимо решить следующие задачи:

1. Формирование концепции проектирования интеллектуальных информационных сетей, обеспечивающих анализ и решение задач обеспечения информационных потребностей пользователей глобальной сети путем сопоставления имеющихся семантических web-структур (онтология информационного ресурса, информационный профиль пользователя) и реальных потребностей пользователя, проявляющихся в его активности.

2. Формализация и решение проблемы неконтактной оценки и анализа релевантности результатов поиска в web с применением технологии webusagemining (интеллектуальный анализ использования web-ресурсов). Традиционный подход использует данные логов web-серверов для формирования предпочтений пользователя путем анализа маршрутов его движения по информационным ресурсам. В данной работе будет использован более глубокий анализ доступной информации о переходах, возвратах, видах и протяженности активности на информационных ресурсах для оценки релевантности поисковых запросов пользователя и соответствия его информационному профилю (например, если пользователь более активен на данном ресурсе, то вероятно тема интересна пользователю,

хотя и не соответствует его текущему профилю, а результат поиска соответствует запросу).

3. Создание алгоритмического обеспечения автоматизированного проектирования и управления интеллектуальными информационными сетями на базе распределенных самоконфигурируемых многоагентных технологий. Концепция интеллектуальных информационных сетей ориентирована на повышение эффективности работы с плохо формализуемыми задачами и адаптацию к информационным потребностям пользователя. Для этого используемые модели и методы решения конкретных задач должны формироваться в процессе постановки и решения задачи, а не указываться априори в структуре сервера. Более того, специфика WWW подразумевает физическую и логическую распределенность работы с информацией, что в итоге приводит к проблеме слияния существенно гетерогенных данных (datafusion). Использование самоконфигурируемых многоагентных интеллектуальных технологий позволит формировать решения «на лету» под конкретные информационные запросы пользователя, а использование многоагентного подхода обеспечит сбор и анализ необходимых данных на месте их появления с последующим слиянием в общую модель.

4. Создание алгоритмического обеспечения для автоматизированной генерации моделей и алгоритмов решения задач различных классов в зависимости от конкретных информационных потребностей пользователей.

Информационные потребности пользователя зачастую являются уникальными и могут приводить к различным формальным постановкам задач, которые могут решаться в различной информационной среде, использовать различные данные (форматы, размерность) и т.д.

Следовательно, требуется проектирование эффективных интеллектуальных информационных технологий анализа данных «под задачу». Спроектированная технология, в свою очередь, должна иметь возможность самонастраиваться в процессе решения задачи.

В данной работе задачи проектирования и настройки интеллектуальных информационных технологий рассматриваются как оптимизационные, а для решения будут применяться самоконфигурируемые бионические алгоритмы. Для повышения логической надежности решения задачи будут использоваться коллективы моделей и алгоритмов. В свою очередь, алгоритм согласования индивидуальных решений в коллективе будет также проектировать каждый раз «под задачу», поскольку традиционные алгоритмы голосования и усреднения малоэффективны в условиях анализа плохоструктурированной, гетерогенной информации.

Области применения, способы использования результатов:

- Проектирование и организация крупных информационных ресурсов.

- Разработка программного обеспечения, ориентированного на работу с информацией и пользователями интернет.

- Информационная безопасность.

- Разработка поисковых машин.

- Оптимизация и продвижение web-ресурсов.

- Социальные сети, в которых осуществляется поиск пользователей с целевым профилем (при отсутствии явной информации о пользователе).

- Возможные потребители ожидаемых результатов:

- Организации, осуществляющие проектирование и организацию крупных информационных ресурсов.

- Разработчики программного обеспечения, ориентированного на работу с информацией и пользователями Интернет.
- Специалисты в области информационной безопасности, которым необходим глубокий анализ тематической активности в Интернет.
- Разработчики поисковых машин.
- Разработчики и владельцы социальных сетей, в которых осуществляется поиск пользователей с целевым профилем (при отсутствии явной информации о пользователе).
- CR-менеджеры, маркетологи - специалисты, занимающиеся формированием целевых групп клиентов, выявлением их потребностей.

В ходе реализации проекта запланировано несколько международных научных мероприятий, иностранные партнеры выражают крайнюю заинтересованность проводимыми работами. Планируется реализация совместных проектов с использованием результатов проекта.

На первом этапе проекта получены следующие результаты: проведен аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы, а также патентные исследования. Данные исследования показали, с одной стороны, высокую заинтересованность научного сообщества в данной проблеме, а с другой стороны, отсутствие комплексного решения по данному вопросу.

Проведено исследование современного состояния способов и подходов к проектированию интеллектуальных информационных сетей. Дана оценка слабых и сильных сторон отдельных подходов.

Проведено исследование предпочтений пользователя на основе оценки неконфликтной информации, извлекаемой из данных об активности пользователя. Проведен анализ подходов по построению моделей пользователей.

Сформулирована концепция проектирования интеллектуальных информационных сетей. В данном проекте проектирование интеллектуальных информационных сетей будет осуществляться распределенными самоконфигурируемыми многоагентными технологиями, способными строить модели данных об активности пользователя и системы управления интеллектуальными сетями в автоматизированном режиме под конкретные данные и задачу.

Опубликованы статьи в журналах, индексируемых в базе SCOPUS [1, 2].

Разработан бизнес-план, включающий сквозной сетевой график выполнения проекта в целом и план мероприятий по обеспечению качества выполнения ПНИ.

Проведен маркетинговый анализ рынка, обзор конкурентных решений, сбор функциональных и других требований к разрабатываемой технологии.

Проведена международная конференция, на которой обсуждались текущие результаты проекта (3rd International Workshop on Mathematical Models and its Applications, Красноярск, 20-21 ноября 2014).

Список литературы

1. Akhmedova, S.A., Semenkin, E.S., Sergienko, R.B. Automatically generated classifiers for opinion mining with different term weighting schemes // Informatics in Control, Automation and Robotics, ICINCO 2014. - Volume 2.-2014. –P. 845-850.

2. Sopov, E.A, Ivanov, I.A. Design efficient technologies for context image analysis in dialog HCI using self-configuring novelty search genetic algorithm // Informatics in Control, Automation and Robotics, ICINCO 2014. - Volume 2. – 2014. – P. 832-839.

УДК 004.9

**РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ И ПРОГРАММНЫХ
РЕШЕНИЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В
ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ
«ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО» МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

*А.И. Кочегуров, А.В. Марчуков,
А.О. Савельев, А.Ю. Черкашин*

Национальный исследовательский Томский
политехнический университет, г. Томск

В настоящее время появилась и активно развивается концепция «интеллектуального» месторождения, которая предполагает создание высокоэффективных систем мониторинга, управления разработкой, и передачи данных, учитывающих структурные особенности нефтяных и газовых месторождений и обеспечивающих значительное повышение уровня добычи нефти и газа, а также сокращающих производственные издержки. Вместе с тем проведенный анализ существующих программных комплексов и систем управления разработкой свидетельствует о том, что они пока не ориентированы на интегрирование в единую технологическую цепочку.

Целью настоящей работы является унификация технического взаимодействия отечественных кустовых контроллеров управления нефтегазодобычей, а также станций управления бурением, совместно с инфраструктурой «интеллектуального» месторождения, на основе стандарта PRODML (языка разметки по передаче данных о состоянии нефтедобычи) и стандарта WITSML (языка разметки по передаче скважинных данных).

Ключевые слова: «интеллектуальное» месторождение, передача данных о состоянии нефтедобычи, технические и программные решения, отечественные кустовые контроллеры.

Цифровое месторождение будущего. iFields. eFields. Умные поля. Все эти имена направлены на использование аппаратуры и программного обеспечения для оптимизации операций во всех областях для разведки и добычи нефти и газа (E & P). Для достижения этой цели, все эти технологии должны работать вместе, но часто не из-за несовместимости структур данных и конструкций не имеют такой возможности. Какие проблемы в этом направлении решает WITSML стандарт. Во-первых, сделать интеграцию этих технологий возможной, что позволит оптимизировать производственный процесс почти в режиме реального времени и продемонстрировать преимущества реализации цифрового месторождения. Во-вторых - это недорогая, с низким уровнем риска, и очень инновационная среда для конфигурации и эксплуатации передовых процессов оптимизации.

Таким образом разработка технических и программных решений передачи данных в информационной инфраструктуре «интеллектуального» месторождения, в том числе по унификации технического взаимодействия отечественных кустовых контроллеров управления нефтегазодобычей, а также станций управления бурением, совместно с инфраструктурой «интеллектуального» месторождения, на основе стандарта WITSML позволит осуществить:

1. стандартизацию форматов передачи данных между компонентами «интеллектуального» месторождения;
2. повышение эффективности принимаемых управленческих решений при разработке месторождений;

3. снижение производственных рисков при нефтегазодобыче;

4. создание импортозамещающего сертифицированного отечественного программного продукта, обеспечивающего сохранность стратегических корпоративных данных.

На рисунке 1 представлена предложенная нами схема стенда для тестирования разрабатываемого сервера WITSML 1.4.1. В общем случае, применение стандарта WITSML делает возможным интегрировать в единую технологическую цепочку все станции ГТИ, системы скважинного исследования MWD/LWD, установки для цементирования скважин, системы контроля за бурением и системы по исследованию геофизических свойств скважин, включая программное обеспечение ведущих вендоров по моделированию и глубокому анализу на международном и национальном уровне.

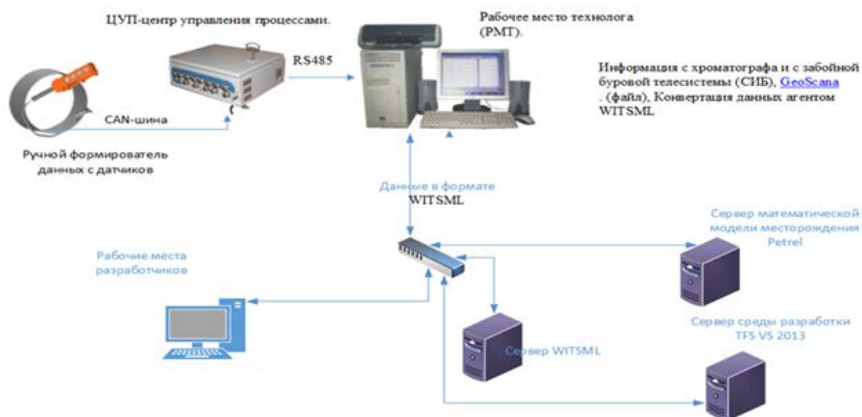


Рис. 1. Схема стенда для тестирования разрабатываемого сервера WITSML

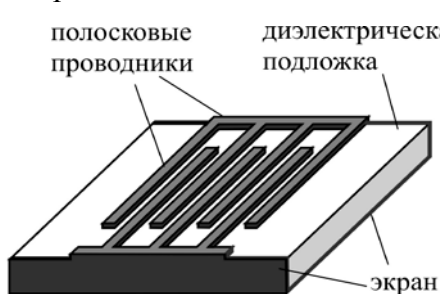
УДК 621.372.543.2

МИНИАТЮРНЫЕ ПОЛОСНО-ПРОПУСКАЮЩИЕ ФИЛЬТРЫ ДЛЯ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ С ПОДАВЛЕНИЕМ В ПОЛОСАХ ЗАГРАЖДЕНИЯ БОЛЕЕ 100 ДБ

А.А. Лексиков

Институт физики имени Л.В. Киренского, г. Красноярск

Одним из путей улучшения качества работы спутниковых систем радиосвязи является повышение селективности применяемых в них фильтров. В частности, это достигается расширением полос заграждения амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) и увеличением подавления в них. При этом желательно, чтобы фильтры были как можно меньших размеров – часто именно ими во многом определяются размеры и масса аппаратуры. Широко распространенные в настоящее время традиционные конструкции микрополосковых фильтров на подложках с высокой диэлектрической проницаемостью во многом удовлетворяют этим требованиям, однако они имеют слишком большие габариты в дециметровом и особенно в метровом диапазоне длин волн. Решение этой проблемы лежит в применении многопроводных полосковых, микрополосковых и коаксиальных резонаторов в



конструкциях фильтров. На рис. 1 и 2 приведены конструкции таких резонаторов. Первый из них, микрополосковый, представляет собой встречно-штыревую структуру, выполненную на

Рис. 1.

подложке с высокой диэлектрической проницаемостью $\epsilon=80$. Общие полосковые проводники, соединяющие «штыри», замкнуты на экран по всей своей длине.

На рис. 2 слева показана в сечении конструкция полоскового резонатора на подвешенной подложке. Он состоит из корпуса, в котором подвешена многослойная (в данном случае двухслойная) подложка, на которой располагаются друг над другом полосковые проводники, короткозамкнутые на противоположных стенках корпуса одним концом. На этом же рисунке справа также в сечении изображена конструкция коаксиального резонатора, который состоит из корпуса, в котором два коаксиальных цилиндрических проводника, разделенных диэлектрической трубкой, короткозамкнуты одним концом на противоположных стенках корпуса.

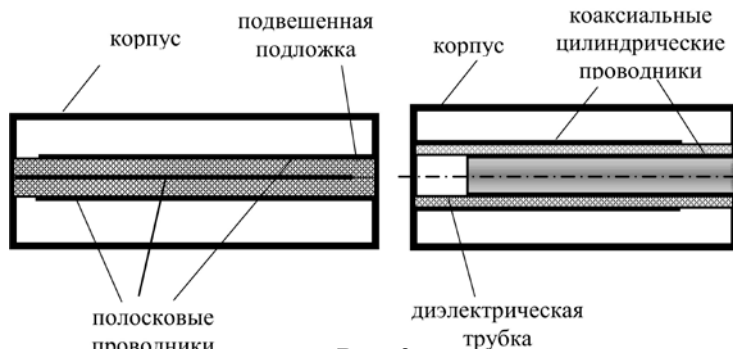


Рис. 2.

Все эти резонаторы характеризуются тем, что каждый из короткозамкнутых проводников, образующих их (т.е. «штырь», отдельный полосковый или цилиндрический проводник), сами фактически являются четвертьволновыми резонаторами, нижайшая резонансная мода которых вследствие сильного взаимодействия существенно понижается по частоте, и она используется для

формирования полосы пропускания в фильтре. Благодаря таким особенностям конструкции приведенных резонаторов достигается высокая степень их миниатюрности, а, значит, и фильтров на их основе. Так, например, длина резонатора на встречно-штыревой структуре (Рис. 1) составляет всего $0.01\lambda_0$, т.е. длины волны в свободном пространстве. Кроме того, такие конструкции резонаторов отличаются более высокой собственной добротностью, а фильтры на их основе имеют меньшие вносимые потери при прочих равных условиях. Кроме того, благодаря особенностям конструкции резонаторов в фильтрах на их основе взаимодействие на частотах высших мод ослаблено, что приводит к формированию на АЧХ фильтра широкой высокочастотной полосы заграждения с высоким уровнем подавления помехи в ней.

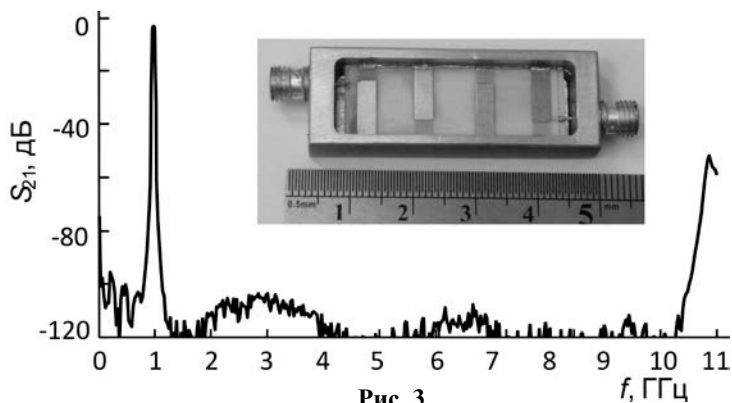


Рис. 3.

На рис. 3 для примера приведена фотография фильтра на основе многопроводного полоскового резонатора на двухслойной подвешенной подложке и его АЧХ. Фильтр выполнен на подложке из поликора ($\epsilon=9.8$) толщиной 0.5 мм. Видно, что высокочастотная полоса заграждения у него по уровню -100 дБ простирается до $10.5f_0$.

УДК 004.056

**РАЗРАБОТКА ПРОТОКОЛА БЕЗОПАСНОГО
ОБМЕНА ДАННЫМИ В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ
ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ
СИСТЕМЕ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗАЩИТЫ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВИЖУЩЕЙСЯ ЦЕЛИ**

Е.С. Семенкин, М.А. Стюгин, В.В. Золотарев

Сибирский государственный аэрокосмический университет
имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск

Проект «Разработка протокола безопасного обмена данными в распределенной информационно-вычислительной системе на основе технологии защиты с использованием движущейся цели» выполняется в рамках соглашения Минобрнауки России №14.574.21.0126.

Проблема современных систем безопасности в том, что сложность современного программного обеспечения не позволяет на этапе его разработки устранить все возможные уязвимости. На конференции по безопасности ICiW 2013 было рассмотрено исследование, в котором утверждалось, что сложность успешно реализованных атак на компьютерные системы обратно пропорционально растущей сложности этих систем, что было названо "Парадоксом Адамы и Евы". Данные проблемы требуют принципиально новых подходов к построению систем безопасности, так как традиционные подходы, увеличивая сложность систем, только создают новые уязвимости. Один из таких подходов был найден - это замена статических систем динамическими, в результате чего потенциальный злоумышленник не может получить окончательную и актуальную информацию, позволяющую реализовать уязвимости системы. Данный подход был назван - защита на основе движущейся цели, MovingTargetDefense (MTD). Он показал столь высокую эффективность, что последние два года исследованиями в

этом направлении занялись научные коллективы более чем в 15 странах мира (по данным найденных публикаций). За последние три года исследования в этом направлении были поддержаны Агентством по перспективным оборонным научно-исследовательским разработкам США DARPA, DefenceScienceandTechnologyLaboratory в Великобритании, DefenceResearchandDevelopmentOrganisation в Индии и пр. Существующий тренд исследований свидетельствует о том, что MTD может стать одной из основных парадигм построения систем информационной безопасности в ближайшем будущем.

Разработки научного коллектива по тематике исследования начались как независимые в 2009 году. Первоначальная терминология была обозначена как "защита систем от исследования". Как выяснилось в дальнейшем она полностью соответствует сути разработок, ведущихся в зарубежных странах под термином MovingTargetDefense (MTD). За это время были разработаны: модели представления информации по технологии исследуемой системы, основные методы защиты от исследования систем, базовые технологии идентификации и аутентификации на основе MTD, системы анализа и обфускации кода по технологии MTD. Некоторые прикладные направления данной работы были поддержаны региональными и федеральными фондами. Проект по защите веб-сервисов по технологии MTD "ReflexionWeb" стал резидентом Инновационного центра Сколково.

Объектом исследования является протокол безопасного обмена данными в распределенной информационно-вычислительной системе.

Цель работы - разработка комплекса научно-технических решений позволяющего организовать безопасный обмен данными в распределенной информационно-вычислительной системе на основе технологии защиты с использованием движущейся цели для повышения уровня защищенности от несанкционированного доступа.

На первом этапе осуществления проекта проведено патентное исследование по теме НИР и анализ научно-технической литературы. Результаты показывают отсутствие существующих решений по теме НИР среди запатентованных решений. Анализ публикаций показал заинтересованность многих ученых, зарубежных исследовательских институтов и фондов в разработке данного направления, однако существующий уровень развития теории и практических разработок не позволяет решить все поставленные в НИР задачи.

Для решения поставленной в НИР задачи необходимо разработать модель защиты от исследования отдельно выделенных модулей по методу черного ящика и модель защиты от исследования на основе анализа информационных потоков между программными модулями. Также необходима их реализация в виде алгоритмов и программных решений. В рамках выполнения данного этапа выполнены сбор и анализ информации о существующих методах построения систем ИБ, применяемых для РВС. Определена проблема высокого остаточного риска, связанного со сложностью современных систем РВС и программного обеспечения.

Разработана модель защиты от исследования на основе метода черного ящика, которая позволила формализовать существующие у злоумышленника информационные ограничения на этапе рекогносцировки. Данная модель позволяет определить информацию, необходимую злоумышленнику для получения информативной обратной связи на этапе рекогносцировки; определить информационные ограничения, которые не дадут злоумышленнику решить задачу исследования за приемлемое время; определить условия построения информационно-вычислительных систем, в которых злоумышленник не сможет сформулировать задачу исследования.

Разработана математическая модель защиты от исследования на основе теории графов, которая позволяет определить устойчивость структуры информированности

злоумышленника на этапе рекогносцировки в зависимости от того к каким информационным потокам в системе он имеет доступ. Данная модель позволяет определить топологию информационных систем, в которых злоумышленник не может получить информацию, достаточную для перевода системы в небезопасное состояние и определить топологию сети, при которой защитник (администратор безопасности) обладает достаточной информированностью чтобы сделать заключение о безопасности системы.

Все поставленные в НИР на этапе №1 задачи решены в полном объеме, достигнуты все программные индикаторы. По тематике проекта в 2014 году опубликованы статьи в журналах Перечня ВАК [1, 2] и в изданиях, индексируемых в базах данных Web-of-Science [3, 4] и Scopus [5, 6].

Список литературы

1. Стюгин М.А. Манипуляция процессом исследования // Информационные войны, 2014, №2.
2. Стюгин М.А. Постановка задачи дезинформации в информационных системах // Информационные войны 2014, №3. – С. 6-12.
3. Styugin M. Protection against system research // Cybernetics and Systems. –Volume 45.–Issue 4.–2014.–P.362-372.
4. Semenkin E., Akhmedova Sh. Co-operation of Biology Related Algorithms Meta-Heuristic in ANN-based classifiers design. – IEEE Congress on Evolutionary Computation, CEC 2014. – P. 867-872.
5. Styugin M. The New Method of Security Development for Web Services Based on Moving Target Defense (MTD) Technologies // Proceedings of the International Conference on Network Security and Communication Engineering (NSCE2014), 2014.
6. Semenkin E. et al. Self-adaptive multi-objective genetic algorithms for feature selection // Engineering and Applied Sciences Optimization. – 2014. – P. 1838-1846.

УДК 537.525;62-768.3

**РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ КОМПЛЕКСНОЙ
ДИАГНОСТИКИ БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ
КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НА
УСТОЙЧИВОСТЬ К ДУГООБРАЗОВАНИЮ.
ЭТАП 1: ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЙ ИССЛЕДОВАНИЙ**

А.В. Батраков

Институт сильноточной электроники Сибирского
отделения Российской академии наук, г. Томск

Доля ответственности систем электропитания (СЭП) в сбоях космических аппаратов (КА) составляет 3% в общей статистике и 9% в статистике фатальных отказов, приведших к потере спутников [1]. Одной из основных причин выхода из строя СЭП является вторичная дуга, но, несмотря на это, стандартных методов диагностики бортовой аппаратуры и кабельной сети (БАКС) КА на устойчивость к дугообразованию нет в силу относительной новизны проблемы, появившейся в связи с переходом СЭП КА на высокое напряжение, превосходящее порог дугообразования в вакууме. К настоящему времени накоплен значительный объём информации по фундаментальным вопросам физики вакуумной дуги [2], и задача данного проекта состоит в разработке методов и экспериментального оборудования для комплексной диагностики БАКС КА с целью выявления рисков дугообразования в процессе эксплуатации в условиях орбитального космического пространства.

По своей структуре проект решает три взаимосвязанные задачи (рис. 1). В первую очередь, исследования направлены на создание комплекса научно-технических решений, необходимых для разработки промышленного диагностического оборудования и реализуемых в рамках проекта в экспериментальном

аппаратном комплексе. Также будет разрабатываться комплекс методов, образующих общую методику, направленных как на диагностику промышленных модулей БАКС КА, так и на отладку экспериментальных и опытных образцов оборудования. Третьей и принципиально важной составляющей является разработка и реализация экспериментального программного комплекса, позволяющего средствами компьютерного моделирования реализовывать численные эксперименты на трёхмерных моделях модулей БАКС с целью выявления рисков дугообразования на стадии разработки.

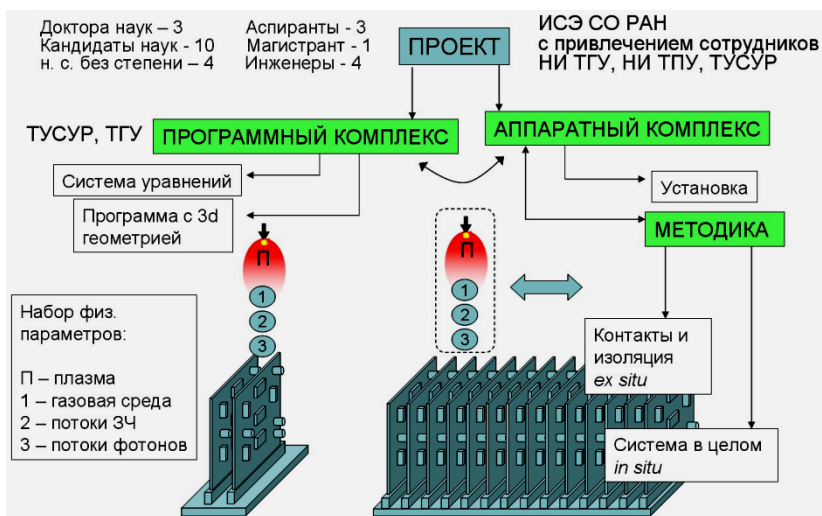


Рис. 1. Структура проекта в целом и взаимосвязи его составных частей (ЗЧ – заряженные частицы)

Результаты компьютерного эксперимента будут сравниваться с результатами физического эксперимента, что позволит приблизить модель к реально физической системе. В свою очередь, методы диагностики будут проверяться на экспериментальном модуле БАКС с исходно заложенными дефектами конструкции и исполнения, создающими риски

дугообразования. Экспериментальный модуль разрабатывается и будет создан индустриальным партнёром проекта, ОАО «ИСС» им. Академика М.Ф. Решетнёва. Взаимопроверки и взаимозависимость составных частей проекта позволят максимально полно реализовать цель проекта и минимизировать риски недостаточной эффективности разрабатываемых методов.

Методика комплексного тестирования модулей БАКС КА на устойчивость к дугообразованию будет включать себя следующие взаимосвязанные методы: а) метод физического моделирования факторов орбитального космического пространства применительно к диагностике на устойчивость к дугообразованию; б) метод обнаружения предпробойных состояний изолирующих промежутков в БАКС КА; в) метод регистрации и локализации ранних стадий пробоя в БАКС КА; г) метод оценки рисков дугообразования в БАКС КА.

Метод физического моделирования факторов орбитального космического пространства позволит воспроизводить условия внутри модулей БАКС КА, при которых реализуется одновременное сочетание термоциклирования, разреженной плазмы и состава остаточной атмосферы. Будут учтены как природные факторы, так и появление плазмы первичного разряда и изменение состава атмосферы внутри БАКС в процессе эксплуатации КА.

Метод обнаружения предпробойных состояний изолирующих промежутков в БАКС КА позволит осуществить раннюю диагностику рисков дуги с использованием критериев, основанных на фундаментальных характеристиках электрической изоляции и электрического разряда в вакууме и газе низкого давления и совокупности специфических условий, реализуемых в процессе эксплуатации КА.

Метод регистрации и локализации ранних стадий пробоя будет основан на регистрации маркеров дугового

разряда, позволяющих регистрировать стадию слаботочной вакуумной дуги на фоне номинальных токов функционирующей СЭП. В качестве маркеров дуги предполагается использовать спектр шумов тока и распределение векторов магнитного поля во внутреннем пространстве модулей СЭП. Метод станет основой для разработки элементов и алгоритмов системы телеметрии КА, позволяющих отслеживать зажигание дуги до наступления фатальных последствий.

Метод оценки рисков дугообразования позволит учесть на стадии разработки КА вероятности зажигания первичной дуги в процессе эксплуатации КА и минимизировать её последствия.

Научно-технические решения для осуществления наземной имитации физических условий в модулях БАКС КА, соответствующих ситуациям риска дугообразования, и мониторинга физических параметров среды и элементов в модулях БАКС КА, а также технические решения для конструирования оборудования для наземной диагностики модулей БАКС КА на устойчивость к дугообразованию, позволят разработать экспериментальное оборудование, являющееся прототипом специализированных рабочих мест наземной экспериментальной отработки КА.

Программные решения для разработки алгоритма анализа конструкции модулей БАКС КА на устойчивость к электрическому разряду и дугообразованию в условиях эксплуатации КА позволит создать ПО, интегрируемое в САПР и используемое при конструировании СЭП КА.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации № RFMEFI60714X0008.

[1] M. R. Patel, Spacecraft power systems.– CRC Press, 2005.– 691 p.

[2] Handbook of Vacuum Arc Science & Technology: Fundamentals and Applications / edited by R.L. Boxman, P.J. Martin, D. Sanders.– Noyes Publications, 1995.– 772 p.

УДК 536.423

**РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ
ИСПАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДЛЯ
ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОРОВ И
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ СВЕТОДИОДНЫХ
УСТРОЙСТВ**

*О.А. Кабов, Е.А. Чиннов, Д.В. Зайцев, И.В. Марчук,
Е.Я. Гаганова, Ю.О. Кабова, В.В. Чеверда,
Ю.В. Люлин, А.А. Семенов, Е.Н. Шатский*

Институт теплофизики имени С.С. Кутателадзе Сибирского
отделения Российской академии наук, г. Новосибирск

Выполнен аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей научно-техническую проблему, исследуемую в рамках ПНИ, включающий 125 источников. Обоснована актуальность планируемых исследований. Обоснован выбор направления теоретических и экспериментальных исследований тепловых процессов в испарительных системах охлаждения с естественной и принудительной циркуляцией теплоносителя для мощных светодиодов и высокопроизводительных вычислительных процессоров.

В обзоре рассмотрен широкий спектр систем охлаждения микроэлектроники и светодиодной техники. Показано, что самыми эффективными являются двухфазные испарительные системы. Для отвода наиболее высоких плотностей тепловых потоков требуется использование систем охлаждения с принудительной циркуляцией, в которых могут быть достигнуты

максимальные значения параметров теплоносителя: высокие скорости, большие недогревы начальной температуры до температуры насыщения, интенсивное испарение.

Одним из таких решений может быть использование коротких микроканалов с двухфазным теплоносителем, обеспечивающих интенсивное испарение в зоне активного тепловыделения при невысоком перепаде давления. Для уменьшения сопротивления теплопередачи охлаждающие микроканалы с двухфазным теплоносителем должны быть расположены в непосредственной близости от тепловыделяющих чипов.

Наиболее эффективная испарительная система охлаждения с естественной циркуляцией должна иметь интенсифицированный испаритель с капиллярным подсосом, канал достаточного размера для транспорта пара в интегрированный с внешним радиатором конденсатор, где внутреннееоребрение одновременно осуществляет задачу интенсификации теплообмена и капиллярного транспорта конденсируемой жидкости.

Несмотря на достаточно большое предложение технических решений универсального решения в настоящий момент не существует, как в Российской Федерации, так и за рубежом. Поэтому чрезвычайно актуальным является разработка и создание новых испарительных систем охлаждения высокопроизводительных вычислительных процессоров и светодиодных устройств, теоретическое и экспериментальное исследование механизмов высокоэффективного отвода тепла от полупроводниковых структур с использованием испарительных устройств с принудительной и естественной циркуляцией.

Проведены патентные исследования в соответствии с поставленной задачей - исследование технического

уровня и тенденций развития объекта исследований. Установлено, что на 25.08.2014 г. исследуемый объект соответствует мировому уровню техники в заданной области, обладает новизной и изобретательским уровнем, соответствует условию промышленной применимости. Охранных и иных документов РФ, США, Японии, Китае и др. странах, которые будут препятствовать патентованию разрабатываемых решений, не выявлено. В результате проделанной работы обоснована новизна научных, технических и технологических решений.

Разработана программа и методики проведения экспериментальных исследований характеристик адиабатического вынужденного двухфазного течения в горизонтальных каналах.

Проведена апробация флуоресцентной методики измерения полей толщины в стекающей пленке жидкости и разработан вариант рабочего участка с принудительной циркуляцией. По результатам этой работы направлено две статьи в иностранные научные журналы с высоким импактфактором. Показано, что использованные методики, которые разработаны в ИТ СО РАН, являются оригинальными и новыми.

Выполнено исследование режимов двухфазных течений в коротких (длинной 80 мм) горизонтальных каналах сечением: 0.1x20, 0.6x40, 1 x 10, 1 x 19, 1 x 29, 1.2x40, 1.5x30, 1.5x40, 2 x40 мм. В качестве жидкости использована чистая дистиллированная вода или с добавлением флуорофора (Родамин 6G), а также диэлектрическая жидкость FC-72, в качестве газа – воздух или азот. Наибольшее внимание в выполненных исследованиях уделялось изучению и определению условий раздельного течения фаз адиабатического двухфазного течения, так как указанный режим наиболее важен для создания системы охлаждения

электронного оборудования с принудительной циркуляцией.

Сделано построение, анализ и сравнение режимных карт адиабатического двухфазного течения. Установлено, что при увеличении высоты канала возрастает область раздельного режима, а увеличение ширины канала приводит к расширению областей раздельного и вспененного течения, но к сужению области струйного течения.

Анализ сравнения полученных режимных карт, позволил сделать универсальный вывод, что увеличение ширины и высоты канала приводит к расширению области раздельного течения. Обнаружено, что в каналах максимального сечения раздельный режим становится более устойчивым, в частности, для канала высотой 2 мм раздельное течение занимает наибольшую область, а регионы затопления и разрыва уменьшаются. Таким образом, если нет дополнительных требований по ограничению размеров, для создания двухфазной системы охлаждения с принудительной циркуляцией следует рекомендовать канал с поперечным размером 40x2 мм².

Разработана теоретическая модель, описывающая процессы теплоотдачи от локальных или сложно распределенных источников тепла к пленке жидкости, движущейся под действием спутного потока газа в канале. Создан алгоритм математического моделирования теплоотдачи от локальных или сложно распределенных источников тепла к пленке жидкости. Выполнена программная реализации алгоритма. Разработана программная документация на пакет программ математического моделирования. Прделаны численные расчеты испарения в тонкой пленке жидкости при охлаждении источника тепла высокой интенсивности.

В результате численных расчетов установлено, что форма и размер нагревателя являются одной из

определяющих характеристик при изучении интенсивности испарения тонких пленок жидкости. При достаточно малых нагревах, испарение более существенно для широких нагревателей, чем для узких. Для узких и длинных нагревателей процесс испарения развивается медленнее, но затем существенно возрастет в короткие промежутки времени. Получено, что увеличение скорости газа слабо влияет на интенсивность испарения при задании постоянной температуры на нагревателе. Однако время установления процесса испарения существенно зависит от скорости газа. Представленные теоретические исследования необходимы как для построения адекватных теоретических моделей явления, так и для разработки методов управления характеристиками двухфазных течений в микроканалах и обеспечения максимальной интенсивности теплоотдачи. Для проектирования реальной системы охлаждения необходимо решить ряд принципиальных вопросов как, например, – влияние на рассматриваемые процессы формы и размера нагревателя, характера расположения нескольких нагревателей на нижней стенке канала, скорости газа, характера теплового условия поставленного на нагревателе и многие другие. Помочь в решении данных вопросов могут систематические численные исследования. Кроме того, теоретические исследования являются эффективным дополнением экспериментальных исследований, т.к. позволяют существенно (на порядок и более) расширить диапазон исследований на малые значения чисел Рейнольдса жидкости и газа. Например, поскольку для реальных систем охлаждения низкое значение числа Рейнольдса газа означает низкие энергозатраты, необходимые для охлаждения. Можно предположить, что реальные системы охлаждения могут также работать и при числах Рейнольдса газа порядка 100. Экспериментальные

исследования для чисел Рейнольдса газа в этом диапазоне проводятся но, данных недостаточно из-за высокой сложности таких экспериментов. В любом случае малые значения чисел Рейнольдса жидкости и газа являются возможными режимами работы системы (начальное состояние, переходные процессы...) и должны быть детально исследованы.

Разработана экспериментальная установка для исследования интенсификации теплообмена в испарительных и конденсационных узлах системы охлаждения тепловой модели мощного светодиода диаметром 1, 5 и 10 мм с естественной циркуляцией. Изготовлена необходимая эскизная конструкторская документации на экспериментальную установку.

Подготовлена и подана заявка на патент. Руководитель и исполнители проекта приняли участие в конференциях и семинарах для освещения и популяризации промежуточных результатов ПНИ.

Индустриальным партнером ООО «СибЭС» выполнена закупка необходимого контрольно-измерительного оборудования и монтажная сборка экспериментальной установки.

Календарный план, утвержденный соглашением от 30.06.2014г. № 14.604.21.0053 по теме ПНИ «Разработка и создание экспериментальных образцов испарительной системы охлаждения для высокопроизводительных вычислительных процессоров и энергоэффективных светодиодных устройств», выполнен полностью. Значения индикаторов и показателей результативности предоставления субсидии достигнуты.

Таким образом, можно заключить, что поставленные на первом этапе проекта задачи выполнены полностью и предъявляемые к ним требования достигнуты.

УДК 621.512,621.22

РАЗРАБОТКА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МАШИН ОБЪЕМНОГО ДЕЙСТВИЯ НОВОГО ТИПА С ПОВЫШЕННО ИНТЕНСИВНЫМ ТЕПЛООБМЕНОМ В ЗОНЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

***В.Е. Щерба, Е.А. Павлюченко, Г.А. Нестеренко,
Е.А. Лысенко, Е.Ю. Носов, А.В. Григорьев***
Омский государственный технический
университет, г. Омск

В результате выполнения первого этапа ПНИ были **получены следующие результаты:**

Проведен анализ литературных и патентных источников областей использования одновременного и попеременного сжатого газа и жидкости под давлением, а также проведен анализ преимуществ и недостатков впрыска охлаждающей жидкости в рабочую полость компрессора объемного действия и анализ областей одновременного и попеременного использования жидкости и газа под давлением. В результате проведенного анализа эффективности впрыска охлаждающей жидкости в рабочую камеру компрессора были выявлены его основные недостатки и предложена идея организации охлаждения рабочих органов и поверхностей рабочих камер компрессора за счет их непосредственного контакта с охлаждающей жидкостью. Предложен способ реализации данной идеи путем использования, одной из полостей компрессора в качестве насосной полости. Работа насосной полости, в данном случае, осуществляется за счет движения рабочего органа компрессорной машины. Результатом

данного решения помимо повышения энергоэффективности компрессорной части за счет ее охлаждения и снижения активного трения в зоне рабочих органов, является приобретение машиной дополнительной функции - функции насоса. Таким образом, появляется техническое решение, обладающее функциями и насоса и компрессора или способное выполнять эти две функции как совместно, так и попеременно. Кроме того, при объединении функций насоса и компрессора в одном агрегате повышается компактность агрегата, а также существенно расширяется область его применения и улучшаются энергетические характеристики, в сравнении с неагрегированными машинами. Анализ областей одновременного использования под давлением газа и жидкости показал, что большое количество объектов как отечественной, так и зарубежной промышленности нуждается в совместном потреблении жидкости и газа под давлением, что свидетельствует об актуальности и перспективности разработки нового технического решения, способного выполнять функции насоса и компрессора как одновременно, так и попеременно. Данное техническое решение получило название – гибридная энергетическая машина объёмного действия или насос-компрессор.

Проведены патентные исследования по направлению «Машины объёмного действия поршневого и ротационного типов для одновременного и попеременного сжатия газов и жидкостей». При проведении патентных исследований были просмотрены патенты следующих стран: Россия, Украина, Китай, США, Испания, Япония, Германия, Мексика. Патентный поиск выполнен с глубиной 10 лет (2004-2014гг.). Было просмотрено более 350 патентов и литературных

источников, в результате чего для более детального анализа было отобрано 23 источника (патенты и литературные источники).

В результате патентных исследований были выявлены конструктивные решения объёмных неагрегатированных и агрегатированных машин для сжатия газа и жидкости одновременно и попеременно. На основе проведенного анализа выявлены перспективные гибридные конструкции объёмных машин, которые способны сократить энергозатраты и снизить их материалоёмкость по сравнению с неагрегатированными существующими машинами объёмного действия осуществляющих производство сжатого газа и жидкости под давлением. Показана новизна, отсутствие полных аналогов и патентноспособность настоящих разработок. А также сделан вывод о том, что все разработки в области ГЭМОД принадлежат авторам данного ПНИ, сотрудникам Омского государственного технического университета.

Проведены теоретические исследования путей создания гибридных энергетических машин объёмного действия. В результате исследований было выявлено, что наиболее универсальной гибридной энергетической объёмной машиной, как с точки зрения развиваемого давления, так и с точки зрения диапазона производительности по жидкости (поршневым машинам практически нет альтернативы в области малых и сверхмалых расходов), является поршневой вариант. Было замечено, что поршневые ГЭМОД для сжатия газов и жидкости также обладают очень широким диапазоном давлений и производительности. Однако, несмотря на весьма привлекательные свойства ПГЭМОД, эти машины имеют достаточно низкие

значения удельного расхода и удельной мощности (отношение данных характеристик к весу машины) по сравнению с ротационными, к тому же в РГЭМОД по сравнению с поршневыми вариантами отсутствует сложный привод (кривошипно-шатунный механизм, в случае ПГЭМОД) их рабочего органа.

Исходя из достоинств, которыми обладают поршневая и ротационная конструкции и с целью охвата большего количества областей будущего использования ГЭМОД в качестве перспективных объектов разработки и исследования были приняты:

Поршневая гибридная энергетическая машина объёмного действия с П-образным поршнем.

Ротационная гибридная энергетическая машина объёмного действия с катящимся ротором и двумя рабочими полостями.

Для представленных к разработке поршневой и ротационной ГЭМОД, с учетом их технических особенностей, были разработаны пневмогидравлические схемы и дано краткое описание их работы. Разработанные пневмогидравлические схемы имеют в своем составе:

Систему очистки всасываемого воздуха от мелких твердых и пылеватых частиц и капельной жидкости, находящихся в окружающей среде.

Систему обеспечения отсутствия значительных пульсаций сжатого воздуха, подаваемого потребителю.

Систему контроля над сжимаемым газом, прекращение сжатия воздуха при достижении в ресивере заданного давления нагнетания и обеспечение аварийного сброса давления при его превышении в 1,3 раза.

Систему очистки сжатого воздуха от конденсата и капельной влаги.

Данные схемы предусматривают освобождения гидравлических магистралей машины от охлаждающей

или рабочей жидкости с одновременным сливом ее в источник поступления, а также организуют работу машины в режимах «Компрессор», «Насос», «Насос-компрессор». Переключение режимов работы осуществляется одним золотниковым распределителем.

На основании существующих методик по математическому моделированию рабочих процессов поршневого и ротационного компрессора, а также математическому моделированию рабочих процессов поршневого насоса, авторами данной работы, была разработана методика расчета рабочих процессов компрессорной и насосной полостей в гибридных энергетических машинах объемного действия. Данная методика позволяет создать математические модели рабочих процессов ГЭМОД, по которым можно рассчитать основные расходные, режимные и конструктивные параметры, влияющие на работу конструкций ГЭМОД, а также рассчитать основные характеристики ГЭМОД.

Разработанная методика расчета рабочих процессов ГЭМОД может быть реализована на любом алгоритмическом языке и может применяться для создания математических моделей рабочих процессов других типов объемных машин (компрессоров и насосов).

Для перспективной конструкции ПГЭМОД, представленной к разработке была разработана математическая модель рабочих процессов. Разработанная математическая модель направлена в основном на получение сведений о рабочих процессах ПГЭМОД, так как именно они определяют экономическую и конструктивную эффективность работы гидропневматической схемы агрегата, а также

все статические и динамические нагрузки, которые несет его конструкция. При реализации разработанной математической модели, могут быть получены: индикаторные диаграммы рабочих полостей ПГЭМОД, диаграммы движения запорных элементов самодействующих клапанов, диаграммы положения линии раздела фаз в щелевых уплотнениях агрегата, производительность насосной и компрессорной полости. Математическая модель позволяет рассчитать как мгновенную, так и интегральную подачу газа и жидкости. Таким образом, параметры, которые получает в свое распоряжение исследователь или проектировщик ПЭГМОД при использовании разработанной математической модели, дают ему возможность как исследовать рабочие процессы машины, так и рассчитывать ее характеристики при проектировании, а также производить оптимизационные расчеты для получения наилучшего конструктивного варианта.

Для подтверждения заявленных параметров (уменьшение материалоемкости до 30 %, и повышение энергоэффективности не менее 5%, по сравнению с не агрегатированными машинами) ПГЭМОД и проверки работоспособности конструкции, а также проверке адекватности разработанной математической модели была разработана конструкторская документация на изготовление экспериментального образца ПГЭМОД. Общая компоновка ПГЭМОД была спроектирована в виде традиционной схемы «подкатного» (передвижного) компрессора, которая наиболее часто используется при проектировании и производстве компрессоров малой производительности, применяющихся на различных ремонтных предприятиях.

Для изготовления экспериментального образца ПГЭМОД по разработанной конструкторской

документации, были проведены работы по обоснованию, выбору и приобретению оборудования, комплектующих изделий и материалов за счет внебюджетных средств получателя субсидии, «Омского государственного технического университета». На работы по обоснованию, выбору и приобретению оборудования, комплектующих изделий и материалов было потрачено 1 524 700,65 рублей.

По разработанной технической документации, за счет средств индустриального партнера, был изготовлен и собран экспериментальный образец ПГЭМОД, в составе: рама; гидравлический бак; нагнетающий узел; предохранительная система; пневмогидрораспределитель; ресивер, для сжимаемого газа; комплект контрольно-измерительной аппаратуры; блок подготовки воздуха; электродвигатель.

Основные узлы (рама, нагнетающий узел, пневмогидрораспределитель, ресивер, для сжимаемого газа, гидравлический бак) поршневой ГЭМОД были изготовлены на производственных мощностях индустриального партнера. Стоимость изготовления составила 520 000 рублей.

Предохранительная система, комплект контрольно-измерительной аппаратуры, электродвигатель и блок подготовки воздуха, ввиду своей специфики и сложностью изготовления (большая себестоимость изготовления), были приобретены за счет внебюджетных средств получателем субсидии.

Для контроля процесса сборки и проведения необходимых проверок экспериментального образца ПГЭМОД была создана комиссия. По результатам работы комиссии было установлено, что экспериментальный образец ПГЭМОД пригоден для проведения исследовательских испытаний.

УДК 620.179.162

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ДИАГНОСТИКИ И ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА КОНТЕЙНЕРОВ С ОТРАБОТАВШИМ ЯДЕРНЫМ ТОПЛИВОМ НА БАЗЕ МЕТОДА УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ТОМОГРАФИИ

И.О. Болотина, А.М. Лидер, Д.А. Седнев
Национальный исследовательский Томский
политехнический университет, г. Томск

Целью проекта является разработка технологии контроля сварных соединений и основного материала контейнеров с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ), позволяющей оценить их остаточный ресурс.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разработка технологии контроля сварных соединений и основного материала контейнеров с ОЯТ.
2. Разработка методики оценки остаточного ресурса контейнеров с ОЯТ на основе томографической реконструкции.
3. Разработка роботизированной системы контроля сварных соединений и основного материала контейнеров с ОЯТ.
4. Подготовка задания на выполнение ОКР.

В ходе проведения первого этапа прикладного научного исследования были изучены разновидности контейнеров сухого хранения ОЯТ, рассмотрены типы сварных соединения контейнеров, предъявляемые к ним требования, предпосылки и этапы создания технологий сухого хранения ОЯТ, современное состояние отечественного и зарубежного рынков рассматриваемой

области, а также методик неразрушающего контроля, способствующих сохранению целостности контейнерных оболочек и обеспечивающих непрерывность технологического процесса при хранении и транспортировке ОЯТ [1].

В качестве основного метода для дальнейшей разработки выбран ультразвуковой метод контроля сварных швов контейнеров с ОЯТ. Основными трудностями при оценке дефектов связаны с низкой информативностью измеряемых параметров, что послужило выбором для исследования эффективной методики с использованием ультразвуковых томографических установок, представляющих данные контроля в виде объемных изображений.

В качестве методики визуализации была рассмотрена технология Digital Focus Array (DFA), разработанная в ТПУ совместно с Фраунгоферовским Институтом Неразрушающего Контроля (Германия), заключающаяся в том, что только один элемент фазированной антенной решетки излучает сигнал, остальные же работают в режиме приёма [2]. Среди методов ультразвуковой реконструкции DFA показал высокую эффективность, разрешающую способность, скорость контроля и контрастность [3].

Практическая часть работы на 1 этапе была посвящена созданию лабораторной установки для контроля экспериментальных образцов сварных швов со стандартизированными дефектами на базе метода ультразвуковой томографии, подставленная на рис. 1.

Проведен ряд лабораторных исследований по контролю экспериментальных образцов сварных швов со стандартизированными дефектами, переданных индустриальным партнером ООО «ИнТех».

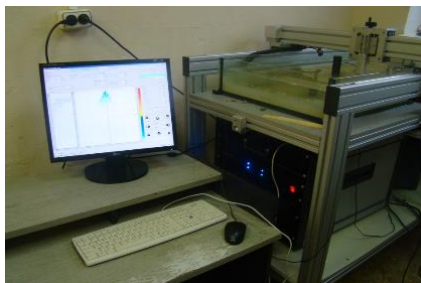


Рис. 1. Лабораторная установка для УЗК

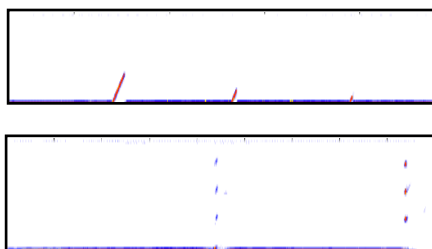


Рис. 2. В-сканы экспериментальных образцов

Образцы из стали содержали по 3 выреза (глубиной 10, 4, 2 мм, углами наклона 0, 10, 20, 30, 40 и 50 градусов). Все вырезы были точно определены с помощью метода Digital Focus Array, а их глубина и углы корректно реконструированы в В-сканы. Цилиндрические отверстия в шве и в основном материале так же удалось точно реконструировать (см. рис.2).

Таким образом, ряд опытов, основанных на предварительном изучении научно-технической и патентной литературы в области ультразвуковой томографии, методов визуализации и реконструкции акустических данных, выполненных при поддержке партнеров и ресурсов ТПУ, показали эффективность

применения многоканальных ультразвуковых систем, работающих на принципе DFA в сфере контроля контейнеров сухого хранения с ОЯТ.

В заключении укажем перспективы коммерциализации результатов проекта:

1. Разработанная технология предполагается к промышленной коммерциализации на базе ФГУП Горнохимический комбинат (г. Железнодорожный);

2. Возможно перенести технологию для оценки остаточного ресурса нефте- и газопроводов;

3. Программа томографической реконструкции изображений может выступать отдельным продуктом для коммерциализации.

Список литературы

1. Васильев, А.С. Перспективные направления создания экологически безопасных транспортно-упаковочных комплексов для перевозки и хранения отработавшего ядерного топлива [Текст] / А.С. Васильев, А.В. Романов, П.О. Щукин // Инженерный вестник Дона. – 2012. – №3.

2. Bulavinov A., Pinchuk R., Pudovikov S., Reddy K. M., Walte F. Industrial application of real-time 3d imaging by sampling phased array// European Conference for Non-destructive Testing, Moscow, June 2010. – URL: http://www.ndt.net/article/ecndt2010/reports/1_03_22.pdf.

3. Kvasnikov K.G., Soldatov A.I., Bolotina I.O., Krening M.K., Potapenko A. A. The Use of Geometrical Acoustics for the Solution of Visualization Problems // Russian Journal of Nondestructive Testing – 2013 – Vol. 49 – №. 11. – P. 625–630.

УДК 621.039.542:620.16

ВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ ОПТИКО- ЭЛЕКТРОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИИ КОМПОНЕНТОВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕПЛО ВЫДЕЛЯЮЩИХ СБОРОК

*Е.В. Власов, И.А. Выхристюк, П.С. Завьялов,
Е.С. Сенченко, Е.В. Сысоев, Ю.В. Чугуй,
Л.В. Финогенов, Д.Р. Хакимов*

Конструкторско-технологический институт
научного приборостроения Сибирского отделения
Российской академии наук, г. Новосибирск

Целью проекта является разработка оптико-электронных технологий высокоскоростного контроля компонентов перспективных тепловыделяющих сборок с целью повышения безопасности, надежности и экономичности их производства и эксплуатации.

Результаты работы могут быть использованы для трехмерного бесконтактного контроля широкой номенклатуры изделий в технологических линиях производства в следующих отраслях промышленности: атомной, ракетно-космической, оптико-механической, горно-добывающей, нефтегазовой, машиностроительной, металлургической, приборостроительной, на транспорте, на предприятиях энергетического и оборонно-промышленного комплекса.

Основные результаты, полученные в ходе работы:

- Проведен поиск научно-технической информации по методам и устройствам контроля внешнего вида топливных таблеток, контроля дистанционирующих решеток, контроля топливных

таблеток с измерением глубины дефектов и контроля внешнего вида оболочек ТВЭЛ.

- На основе предварительного анализа научно-технической и патентной информации определены основные методы контроля внешнего вида топливных таблеток.

- Разработан новый метод обработки изображений торцевых частей топливных таблеток, который позволяет повысить надежность обнаружения дефектных таблеток. При разработке использовалась база данных изображений реальных таблеток, полученных на предприятии Индустриального партнера. Результаты обработки приведены на рис. 1.

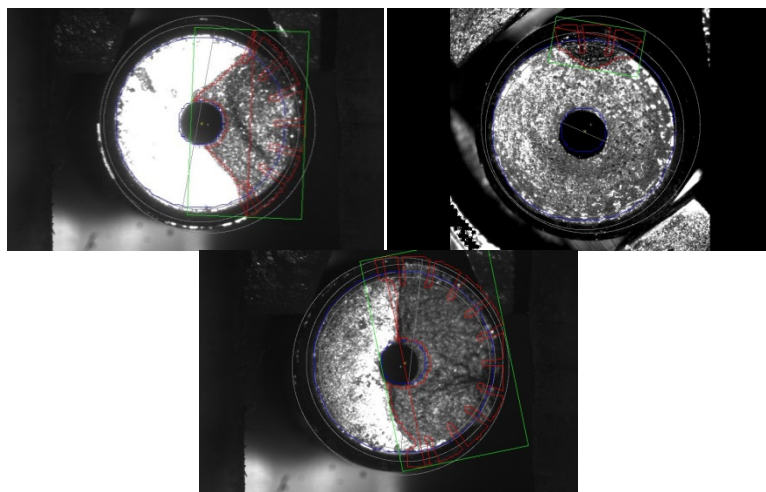


Рис. 1. Обработка торцевых частей топливных таблеток новым методом

- Проведены теоретические исследования оптико-электронных методов контроля дистанционирующих решеток (ДР) с целью создания

высокопроизводительной системы контроля. На основе анализа современного состояния оптико-электронных измерительных технологий установлено, что требованиям контроля ДР (сложного трехмерного объекта, состоящего из нескольких сотен ячеек) в наибольшей степени отвечает метод структурного освещения. На рис. 2 представлена схема контроля ДР на основе структурного метода.

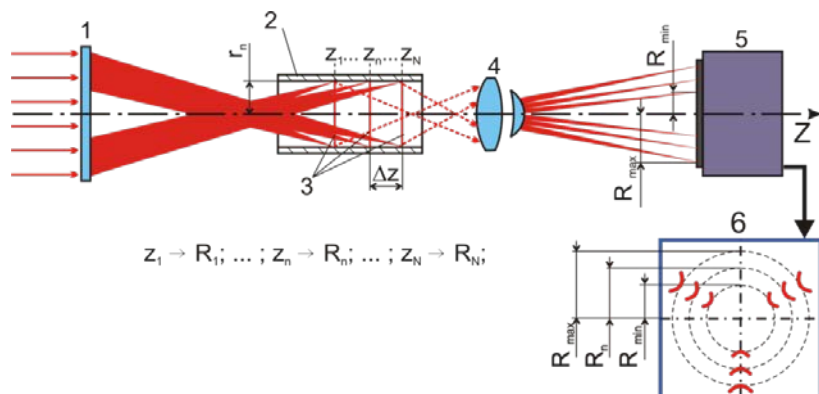


Рис. 2. Схема формирования структурного освещения для контроля дистанционирующих решеток

- На основе проведенных теоретических исследований проанализированы изображающие свойства различных оптических схем формирования изображений протяженных отверстий. Предложена модель построения оптической схемы специализированных объективов для контроля отверстий. В результате рассчитан спец. объектив, который планируется применить в оптической схеме высокопроизводительной системы контроля ДР. Подана заявка на патент разработанной оптической схемы объектива рис 3.

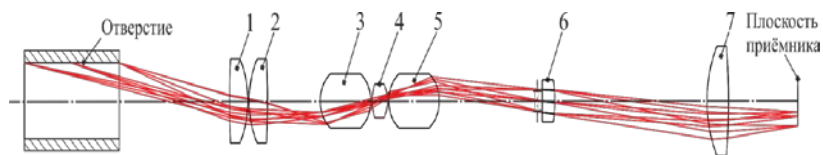


Рис. 3. Оптическая схема объектива

- На основе проведенного аналитического обзора для последующих исследований выбраны два метода определения глубины дефектов топливных таблеток. Метод светового сечения и конфокальный метод.

- По итогам теоретических исследований методов для дальнейших исследований был выбран оптический метод обнаружения и локализации дефектов на поверхности оболочки ТВЭЛ, основанный на анализе анизотропности рассеяния света дефектом на контролируемой поверхности. Для решения этой задачи были проведены теоретические расчеты с учетом требований к поперечному разрешению. Для повышения достоверности контроля была выбрана система многоканального осмотра с регистрацией прямого и обратного рассеяния света дефектами исследуемой поверхности. На рис. 4 приведена схема такого контроля.

- Для создания экспериментальных образцов контрольно-измерительных систем проведен выбор необходимых комплектующих и материалов (в т.ч. металлопрофиля, двухкоординатного стола, источников излучения, электронных компонентов, цифровых камер, компьютеров). В настоящее время осуществляется их закупка.

- Совместно с Индустриальным партнером выработаны технические требования к контролю ДР, внешнего вида топливных таблеток и оболочек ТВЭЛ, а

также к измерению глубины дефектов топливных таблеток.

- В результате патентного поиска выявлено около 50 патентов, представляющих наибольший интерес для прикладных научных исследований (глубина поиска 15 лет).

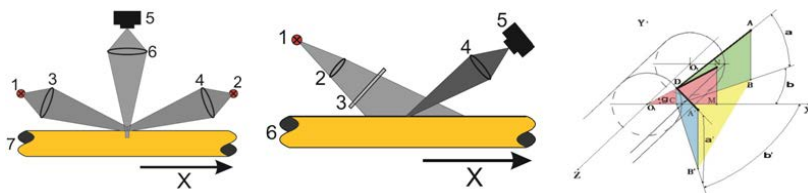


Рис. 4. Схема многоканального осмотра для обнаружения и локализации дефектов на поверхности оболочки ТВЭЛ

В целом работы по первому этапу Соглашения выполнены в полном объеме. В дальнейшем планируется создание экспериментальных стендов, макетов устройств, прототипов базовых измерительных модулей измерительных систем, реализующих разработанные методы высокоскоростного контроля на реальной продукции и её имитаторах. Планируется создание математических моделей, описывающих формирование сигналов и изображений в оптико-электронных устройствах, а так же разработка высокоскоростных алгоритмов обработки изображений и измерительной информации, имеющих высокую степень надежности и достоверности работы.

УДК 621.039.8.002:621.039.554

**МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ
УСТАНОВОК НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
КОМПЛЕКСА ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА ИРТ-Т ДЛЯ
ПРОВЕДЕНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ, СООТВЕТСТВУЮЩИХ
УРОВНЮ ВЕДУЩИХ НАЦИОНАЛЬНЫХ И
МИРОВЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЦЕНТРОВ**

*А.Г. Наймушин, О.Ю. Долматов, В.С. Скуридин,
В.А. Варлачев, И.В. Шаманин*

Национальный исследовательский Томский
политехнический университет, г. Томск

Целью выполнения работ является развитие уникальной научной установки «Исследовательский ядерный реактор ИРТ-Т» и обеспечение высокого уровня ее параметров и характеристик, соответствующих уровню лучших мировых аналогов, а также обеспечение проведения с использованием объекта научной инфраструктуры научных исследований.

В ходе выполнения работ должны быть выполнены следующие индикаторы:

- Число организаций-пользователей объекта научной инфраструктуры не менее 35 ед.;
- Доля исследователей в возрасте до 39 лет в общей численности исследователей не менее 47 %;

В ходе выполнения работ должны быть достигнуты следующие показатели:

- Количество публикаций в журналах, индексируемых в базе данных Web of Science или Scopus, в которых имеется ссылка на выполнение работы с использованием объекта научной инфраструктуры не менее 12;

- Число иностранных организаций-пользователей объектом научной инфраструктуры не менее 5;

- Количество разработанных (освоенных) новых методик исследований или измерений с использованием объекта научной инфраструктуры не менее 9.

Согласно техническому заданию на выполнение работ, для реализации поставленных целей на первом этапе работ необходимо обеспечить выполнение следующих задач:

- Реализация «Программы научных исследований УНУ на 2014-2015 годы»;

- Проведение расчетно-экспериментальных исследований, направленных на увеличение плотности потока нейтронов в экспериментальных каналах, оптимизацию активной зоны, обоснование возможности создания дополнительных вертикальных каналов для облучения;

- Разработка и освоение новых методик исследований и измерений;

- Подготовка и издание не менее 4 публикаций в научных журналах, индексируемых в базе данных Scopus или Web of Science;

В отчетном этапе проведены следующие работы:

- Оценка возможных конфигураций активной зоны реактора ИРТ-Т, с целью увеличения эксплуатационных характеристик;

- Оценка возможности создания дополнительных экспериментальных каналов большого диаметра;

- Оценка возможности оптимизации регламента работы реактора с целью повышения плотности потока нейтронов в его экспериментальных каналах;

- Оценка влияния положения и регламента движения органов СУЗ на формирование поля

нейтронного потока в активной зоне, отражателе и экспериментальных каналах;

- Проведен анализ возможного изменения регламента перегрузок топливных сборок с целью оптимизации нейтронно-физических свойств и повышения эффективности топливоиспользования.

- Теоретически обоснована возможность увеличения объемов производства генераторов технеция-99м «99mTc-ГТ-ТОМ»;

- Установлена аналитическая зависимость содержания и удельной активности материнского изотопа молибдена-98 от параметров облучения.

В результате проведенных работ по первому этапу выполнены следующие индикаторы:

- Число организаций-пользователей объекта научной инфраструктуры – 35 (запланировано 32);

- Доля исследователей в возрасте до 39 лет в общей численности исследователей – 47 % (запланировано 43 %);

В результате проведенных работ по первому этапу достигнуты следующие показатели:

- Количество публикаций в журналах, индексируемых в базе данных Web of Science или Scopus, в которых имеется ссылка на выполнение работы с использованием объекта научной инфраструктуры – 9 (запланировано 4);

- Число иностранных организаций-пользователей объектом научной инфраструктуры – 3 (запланировано 3);

- Количество разработанных (освоенных) новых методик исследований или измерений с использованием объекта научной инфраструктуры – 4 (запланировано 3).

УДК 547

СОЗДАНИЕ ОСНОВ ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ БИОМАССЫ БЕРЕЗЫ С ПОЛУЧЕНИЕМ БИОТОПЛИВ, БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Б.Н. Кузнецов, И.П. Иванов

Институт химии и химической технологии Сибирского
отделения Российской академии наук, г. Красноярск

Проект (№ соглашения 14.607.21.0031) направлен на решение актуальной проблемы – создание принципиально новых технологий получения из возобновляемого непищевого растительного сырья востребованных биотоплив и химических продуктов, ориентированных на экологически безопасную и энергоэффективную переработку основных компонентов растительной биомассы с использованием технологичных твердых катализаторов, нетоксичных реагентов и эффективных методов активации сырья.

Целью реализуемого проекта является создание научно-технического задела для разработки не имеющей аналогов комплексной технологии переработки биомассы березы (древесина, кора) в биоэтанол и твердое биотопливо, биологически активные вещества и материалы функционального назначения.

Основные результаты

Проведенный анализ научно-технической литературы и патентов за период 2009–2014 гг. позволил сделать обоснованный выбор направлений прикладных научных исследований, ориентированных на создание

основ технологии комплексной переработки биомассы березы (древесины и коры) в ассортимент востребованных рынком биотоплив (биоэтанол и твердое биотопливо), химических веществ (глюкоза, микрокристаллическая целлюлоза и ее сульфаты, биологически активные бетулин, ацетаты и пропионаты бетулина) и функциональных материалов (органических и углеродных аэрогелей, нанопористого углерода, энтеросорбентов).

Предлагаемая к разработке интегрированная технология включает стадии предварительного механического разделения биомассы березы на древесину и кору; каталитического фракционирования древесины на микрокристаллическую целлюлозу (МКЦ) и растворимый лигнин; механического разделения коры березы на бересту и луб; каталитической переработки МКЦ в глюкозные гидролизаты для синтеза биоэтанола и биологически активные сульфаты МКЦ; переработки бересты с получением биологически активных соединений: бетулина, ацетата и пропионата бетулина, а также суберинового связующего для получения твердого биотоплива; синтеза органических и углеродных аэрогелей из растворимого лигнина и полифенолов луба коры; получения энтеросорбентов и нанопористых углеродных материалов из луба коры.

При осуществлении химических стадий интегрированного процесса предлагается использовать экологически безопасные реагенты и технологичные твердые катализаторы.

В ходе выполнения первого этапа были разработаны лабораторные методики для производства лабораторных партий продукции из древесины и коры березы качественных глюкозных гидролизатов, микрокристаллической целлюлозы, биологически

активных полимеров на основе сульфатов микрокристаллической целлюлозы, органических и углеродных аэрогелей из лигнина и полифенолов луба коры березы, нанопористых углеродных материалов из лигнина и луба, биологически активного бетулина, ацетатов и пропионатов бетулина из бересты, энтеросорбентов из луба, суберинового связующего для получения твердого биотоплива с улучшенными характеристиками.

Назначение и область применения результатов проекта

Производимые из биомассы березы энергоносителя (биоэтанол, твердое биотопливо) и химические продукты с высокой добавленной стоимостью (бетулин и его производные, микрокристаллическая целлюлоза и ее сульфаты, аэрогели, сорбенты) востребованы в энергетике, химической промышленности, медицине и ветеринарии, охране окружающей среды.

Эффекты от внедрения результатов проекта

Расширение сырьевой базы для производства биотоплив. Улучшение экологической обстановки, за счет снижения техногенной нагрузки на окружающую среду. Более полное и комплексное использование древесного сырья. Улучшение качества жизни и здоровья населения.

По сравнению с известными методами получения биотоплив достигается: повышение эффективности использования основных компонентов биомассы на 30 %; снижение материалоемкости производства до 2-х раз; снижение на 20–30 % затрат на производство биотоплив; снижение на 20 % количества образующихся отходов; повышение на 50 % механической прочности и на 30 % влагостойкости твердого топлива.

УДК 544.478.41:544.478.01

РАЗРАБОТКА КАТАЛИЗАТОРА И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ПРОЦЕССА ГИДРОКРЕКИНГА ТЯЖЕЛОГО НЕФТЯНОГО СЫРЬЯ С ПОВЫШЕННЫМ ВЫХОДОМ МАЛОСЕРНИСТЫХ СРЕДНИХ ДИСТИЛЛЯТОВ

А.С. Носков

Институт катализа имени Г.К. Борескова Сибирского
отделения Российской академии наук, г. Новосибирск

В докладе дано описание проблемы и обоснована актуальность проведения работ по созданию новой энергоэффективной технологии переработки тяжелых нефтяных фракций, основанной на использовании процесса гидрокрекинга. Основными целями запланированных ПНИЭР являются:

1. Создание научно-технического задела для разработки новой промышленной энергоэффективной технологии гидрокрекинга вакуумного газойля (ВГО) с максимальным выходом малосернистых среднедистиллятных фракций.

2. Получение значимых научных результатов, направленных на создание в будущем технологии производства новых катализаторов гидрокрекинга ВГО, обеспечивающих при пониженных температурах процесса увеличение выхода целевых керосиновых и дизельных фракций с пониженным содержанием серы.

Результатом ПНИЭР будет процесс гидрокрекинга ВГО, обеспечивающий при однопроходном режиме конверсию ВГО не менее 80% с получением среднедистиллятных фракций 140-360°C с выходом не менее 65% при температуре не выше 410°C и катализатор (пакет

катализаторов) для этого процесса. По сравнению с известными промышленными аналогами, разрабатываемые катализатор и процесс гидрокрекинга ВГО обеспечат снижение температуры процесса гидрокрекинга на 5-10°C при увеличении выхода целевой среднестиллятной фракции на 5-10%.

В ходе выполнения проекта будут решены следующие задачи:

- разработан способ селективного синтеза порошка аморфного алюмосиликата с заданным уровнем кислотности и заданной морфологией частиц;

- разработан метод приготовления носителей с заданными текстурными и кислотными характеристиками, размером и формой гранул, повышенной механической прочностью;

- осуществлён целенаправленный синтез в водном растворе биметаллических Ni-Mo и Ni-W предшественников активного компонента и их последующий селективный перевод в форму Ni-(Mo)W-S фаз типа II и III;

- проведено регулирование кислотности катализаторов гидрокрекинга ВГО путём минимизации блокировки кислотных центров носителя нанесёнными соединениями металлов;

- проведён выбор оптимального состава многослойных пакетов катализаторов;

- проведён выбор оптимального режима процесса гидрокрекинга ВГО, обеспечивающего заданную конверсию сырья, максимальные выходы целевых среднестиллятных фракций 140-360°C, содержащих менее 10 ppm серы.

Описан научный задел, созданный в ИК СО РАН по синтезу катализаторов гидрокрекинга, и проведена оценка экономической эффективности разрабатываемого процесса гидрокрекинга с использованием разрабатываемых катализаторов.

УДК 544.478.41+542.943

**ПРОВЕДЕНИЕ ПРИКЛАДНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ
ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО КАТАЛИТИЧЕСКОГО
МЕТОДА ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ КОНВЕРСИИ ЭТАНА
В ЭТИЛЕН**

***В.И. Соболев, В.М. Бондарева,
К.Ю. Колтунов, В.Н. Пармон***

Институт катализа имени Г.К. Борескова Сибирского
отделения Российской академии наук, г. Новосибирск

Реализуемый проект относится к разработке и внедрению эффективных технологий переработки газового сырья, способных существенно увеличить глубину его переработки и позволить получать востребованные олефиновые мономеры с высокой экономической и энергетической эффективностью. В частности, планируется разработка прототипов новых технических решений для каталитической окислительной конверсии компонентов газообразных углеводородных топлив (этан) с получением олефиновых мономеров (этилен) с селективностью не менее 90% и конверсией этана не менее 55%.

На первом этапе работы составлен аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы, относящейся к ПНИ, а также проведены патентные исследования по процессам преобразования газообразных углеводородных топлив в олефиновые мономеры с использованием окислительной конверсии, по составу, синтезу и применению катализаторов окислительной конверсии этана в этилен. При этом дана оценка технического уровня и тенденций

развития объектов исследования. Литературные данные, собранные в аналитическом обзоре в совокупности с данными патентных исследований позволили провести сравнительную оценку эффективности возможных направлений исследований, а также обоснование и выбор направления дальнейших исследований по применению катализаторов окислительной конверсии этана в этилен. Было обосновано, что окислительное дегидрирование этана в этилен является одним из самых перспективных способов получения этилена в промышленных масштабах, а ключевым фактором для успешной реализации этого способа является разработка эффективного катализатора окислительного дегидрирования этана на основе смешанных MoVTeNbO_x и MoVSbNbO_x оксидных систем.

В результате выполнения работ первого этапа была разработана эскизная конструкторская документация на экспериментальный стенд ЭС-1 для проведения процесса окислительной конверсии этана в этилен при атмосферном давлении, в соответствии с которой был изготовлен экспериментальный стенд ЭС-1.

Была также разработана эскизная конструкторская документация на экспериментальный стенд (ЭС-2) для проведения испытаний укрупненных партий катализаторов (до 100 г) в реакциях окислительной конверсии $\text{C}_2\text{-C}_4$ углеводородов, закуплено аналитическое и термическое оборудование для комплектации стенда ЭС-2 для испытаний укрупненных партий катализаторов и линии по производству укрупненных партий носителей и катализаторов. В рамках экспериментальных исследований по этому направлению работ проведена разработка и исследование носителя для катализаторов окислительной конверсии $\text{C}_2\text{-C}_4$ углеводородов.

Результаты исследований по теме проекта нацелены на разработку новой высокоэффективной технологии получения крупнотоннажного продукта нефтехимии - этилена на основе каталитического окислительного дегидрирования этана. Создаваемая технология имеет ряд преимуществ: повышение выхода продукта, оперирование при относительно низких температурах (по сравнению с другими технологиями – пиролизом, дегидрированием), увеличение времени процесса без замены катализатора, снижение материало- и энергоёмкости производства, уменьшение отрицательного воздействия на окружающую среду.

Реализация результатов работ может быть осуществлена на предприятиях ОАО «СИБУР», ОАО «Газпром нефть», ОНК и др. Социально-экономический эффект от реализации работы будет связан с увеличением эффективности использования газового сырья для получения олефиновых мономеров за счет преобразования газообразных углеводородных топлив. Для вывода полученной технологии на рынок потребуются завершение ОТР по данной тематике со строительством опытно-промышленной установки по получению олефинов от 1 т в сутки. Объем рынка с учетом общей величины сырья превышает 10 млн. т. продукции. Тематика поддерживается технологическими платформами «Глубокая переработка углеводородных ресурсов», «Технологии добычи и использования углеводородов», «Технологии экологического развития».

УДК 621.791:621.77

РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СТАЛЕМЕДНЫХ КАТОДНЫХ СТЕРЖНЕЙ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ

Н.Н. Довженко, **Г.В. Архипов****, **С.Б. Сидельников***,
И.Л. Константинов*, **Е.С. Лопатина***, **Е.В. Феськов****

**Сибирский федеральный университет, г. Красноярск*

***Объединенная Компания РУСАЛ Инженерно-
технологический центр, г. Красноярск*

В рамках федеральной целевой программы «Исследование и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» по соглашению № 14.579.21.0032 о предоставлении субсидии сотрудниками ООО «Объединенная Компания РУСАЛ Инженерно-технологический центр» и учеными Сибирского федерального университета проведены исследования по теме «Разработка технологии получения алюминия со снижением расхода электроэнергии на действующих электролизерах на 300-1000 кВт*ч/т алюминия».

Одним из направлений снижения расхода электроэнергии является применение в электролизерах сталемедных катодных стержней для замены заготовки прямоугольного сечения из стали марки Ст3 по ТУ 14-104-135-92. Изготовление таких биметаллических катодов позволяет использовать высокую электро- и теплопроводность меди и прочностные свойства стали, что обеспечивает необходимый уровень прочности элементов конструкции электролизеров при интенсивных термомеханических воздействиях. При этом предлагается изготовить стальную заготовку прямоугольного сечения

130x230 мм длиной 2200-2500 мм с приваренной к ней с одной стороны медной полосой толщиной 10-15 мм.

Поэтому целью настоящей работы явилась разработка сравнительно простой и недорогой технологии получения крупногабаритной сталемедной прямоугольной заготовки для изготовления катодного стержня электролизера комбинированным способом с использованием диффузионной сварки и горячей прокатки.

Для реализации этой цели было проведено моделирование процесса и выполнены серии опытов по поиску температурных, временных и деформационных параметров технологии соединения двух полос разнородных сплавов различной толщины. Моделирование, проведенное в ПК DeformTM 3D показало, что при прокатке на гладких валках в горячем состоянии биметаллической сталемедной полосы формируется несимметричный очаг деформации, что приводит к изгибу готового изделия, при этом образуются две зоны, одна в зоне отстаивания и вторая в зоне опережения, в которых возникает разрыв скоростей деформации и касательных напряжений, обеспечивающих условия деформационной сварки стали и меди. Установлено, что для обеспечения требуемой прочности соединения биметалла на срез, необходимо чтобы на границе сталь-медь при температуре горячей прокатки интенсивность скоростей сдвига была не ниже $1,5 \text{ с}^{-1}$, интенсивность касательных напряжений не ниже 75 МПа, величина нормальных напряжений не ниже 50 МПа.

Результаты моделирования использовали для выбора технологических и деформационно-скоростных параметров экспериментальных исследований. В качестве материала для опытов применяли макетные заготовки прямоугольного сечения из стали марки Ст3 размерами 20x20 мм, а также листовую медь марки М1 толщиной от 2 до 6 мм. Прокатку проводили на двухвалковом стане ДУО

200 в гладких и калиброванных валках. Внешний вид полученной биметаллической заготовки показан на рисунке 1.



Рис. 1. Вид полученной сталемедной заготовки

Металлографические исследования образцов после диффузионной сварки и последующей горячей прокатки показали, что микроструктура образцов представляет собой зерна меди и феррито-перлитную структуру стали. Результаты микрорентгеноспектрального анализа позволили заключить, что в образце идет взаимная диффузия меди и железа на разную глубину проникновения. Последующая горячая прокатка плакированной заготовки сопровождается деформацией, как стали, так и меди. При прокатке переходная зона медной и стальной областей уплотняется, а граница между металлами становится четкой, ровной и не имеет расслоений, то есть при горячей прокатке происходит увеличение площади сваривания двух металлов. Для оценки прочности сварного шва были проведены испытания образцов на срез слоев по ОСТ 5.9311-78, которые показали, что сопротивление срезу сварного шва образцов после диффузионной сварки составило 50 МПа, а после прокатки увеличилось до 70 МПа.

Таким образом, в результате проведенных исследований была разработана инновационная технология получения сталемедной заготовки для катодных стержней электролизеров, которая позволяет получить гарантированное качество сварного шва и может быть рекомендована для промышленного опробования.

УДК 544

**ПРОВЕДЕНИЕ ПРИКЛАДНЫХ НАУЧНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ
РАЗРАБОТОК С ЦЕЛЬЮ СОЗДАНИЯ УСТАНОВОК
ГАЗИФИКАЦИИ ТВЕРДЫХ ТОПЛИВ ДЛЯ
ЭНЕРГЕТИКИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

В.Е. Губин, А.С. Матвеев

Национальный исследовательский Томский
политехнический университет, г. Томск

Цель проведения прикладных научных исследований и экспериментальных разработок - создание отработанных конструктивно-технологических решений экспериментальных образцов оборудования газогенераторных установок с газификацией угля горновым и прямоточно-вихревым методами, получением очищенного энергетического газа, пригодного для использования вместо природного газа на предприятиях топливно-энергетического комплекса.

Использование в качестве первичного источника энергии твердого топлива в мировой энергетике занимает значительную долю от общего количества потребляемых энергоресурсов и составляет по оценке экспертов в мире в целом более 40%. Стратегия развития топливно-энергетического комплекса России предполагает увеличение количества добываемого угля, используемого в основном для энергетики и коксохимической промышленности. Такой прогнозируемый рост добычи неизбежно приведет к значительному увеличению антропогенной нагрузки и ухудшению экологической ситуации. Помимо этого уголь обладает еще такими недостатками, как высокая доля негорючего балласта и низкая калорийность.

Компенсировать недостатки угольных технологий на объектах тепло и электроэнергетики позволит процесс газификации твердых топлив. Получаемый при газификации углей синтез-газ, как показывают исследования ведущих мировых ученых, является более качественным продуктом, содержащим значительно меньше не сжигаемого остатка. Процесс трансформации углей в газ является трудоемким как теоретически, так и экспериментально. Анализируя неотъемлемые параллельные задачи прикладного и фундаментального характера, открывается возможность более полного научного исследования газификации. Несмотря на ряд имеющихся успешных проектов газификации, остаются открытыми множество вопросов, одними из которых являются механизм процесса и материальный баланс получаемых продуктов.

Две трети территории России, на которой проживает более 30 млн. человек, не имеют централизованного электро- и теплоснабжения. Указанная территория отличается отсутствием подвода к расположенным населенным пунктам газопроводов природного газа. Ежегодно, по Программе Северного завоза, в летне-осенний период завозится около 20 млн. тонн жидкого топлива (дизельного зимнего и арктического топлива, топлива для газотурбинных установок, печное топливо, мазут и др.) для выработки электроэнергии и тепла. Стоимость вырабатываемой 1 Гкал тепла около 1500-2000 рублей, а себестоимость получаемой электроэнергии порой превышает 100 рублей за 1 кВт ч. Указанные стоимости постоянно растут по разным причинам. Учитывая, что предприятия по добыче угля (шахты, разрезы) находятся к удаленным районам ближе и более равномерно расположены на территории России, чем предприятия по добыче газа или

переработки нефти, то возможность использования в качестве топлива уголь, вместо завозимого мазута и дизельного топлива, в десятки раз может быть дешевле. Но для этого потребуются высокоэффективные газогенераторные установки для газификации угля и получения очищенного энергетического газа, который может быть применен в ПГУ-ТЭЦ, как топливо вместо природного газа, дизельного топлива и мазута. Это обеспечит ежегодную экономию десятков миллиардов бюджетных средств. В последующем, получаемый из угля энергетический газ, по качеству должен быть пригодным для выпуска на месте из него синтез-газа и моторных топлив, включая зимнее и арктическое дизельное топливо, реактивное топливо для авиации и ракетной техники.

Основные результаты работы:

1. Созданные на базе полученных результатов прикладных научных исследований, новые конструктивные и технологические решения для экспериментальных образцов газогенераторных установок горновой и прямоточно-вихревой газификации тонкодисперсной ВУС с получением очищенного энергетического газа требуемого качества.

2. Конструктивно-технологические решения отработанных экспериментальных образцов нового оборудования, входящего в экспериментальные газогенераторные установки горновой и прямоточно-вихревой газификации, включая: виброимпульсную мельницу и гидроударный кавитатор для приготовления из угля тонкодисперсной ВУС; прямоточно-вихревой газогенератор для газификации тонкодисперсной ВУС, с получением генераторного газа; газоочистительное оборудование для очистки генераторного газа от пыли, золы-уноса, NOx, SOx до значений ниже установленных

норм. Данные установки, могут иметь индивидуальное применение после проведения ОКР и организации их серийного выпуска с превосходством над лучшими мировыми образцами.

3. Экспериментальное исследование процессов газификации, воспламенения и горения твердых топлив в окислительных средах, определение температурных полей и кинетики процессов газификации, воспламенения и горения твердых топлив в потоке окислительной среды, установление основных закономерностей, влияющих на выход газообразных продуктов разложения при пиролизе топлива в потоке окислительных сред станет научно-технической основой внедрения актуальной технологии внутрицикловой газификации твердого топлива с целью повышения ресурсоэффективности энергетической отрасли и выполнения требований экологического законодательства.

Таким образом, проведение исследований в указанной области и создание научно-технических основ применения твердых топлив в перспективных газогенераторных установках является актуальной задачей, направленной на решение мировых проблем в области повышения ресурсоэффективности действующих и модернизируемых объектов энергетики и снижения антропогенного воздействия на окружающую среду.

Получаемые результаты прикладных научных исследований и экспериментальных разработок послужат основой для создания новых газогенераторных установок, а также для разработки новых композиций твердых топлив и оптимизацией процессов их газификации и горения в энергосиловых установках, используемых на предприятиях топливно - энергетического комплекса.

УДК 620.9:662.92;658

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ГАЗИФИКАЦИИ, ВОСПЛАМЕНЕНИЯ И СЖИГАНИЯ ТВЕРДЫХ ТОПЛИВ, ПОДВЕРГНУТЫХ МЕХАНОХИМИЧЕСКОЙ И ПЛАЗМЕННОЙ АКТИВАЦИИ

***С.В. Алексеенко**, *А.П. Бурдуков**, *В.Е. Мессерле**,
*А.С. Аньшаков**, *В.И. Попов**, *Г.В. Чернова**,
*А.А. Дектерев**, *С.И. Шторк**, *А.Б. Устименко*****

**ФАНО, Институт теплофизики имени
С.С. Кутателадзе Сибирского отделения
Российской академии наук, г. Новосибирск*

***НТО Плазмотехника, г. Алматы*

Основная проблема, на решение которой направлен проект – повышение эффективности использования угля при его *механоактивированном* измельчении в традиционных теплоэнергетических технологиях и в процессах газификации для парогазовых установок, а также получение из некоксуемого угля синтез-газа для газификации производств.

Цели реализуемого проекта: исследование и разработка новых технологий газификации углей на укрупненных стендах для моделирования процессов перехода на опытно-промышленные установки, в т.ч.:

- разработка и испытание новых систем и технологий газификации и сжигания механоактивированных углей микропомола различных стадий метаморфизма с использованием плазменных технологий воспламенения пылеугольных смесей и управления процессом газификации,
- разработка энергетически эффективной и экологически чистой технологии получения нового

материала – высокопотенциального газа-восстановителя (синтез-газа) плазменной газификацией некоксуемых углей.

Проект направлен на решение задач:

- основная задача проекта - объединение в одной технологии механохимической и плазмохимической активации процессов горения и газификации углей,
- создание технологических решений повышения эффективности горения, воспламенения и газификации угля, а также на получение из некоксуемого угля синтез-газа,
- разработку новых технических решений механохимической и плазменной активации угля для создания технологии газификации, воспламенения и его сжигания: горелочного устройства, дугового плазмотрона для осуществления плазменного старта, парогенератора для системы паровоздушной газификации углей механоактивированного микропомола с дальнейшей рекомендацией в существующих системах газификации пылеугольной смеси в потоке. в т.ч. для ГТУ.

Планируемые результаты.

Разработка рекомендаций по:

- созданию устройств по воздушной и паровоздушной газификации углей с плазменной и механохимической активацией,
- по использованию полученных результатов в существующих системах газификации пылеугольной смеси в потоке, в т.ч. для ГТУ,
- реализации газификации энергетических углей в металлургии и оптимизации процессов газификации некоксуемых углей ультратонкого помола с целью получения высокопотенциального газа-восстановителя.

Основные элементы новизны и технологических решений определяются взаимодействием процессов

механохимической и плазменной активации процессов воспламенения, горения и газификации пылевзвеси угля

Основные полученные результаты:

1. Проведен аналитический обзор научно-технической литературы по выбору направлений исследования.

Аналитический обзор научно-технической литературы показал следующее:

- плазменная активация процесса термохимической подготовки угольного топлива, основанная на химической активации окислителя в плазменной струе является эффективной в процессах розжига пылеугольного факела в топках энергетических котлов,

- перспективным направлением является повышение интенсивности процессов воспламенения, горения и газификации угольной пылевзвеси за счет повышения химической активности самого угольного топлива при его механическом измельчении в высоконапряженных мельничных устройствах,

- описание процессов гидродинамики и теплообмена на основе осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье – Стокса с двухпараметрическими высокорейнольдсовыми моделями турбулентности с использованием метода пристеночных функций, диффузионной моделью переноса излучения позволяют с достаточной для инженерных задач точностью описать течение и теплообмен в топочно-горелочных устройствах. При создании расчетных математических моделей для учета преобразований в угле в процессе сжигания важную роль играет выбор эмпирических констант и зависимостей.

2. Проведена подготовка к проведению экспериментального и расчетного моделирования топочных процессов:



а)



б)

Рис. 1. Вид экспериментального стенда ИТ СО РАН номинальной мощностью порядка 50 кВт для исследования газозафазного горения (а) и визуализация пламени при диффузионном горении газообразного топлива - пропана (б). В рамках выполнения проекта стенд должен быть доукомплектован для проведения опытов с пылеугольным факелом

- отлажена аппаратура и разработаны программы и методики проведения измерений параметров и аэродинамической структуры газовых и пылеугольных факелов с использованием лабораторных горелочных устройств тепловой мощностью до 40-70 кВт (рис. 1),

- разработана конструкторская документация горелочного устройства для экспериментального стенда производительностью по углю до 1000 кг/час. Горелочное устройство изготовлено и смонтировано на экспериментальном стенде,

- проведены работы по модернизации горелочного устройства стенда на 1000 кВт/час по углю с механохимической и плазменной активацией процессов горения и газификации (рис. 2),



Рис. 2. Тепловой стенд ИТ СО РАН мощностью 5МВт с модернизированной вихревой горелкой и плазмотроном

- в рамках построения математической модели процессов газификации и горения угольной пыли после ее обработки в высоконапряженных мельницах определены реакционные свойства угольной пыли после ее механохимической активации,

- проведен термодинамический анализ процесса плазменной газификации смесей угля с окислителем (пар, воздух) с использованием универсальной программы термодинамических расчетов TERRA.

3. В соответствии с предполагаемой заявкой: «Способ технологии механохимической и плазменной активации процесса горения и газификации углей с устройством паровоздушного газификатора, с плазменным стартом и управлением процессом газификации» проведены патентные исследования.

Области применения:

- «большая» и «малая» энергетика, замещение газа и мазута механо-плазмоактивированными углями,

- системы газификации углей для бытовых потребителей; создание локальных источников газификации углей для населенных пунктов, не обеспеченных природным газом,

- ГТУ на твердом топливе для создания когенерационных систем электро-теплоснабжения;

- ГТУ на твердом топливе в т.ч. для ПГУ,

- в металлургии путем использования получаемого из низкосортного угля высокопотенциального газа-восстановителя взамен металлургического кокса в процессе металлизации железорудных окатышей.

УДК 004.94:616-77

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ
СВАРКИ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ С
УЛЬТРАЗВУКОВЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ДЛЯ
ФОРМИРОВАНИЯ НЕРАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ
ДИСПЕРСНО-УПРОЧНЕННЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ
СПЛАВОВ ТРАНСПОРТНОГО И
АВИАКОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

А.Н. Иванов

Национальный исследовательский Томский
политехнический университет, г. Томск

Целью представляемого проекта является улучшение ультразвуковым воздействием эксплуатационных характеристик неразъемных соединений алюминиевых сплавов, получаемых путем сварки трением с перемешиванием, для создания легких и надежных конструкций авиакосмического назначения.

Перспективы коммерциализации определяются следующими составляющими:

- рекомендациями по совершенствованию технологии сварки трением с перемешиванием с ультразвуковым воздействием;
- разработкой стенда для экспериментальных исследований технологических режимов сварки трением с перемешиванием с ультразвуковым воздействием;
- имеющимся у индустриального партнера опытом по разработке технологических процессов с использованием сварки трением с перемешиванием.

В качестве потенциальных потребителей результатов проекта предполагаются предприятия ракетно-космического комплекса, авиационной и транспортной

промышленности, а также судостроительные компании. Планируемыми результатами проекта являются:

1. Промежуточный и заключительный отчеты о прикладном научном исследовании;

2. Отчет о патентных исследованиях;

3. Результаты теоретического исследования влияния параметров технологических режимов сварки трением с перемешиванием с ультразвуковым воздействием на процессы интенсивного массопереноса и термомеханического воздействия в сварных соединениях;

4. Результаты компьютерного моделирования влияния структуры материала на распределение деформаций и напряжений в области сварного соединения и околошовной зоне неразъемных соединений алюминиевых сплавов, получаемых путем сварки трением с перемешиванием с ультразвуковым воздействием;

5. Результаты исследования механических и структурных характеристик лабораторных и экспериментальных образцов неразъемных соединений алюминиевых сплавов Д16, В95, В1469;

6. Стенд для экспериментальных исследований технологических режимов сварки трением с перемешиванием с ультразвуковым воздействием;

7. Технологическая инструкция получения в лабораторных условиях сваркой трением с перемешиванием с ультразвуковым воздействием экспериментальных образцов неразъемных соединений алюминиевых сплавов Д16, В95, В1469 с улучшенными эксплуатационными характеристиками;

8. Проект технического задания на проведение опытно-конструкторских работ по разработке опытного образца установки сварки трением с перемешиванием с ультразвуковым воздействием.

Для достижения указанных результатов требуется последовательное решение ряда задач. Первостепенной задачей является выбор вариантов подвода ультразвукового воздействия с целью оптимального воздействия на структуру сварного соединения и получения улучшенных механических свойств сварных соединений. Далее следует проведение практического научного (теоретического и экспериментального) исследования поведения алюминиевых сплавов при интенсивном термомеханическом воздействии. На основании проведенных исследований выполняется разработка программы и методик исследований структурных и механических характеристик неразъемных соединений, полученных сваркой трением с перемешиванием с ультразвуковым воздействием. На основании разработанных программы и методик проводится получение и испытания образцов неразъемных соединений, полученных сваркой трением с перемешиванием с ультразвуковым воздействием. По результатам испытаний разрабатываются карты эскизов технологии сварки трением с перемешиванием с ультразвуковым воздействием, обеспечивающей изготовление лабораторных и экспериментальных образцов неразъемных соединений алюминиевых сплавов Д16, В95, В1469 с улучшенными эксплуатационными характеристиками. Кроме того, формируется методика оптимизации параметров технологических режимов сварки трением с перемешиванием с ультразвуковым воздействием, обеспечивающих формирование неразъемных соединений ДУАС с улучшенными эксплуатационными характеристиками. После обобщения информации и выводов по результатам ПНИ, завершающим этапом является разработка проекта

технического задания на проведение опытно-конструкторских работ.

В рамках отчетного периода по проекту, на сегодняшний день проведены практические научные исследования. Проведен анализ современной научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей исследуемую научно-техническую проблему. В результате произведен выбор и обоснование направления исследований, а также получены результаты исследования возможных решений задач ПНИ. На основании этого, проведено описание и обоснование выбора оптимального варианта решения задачи, а также выполнены патентные исследования.

Далее был проведен анализ динамики процесса сварки трением с перемешиванием с ультразвуковым воздействием в двухмерной постановке для областей моделирования различного масштаба, а также проведено компьютерное моделирование влияния структуры материала на распределение деформаций и напряжений в области сварного соединения и околошовной зоне. На основании анализа и моделирования разработана методика и выполнены работы по подбору параметров технологических режимов сварки трением с перемешиванием с ультразвуковым воздействием, а также разработаны программы и методики исследования механических и структурных характеристик образцов неразъемных соединений. С учетом разработанных методик, изготовлены лабораторные образцы неразъемных соединений алюминиевого сплава Д16, а также разработаны карты эскизов технологии сварки с трением с перемешиванием с ультразвуковым воздействием для изготовления лабораторных

образцов неразъемных соединений алюминиевых сплавов Д16, В95, В1469.

В результате работ, проведенных в рамках отчетного периода, достигнуты следующие результаты:

1. Теоретические исследования процесса сварки трением с перемешиванием показали, что применение ультразвукового воздействия к рабочему элементу конусовидной формы в направлении, параллельном оси движения, приводит к равномерному внедрению элементов противоположной пластины в околошовной зоне вдоль вертикального сечения. Это также означает повышение прочностных характеристик неразъемных соединений.

2. Компьютерное моделирование показало, что с точки зрения структурной неоднородности наименьшей прочностью обладает поликристаллическая структура в околошовной зоне СТП соединения на стороне отхода.

3. Установлено, что упорядоченная ламельная структура материала в околошовной зоне на стороне набегания обеспечивает более равномерное распределение напряжений и деформаций под нагрузкой и, соответственно, обладает более высокой прочностью, чем поликристаллическая структура в основном материале и шве.

4. Изготовлены лабораторные образцы неразъемных соединений алюминиевого сплава Д16.

5. Исследования структурных и механических характеристик лабораторных образцов неразъемных соединений показали в целом улучшение свойств материала шва за счет воздействия ультразвука.

Выполненные работы соответствуют требованиям технического задания и плану-графику выполнения ПНИ и выполнены в полном объеме.

УДК 629.783

**РАЗРАБОТКА БОРТОВОГО КОМПЛЕКСА
УПРАВЛЕНИЯ НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИИ «СИСТЕМА
НА КРИСТАЛЛЕ» ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ
СВЕРХМАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА**

А.Г. Пятков, В.Х. Ханов

Сибирский государственный аэрокосмический университет
имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск

Разработка новых научно-технических решений в области создания перспективной электронной компонентной базы (ЭКБ) является основой совершенствования ракетно-космической техники. Одним из направлений развития ЭКБ является использование технологии «система на кристалле», которая обеспечивает ряд преимуществ для достижения высоких технических характеристик бортовой аппаратуры. Данная технология получает в настоящее время широкое распространение в электронном космическом приборостроении при создании космических аппаратов разных типов. Вместе с тем, в наибольшей степени достоинства технологии «система на кристалле» должны проявиться при создании бортовой аппаратуры для сверхмалых космических аппаратов, к которой предъявляются жесткие требования к габаритам, массе, энергопотреблению при сохранении высокой функциональности и достаточной надежности. В этом заключается актуальность и новизна проекта – проекта по разработке бортового комплекса управления на базе технологии «система на кристалле» для сверхмалого космического аппарата.

Особенностями разрабатываемого бортового комплекса управления являются:

- реализация в виде системы на кристалле FPGA типа flash;
- сетевые принципы взаимодействия с бортовой аппаратурой;

- одноплатное исполнение для пакетной конструкции сборки печатных плат с использованием межплатных электрических разъемных соединителей.

В ходе выполнения первого этапа прикладного научного исследования получены следующие результаты:

1. Проведен аналитический обзор современной научно-технической, нормативной и методической литературы, позволивший изучить современную практику и выявить тенденции электронного космического приборостроения в области создания бортовых систем управления малыми и сверхмалыми космическими аппаратами.

2. Проведено патентное исследование в предметной области ПНИ, подтвердившее актуальность и соответствие исследования перспективным тенденциям развития электронного космического приборостроения.

3. Разработана концепция цифровой служебной платформы сверхмалого космического аппарата, определяющая основные принципиальные решения для проектирования его основных подсистем, в том числе и бортового комплекса управления, создаваемого как система на кристалле.

4. Разработаны три варианта построения бортового комплекса управления, основанного на технологии «система на кристалле», отличающиеся степенью интегрирования подсистем и/или элементов подсистем в одном кристалле. В качестве рабочего обоснован вариант, оптимально сочетающий высокую степень интеграции подсистем в одном кристалле с издержками реализации тех или иных технических решений и в наибольшей степени удовлетворяющий требованиям к габаритам сверхмалого космического аппарата.

5. Разработана архитектура бортового комплекса управления, определяющая его концептуальную структуру, основную электронную компонентную базу, принципы функциональной верификации и взаимодействия с программным обеспечением, подходы к обеспечению живучести.

УДК 621.371.362

МНОГОЛУЧЕВАЯ ГИБРИДНО-ЗЕРКАЛЬНАЯ АНТЕННА¹

И.Н. Карцан, Д.Д. Дмитриев

Сибирский государственный аэрокосмический университет
имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск

Со времени запуска в середине 60-х годов прошлого века первых спутников связи по настоящее время наблюдается неуклонный рост потребности в этом виде телекоммуникаций, несмотря на временные проблемы, связанные с общим состоянием мировой экономики (например, в 2001 г. наблюдался спад на 0,9%, а в 2002 г. рост всего на 2,5%). В настоящее время спрос на спутниковую емкость в мире можно оценить арендой более 5 тысяч эквивалентных транспондеров (эквивалент – транспондер с полосой 36 МГц).

По данным Минсвязи РФ в перспективе (2015 г.) телекоммуникационным рынком России могут быть востребованы от 400 до 650 транспондеров. В целом в мире на рынке спутниковой связи в течение многих лет наблюдается две устойчивые тенденции. Первая – расширение спектра услуг связи. Особенно быстро растёт спрос на спутниковое телевидение и спутниковый доступ в Интернет. По данным GVF (Global VSAT Forum – ассоциации, объединяющей более 160 производителей VSAT и операторов VSAT-сетей), потребность в спутниковых эквивалентных транспондерах для трафика Интернета к 2020 г. достигнет ~ 3300.

Другой тенденцией, во многом определяющей рост потребительского спроса, является снижение стоимости

¹ Работа поддержана Министерством образования и науки Российской Федерации Соглашение № 14.577.21.0155 от 28.11.2014 г.

спутниковых терминалов.

Таким образом, можно считать, что ключевыми требованиями к перспективным коммерческим системам спутниковой связи (ССС) являются:

- с одной стороны, расширение сферы услуг связи для индивидуальных потребителей и, как следствие этого, увеличение пропускной способности систем и скорости передачи информации;
- с другой стороны, доступность мультимедийных услуг связи широкому кругу потребителей, что требует минимизации габаритных, энергомассовых и стоимостных характеристик потребительских (абонентских) терминалов (АТ).

Эти требования противоречивы по своей сути и могут быть реализованы только при использовании в составе ретранслятора (РТР) узконаправленных многолучевых антенн (МЛА) и мультисервисных бортовых цифровых платформ (МБЦП).

Для реализации требований по формированию многолучевых диаграмм направленности (ДН) и повышения помехоустойчивости в спутниковом ретрансляторе могут быть использованы как фазированные антенные решетки (ФАР) со сканирующими лучами, так и МЛА на базе гибридно-зеркальных антенн (ГЗА). ФАР с цифровым формированием ДН позволяет гибко управлять направлением главных максимумов каждой из парциальных ДН в широком диапазоне углов, создавать глубокие провалы в ДН в направлении на источник помех. Однако ФАР имеет большие массогабаритные характеристики, достаточно сложную аппаратную реализацию, особенно ДОС, и, как следствие, высокую стоимость. Адаптивные ГЗА имеют меньшие углы сканирования, но для геостационарных космических аппаратов (КА) и КА с высокоэллиптическими орбитами данный недостаток несущественен и с лихвой перекрывается более простой конструкцией.

Основным элементом многолучевой ГЗА является облучатель, представляющий собой адаптивную антенную решетку (ААР).

По принципам подавления помех адаптивные антенны подразделяются на ААР фильтрации сигналов и адаптивные компенсаторы. В ААР пространственной фильтрации одновременно в косвенной форме производится оценка приходящих сигналов. При этом вся ААР рассматривается как единый пространственный фильтр, который характеризуется передаточной характеристикой.

В адаптивных компенсаторах принципиальным является наличие основного и дополнительного (компенсационного) каналов, причем взвешивание сигналов производится только в дополнительном канале. Дополнительные каналы часто называют компенсационными, так как в режиме подавления помех он предназначен для компенсации сигналов основного канала. В сумматоре происходит вычитание компенсационного сигнала из основного.

Как показывают исследования, принцип адаптивной компенсации помех следует применять тогда, когда на выходе антенны компенсационного канала мощность помехи намного превышает мощность полезного сигнала. При этом в практических ситуациях компенсационная антенна может быть как остронаправленной, так и слабонаправленной.

Если в качестве компенсационной используется остронаправленная антенна, то её максимум должен быть ориентирован в направлении на помеху. При слабонаправленной антенне её ДН может перекрывать всю зону возможного наличия помех. Различают одно- и многоканальные компенсаторы.

Адаптивные антенны фильтрации сигналов осуществляют весовую обработку сигналов во всех приёмных каналах. Весовая обработка заключается в суммировании сигналов, получаемых с N -входов различных излучателей решетки с учетом весовых коэффициентов (ВК).

В ААР управление характеристикой направленности (ДН антенны) осуществляется регулировкой амплитуд и фаз напряжений сигналов, снимаемых с выходов отдельных излучателей АР. Это достигается путём их умножения на соответствующие комплексные ВК. Комплексные ВК в ААР пространственной фильтрации сигналов подбираются автоматически таким образом, чтобы в сумматоре напряжение полезного сигнала складывались приблизительно в фазе, а напряжения помехи компенсировались.

В ААР пространственной фильтрации в зависимости от внешней сигнально-помеховой обстановки в реальном масштабе времени изменяется ДН. Это позволяет увеличить соотношение сигнал/(помеха+шум) на выходе адаптивной АР. В пределах главного лепестка ДН по мере уменьшения углового расстояния между источниками помехи и сигнала, полезный сигнал в результате адаптации уменьшается. При воздействии по боковым лепесткам помехи подавляются почти полностью, т. е. до уровня собственных шумов.

На практике адаптивные компенсаторы помех получили наибольшее распространение, что объясняется простотой их конструкций. Однако в отличие от пространственной фильтрации сигналов, адаптивные компенсаторы предназначены только для подавления помех, и не позволяют следить за источником полезного сигнала.

Проблеме пространственной фильтрации помех посвящено значительное количество работ. Значительный вклад в решение данной проблемы внесли Я.Д. Ширман, В.Н. Манжос, И.Д. Леховицкий, Б. Уидроу, В.И. Джиган, Д.И. Воскресенский, Р.А. Монзиги и другие. Работы указанных авторов содержат теоретическую основу для синтеза алгоритмов пространственной фильтрации. Но приведенные в литературе оптимальные алгоритмы сложны, имеют большое время сходимости и сложную аппаратную реализацию. Кроме того, работ, посвящённых вопросам пространственной фильтрации при применении МЛА крайне мало.

УДК 621.396.933:527.8

**РАЗРАБОТКА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО
БОРТОВОГО КОМПЛЕКСА УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ
МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАДИАЦИОННО-СТОЙКОЙ
ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ РОССИЙСКОГО
ПРОИЗВОДСТВА КЛАССА «СИСТЕМА
НА КРИСТАЛЛЕ»**

*В.В. Шайдуров, Е.А. Вейсов,
О.В. Непомнящий, В.Н. Тяпкин*

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

1. Цель прикладного научного исследования и экспериментальной разработки

1. Получение значимых научных результатов для построения высокотехнологичной, унифицированной платформы малых космических аппаратов на основе элементной базы российского производства пятого поколения, позволяющей комплексно решать перспективные задачи космического мониторинга, дистанционного зондирования Земли и связи.

2. Моделирование и макетирование различных технических решений и технологических условий по созданию бортового комплекса навигации, ориентации и управления, ориентированного на эффективное функционирование в течение длительного срока активного существования малых космических аппаратов на основе передовых достижений отечественной микроэлектроники с использованием устройств класса «система на кристалле».

2. Основные планируемые результаты проекта, пути и способы их достижения

1. В результате выполнения работ по проекту будут разработаны:

- концепция сетевой архитектуры бортового комплекса управления (БКУ) малого космического аппарата (КА);

- методы и сценарии переключения резервных комплектов при отказах бортовой аппаратуры в сетевом БКУ;

- опытный образец БКУ с сетевой архитектурой для малых КА;

- программно-аппаратный комплекс специальных испытаний радиоэлектронной аппаратуры КА;

- экспериментальная отработка отказоустойчивости сетевого БКУ.

2. Результаты проекта будут использованы в области проектирования и разработки малых автоматических космических аппаратов дистанционного зондирования Земли, связи, навигации и геодезии; для создания перспективных систем управления и контроля исполнительных прецизионной автоматики космических аппаратов; а также создания систем пространственной ориентации и навигации, систем энергопреобразующей аппаратуры КА.

3. Разработанные технологии проектирования специализированных «систем на кристалле» окажут положительное влияние на развитие научно-технологических направлений в стратегических областях отечественной экономики: авиакосмическом приборостроении, микроэлектронике, энергетике и вычислительной технике. Новые

технологические решения позволят повысить качество управления бортовых систем и выйти на принципиально новый уровень в организации управляющей аппаратуры КА.

4. Бортовой комплекс управления КА обладает набором характеристик, позволяющим поставить его в один ряд с мировыми аналогами, разрабатываемыми иностранными фирмами-производителями в области космического приборостроения, работающими в сотрудничестве с ESA, NASA, Surrey Space Centre, Guildford (Англия), Astrium SAS, Velizy (Франция).

5. Технологические риски внедрения качественно новой архитектуры сетевого БКУ могут быть существенно снижены за счет применения последних достижений в области отечественной микроэлектроники, углубленной наземной экспериментальной отработки прототипа БКУ и проведения лётно-космических испытаний в составе технологических КА. В настоящее время в космической отрасли Российской Федерации, создан необходимый научно-технический задел, позволяющий разработать единую унифицированную аппаратно-программную платформу для бортовых комплексов управления КА различного класса на основе высокоэффективных информационно-управляющих бортовых сетей и модульной конструкции, объединяющей все функциональные узлы БКУ в единый малогабаритный аппаратно-программный комплекс с широкими возможностями функционально-аппаратной модернизации.

3. Назначение и область применения результатов проекта

1. Результаты проекта планируется использовать на предприятиях космической отрасли, при выполнении

ОКР по проектированию реконфигурируемых бортовых систем малых КА, распределенных систем управления и модулей технического зрения портативных устройств, а также встраиваемых процессорных ядер для микроэлектронных систем на кристалле.

2. Результаты работы могут быть использованы для создания малых и сверхмалых космических аппаратов, лабораторных и рабочих мест по их изготовлению и наземной экспериментальной отработке бортовой аппаратуры для платформ космических аппаратов. Возможными потребителями результатов работы являются разработчики и производители космических аппаратов и их компонентов, в том числе ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина», ОАО «Информационные спутниковые системы имени академика М.Ф. Решетнёва», ВНИЭМ.

3. Результаты проекта позволят создать необходимый научно-технический задел для внедрения единой унифицированной аппаратно-программной платформы для бортовых комплексов управления малыми космическими аппаратами (МКА) на основе высокоэффективных информационно-управляющих бортовых сетей и модульной конструкции, объединяющей все функциональные узлы БКУ в единый малогабаритный аппаратно-программный комплекс с широкими возможностями функционально-аппаратной модернизации. Вместе с тем, в сопутствующих секторах рынка должно произойти качественное увеличение спроса на БКУ ответственного применения и распределенные системы управления.

4. Текущие результаты проекта

1. Выполнен аналитический обзор научных и

информационных источников. Проанализирована научно-техническая литература в нескольких аспектах, касающихся разработки бортового комплекса управления для малых космических аппаратов: архитектура БКУ, бортовое программное обеспечение, организация внутрисистемных и бортовых интерфейсов, навигационная аппаратура.

2. Разработан регламент проведения патентных исследований, осуществлен поиск патентной документации по российским и международным базам данных.

3. Выполнено исследование, обоснование и выбор принципов, методов и средств создания системы сетевой, модульной архитектуры для БКУ МКА.

4. Проработаны варианты возможных решений задачи и их сравнительный анализ. Обоснован выбор оптимального варианта решения задачи проектирования БКУ МКА, аппаратуры ориентации МКА и целевой аппаратуры.

5. Разработан технический проект, конструкторская и программная документация для Программно-аппаратного комплекса специальных испытаний радиоэлектронной аппаратуры (ПА КСИ РЭА).

6. Изготовлен и испытан отладочный комплект ПА КСИ РЭА.

7. Разработана программная документация для IP-блоков БКУ.

УДК 629.783

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПЕЛЕНГАЦИОННОГО И НАВИГАЦИОННОГО СПОСОБОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРИЕНТАЦИИ¹

В.Н. Тяпкин, И.Н. Карцан

Сибирский государственный аэрокосмический университет
имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск

Для определения ориентации объекта в пространстве необходимо и достаточно задать некоторый базис в двух системах координат – в системе, связанной с Землей и в связанной системе координат. Для задания базиса в связанной с объектом системе координат достаточно размещение на объекте двух неколлинеарных векторов-баз, жестко связанных с осями объекта. Величины баз могут быть различными. Полученные два вектора можно дополнить третьим вектором, равным их векторному произведению.

Для определения ориентации объекта необходимо измерить положение векторов-баз в системе координат, связанной с Землей, для чего используются результаты измерения фазового сдвига сигналов навигационных космических аппаратов (НКА) между разнесенными антеннами по двум базам.

Также требуется получить решение задачи, если длины баз и угол α между ними априорно неизвестны. Такая задача может быть поставлена, например, при калибровке антенной системы радионавигационной аппаратуры.

¹ Работа поддержана Министерством образования и науки Российской Федерации Соглашение № 14.574.21.0131 от 28.11.2014 г.

Навигационный и пеленгационный методы, несмотря на симметрию коэффициентов и неизвестных, имеют и существенные различия. Прежде всего, они различаются числом неизвестных. Очевидно, что полная симметрия этих методов – по ходу решения и по числу неизвестных – достигается в случае, когда число баз интерферометра равно числу наблюдаемых НКА. Такой случай имеет место при измерении ориентации при минимальной конфигурации – измерении ориентации по двум НКА с помощью двухбазового интерферометра.

В реальных условиях число наблюдаемых НКА может достигать 10 и более. При малом числе баз (случай, характерный для большинства практических приложений) число наблюдаемых НКА значительно превышает число баз. При этом навигационный метод может оказаться проще пеленгационного, прежде всего, за счет меньшего числа неизвестных. В пеленгационном методе число линейных уравнений то же, что и в навигационном, но при этом неизвестных значительно больше. Точность же обоих методов одинакова (поскольку исходные данные, система уравнений и выходные данные совпадают), что достигается большим числом нелинейных уравнений связи между направляющими косинусами векторов-направлений на НКА.

При большом числе баз, например, при использовании антенных решеток, число баз может превышать число наблюдаемых НКА. Ярким примером такой ситуации может быть применение антенных решеток в условиях малого числа видимых НКА, например, на геостационарной орбите. В этом случае пеленгационный метод оказывается предпочтительней, поскольку число неизвестных

параметров будет меньше, чем при использовании навигационного метода.

Другим отличием навигационного и пеленгационного методов является эволюция коэффициентов линейных уравнений. В навигационном методе коэффициентами линейных уравнений служат направляющие косинусы направлений на НКА. Поскольку координаты НКА постоянно изменяются, то, соответственно, изменяются и коэффициенты линейных уравнений. В пеленгационном методе коэффициенты линейных уравнений заранее известны и не изменяются, поскольку это координаты векторов-баз в связанной системе. Это обстоятельство позволяет упростить решение системы уравнений, частично решив его заранее, например, в первом приближении для трех и более баз. В случае двух баз заранее определяются коэффициенты, зависящие только от коэффициентов линейных уравнений. Кроме того, при решении задачи в связанной системе координат имеется дополнительная возможность отбраковки ложных решений, появляющихся в результате решения нелинейной системы уравнений. Это связано с тем, что при решении нелинейных уравнений относительно направляющих косинусов направления на НКА получается два решения, которые находятся по обе стороны плоскости, в которой лежат векторы-базы. Антенны же имеют такую диаграмму направленности, что способны принимать сигналы только из верхней полусферы. Обычно антенны интерферометра располагаются перпендикулярно плоскости решетки, поэтому из двух решений легко выбрать верное.

УДК 621.396.6

**РАЗРАБОТКА АНТЕНН ДЛЯ ВЫСОКОТОЧНЫХ
ШИРОКОПОЛОСНЫХ АКТИВНЫХ АНТЕННЫХ
РЕШЕТОК КРУГОВОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ
L ДИАПАЗОНА**

В.Н. Шенов, В.В. Марков, В.Д. Архипов, Д.В. Петров
Красноярский научный центр Сибирского отделения
Российской академии наук, г. Красноярск

При создании транспортной техники нового поколения и интеллектуальных систем управления новыми видами транспорта остается не решенной проблема проведения высокоточных автоматических измерений координат перемещающегося транспорта. При этом необходимо, чтобы такие измерения были защищены от воздействия случайных и преднамеренных помех.

Цель работы – разработка и вывод на рынок высокоточных широкополосных антенн круговой поляризации L диапазона и малоэлементных активных антенных решеток на их основе – научно-технической продукции мирового уровня, предназначенной для передвижных высокоточных помехозащищенных приемников Глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС).

На первом этапе работы предложены новые способы улучшения технических характеристик щелевых полосковых антенн вытекающей волны с круговой поляризацией. На основе новых способов разработаны компьютерные 3D модели данных антенн. Разработанные антенны имеют малогабаритный плоский проводящий экран и предназначены для применения в малоэлементных высокоточных антенных решетках помехозащищенных приемников ГНСС.

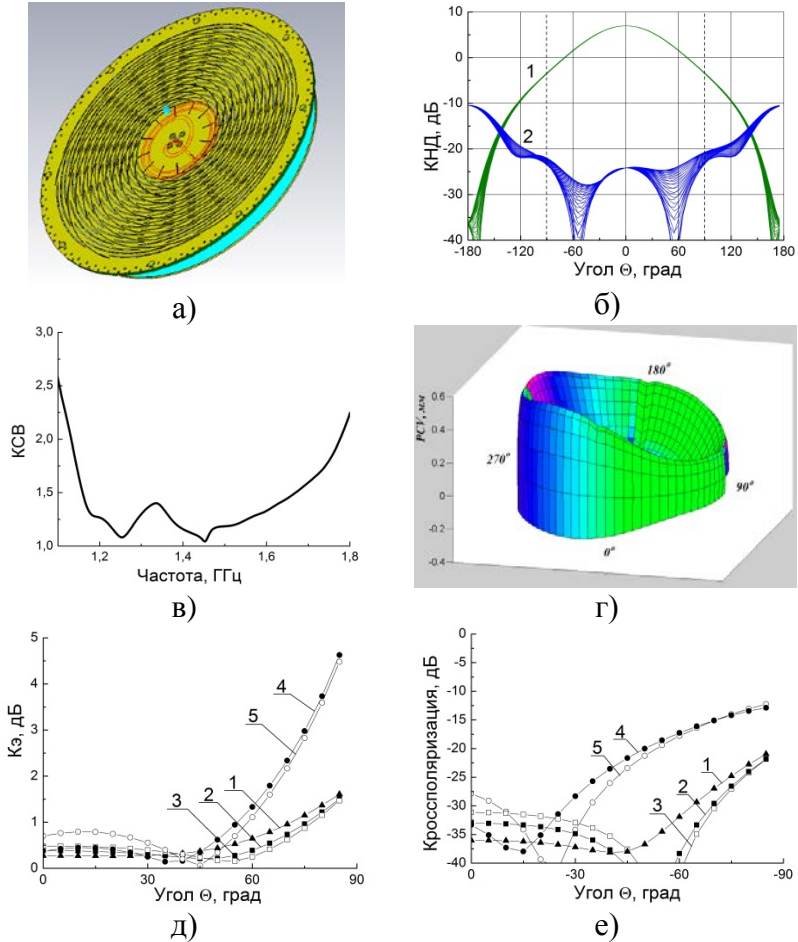


Рис. 1. 3D модель одной из разработанных антенн (а); диаграмма направленности (ДН) на частоте 1246 МГц (б), где 1 – правая круговая, 2 – левая круговая поляризация; КСВ (в); графическое представление стабильности фазового центра на частоте 1246 МГц (г); коэффициент эллиптичности (д) и кроссполяризация (е), где 1 – 1202 МГц, 2 – 1227 МГц, 3 – 1246 МГц, 4 – 1575,4 МГц, 5 – 1602 МГц

Одна из разработанных 3D моделей и ее рассчитанные характеристики показаны на рис. 1. Антенна спроектирована на диэлектрической подложке с двусторонней металлизацией. Толщина диэлектрической подложки равна 1.524 мм, диаметр 145 мм, диэлектрическая проницаемость (ϵ) = 3.3. Электрические длины щелевых излучателей настроены на диапазоны рабочих частот антенны – L1 (ГЛОНАСС/GPS), L2 (ГЛОНАСС/GPS), L3 (ГЛОНАСС).

Проведенные теоретические исследования основных технических характеристик антенн показали, что применение новых способов улучшения технических характеристик, предложенных авторами данного проекта, уменьшает коэффициент эллиптичности, увеличивает подавление кроссполяризации и повышает стабильность фазового центра антенны, что позволяет уменьшить влияние многолучевой интерференции на результаты измерений, и, в конечном итоге, повысить точность позиционирования по сигналам ГНСС.

Показано, что разработанные антенны обладают высокой стабильностью локальных фазовых центров (PCV) (наихудшее значение 3 мм, наилучшее 0.2 мм); хорошим коэффициентом эллиптичности (Кэ) (наихудшее значение в зените ДН 0.8 дБ, наилучшее 0.3 дБ); высоким подавлением кроссполяризации (наихудшее значение в зените ДН минус 27 дБ, наилучшее минус 36 дБ, наихудшее значение при угле 5 градусов над горизонтом минус 12 дБ, наилучшее минус 20 дБ), коэффициент стоячей волны (КСВ) менее 1.5.

Работа выполнена при поддержке Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы», Соглашение № 14.604.21.0038.

УДК 621.512,621.22

**РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ
ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ
ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕТОДОМ
ИНЖЕКЦИОННОГО ФОРМОВАНИЯ
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ СЛОЖНОЙ
ФОРМЫ С ПОВЫШЕННЫМИ ФИЗИКО-
МЕХАНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ ДЛЯ
ТРАНСПОРТНЫХ И КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Г.Е. Руденский

Национальный исследовательский Томский
политехнический университет, г. Томск

Целью реализуемого проекта является разработка составов порошковых композиций и лабораторной технологии инъекционного формования металлических изделий с повышенными на 30% характеристиками ударной вязкости и на 10% временным сопротивлением относительно изделий, полученных традиционными методами порошковой металлургии.

Планируемые результаты проекта:

- Обеспечение ключевых высокотехнологичных отраслей экономики РФ изделиями сложной формы, функционирующими в условиях высоких динамических нагрузок;
- Исключение технологической зависимости от зарубежных компаний - поставщиков фидстоков для производства изделий методом инъекционного литья под давлением;
- Снижение себестоимости изготовления изделий сложной формы за счет отказа от дорогостоящих операций механической обработки;

- Повышение конкурентоспособности высокотехнологичных изделий экономики РФ на международном и отечественном рынках.

Задачи, которые необходимо решить для достижения целей проекта:

- Определение характеристик составов порошковых композиций, режимов получения фидстоков и изделий, обеспечивающих повышение ударной вязкости изделий не менее чем на 30%, прочности не менее чем на 10% относительно изделий, изготовленных методами металлургии;

- Исследование влияния химического состава порошковых композиций, режимов их обработки, применяемых для получения РИМ изделий методов и объема партии на себестоимость изделий;

- Создание экспериментальной лабораторной линии для прикладных научных исследований в области РИМ технологий и методик проектирования РИМ изделий;

- Получение экспериментальных образцов (прототипов) изделий для разработки промышленной технологии их производства.

Работы, проведенные в отчетном периоде и направленные на решение задач проекта:

- Проведен анализ научно-технической литературы в области технологий инъекционного формования порошковых композиций (фидстоков);

- Проведены патентные исследования по ГОСТ 15.011-96;

- Изготовлены экспериментальные партии дисперсных систем – исходных компонент фидстоков;

- Выполнены исследовательские испытания экспериментальных партий дисперсных систем

методами электронной микроскопии, рентгеновской дифракции, сорбции газов;

- Выбраны варианты порошковых композиций, способы их получения и варианты изделий для исследований;

- Разработана методика расчета геометрических характеристик форм для инъекционного формования РИМ изделий;

- Проведены маркетинговые исследования рынка;

- Выполнены исследовательские испытания микроструктуры и элементного состава образцов порошковых композиций (фидстоков) зарубежного производства и изделий на их основе;

- Выполнен анализ технико-экономических характеристик фидстоков зарубежного производства и изделий на их основе.

В рамках этапа изготовлены экспериментальные партии дисперсных систем, которые планируется использовать в составе разрабатываемых фидстоков в качестве активаторов процессов формования и синтеза МИМ изделий. Результаты исследования физико-химических свойств дисперсных систем подтвердили предположения об их пригодности для использования в качестве компонент разрабатываемых фидстоков. Экспериментальные исследования фазового и химического состава, структуры и микротвердости полуфабрикатов и изделий из сталей марок 316L, 420W, 4140 позволили выявить особенности структурно-фазовых превращений, происходящих в процессе получения МИМ изделий и определяющих их конечные технико-экономические характеристики.

Работа выполнена на высоком научном уровне, в соответствии с требованиями Технического задания, полученные результаты доложены на международной конференции «International Conference on Physical Mesomechanics of Multilevel Systems 2014» и опубликованы в тематическом выпуске журнала Applied Mechanics and Materials, индексируемом базой Scopus.

Полученные результаты ПНИ обеспечивают развитие перспективного научно-технического направления в области инъекционного литья под давлением порошковых композиций на основе ультрадисперсных активаторов процессов формования и синтеза изделий.

Способы и действенность поддержки проекта индустриальным партнером

В результате взаимодействия с предприятиями ракетно-космической отрасли определены основные материалы для исследования – стали 20X13 (AISI 420), 38XA, 12X18H10T, титановый сплав ВТ6, алюминиевый сплав АМг6, а также варианты крепежных и соединительных изделий, экспериментальные образцы которых могут быть представлены для оценки дальнейшей разработки в целях промышленного применения.

УДК 536.423

**СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОХЛАЖДЕНИЯ
ТЕПЛОНАПРЯЖЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОДНОКОМПОНЕНТНЫХ
ДВУХФАЗНЫХ ПОТОКОВ**

*О.А. Кабов, Д.В. Зайцев, Ю.О. Кабова, Е.В. Орлик,
Е.Ф. Быковская, А.А. Семенов, Е.Н. Шатский,
В.В. Чеверда, Ю.В. Люлин*

Институт теплофизики имени С.С. Кутателадзе Сибирского
отделения Российской академии наук, г. Новосибирск

Выполнен аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей научно-техническую проблему, исследуемую в рамках ПНИ, включающий 202 источников.

Проведены патентные исследования в соответствии с поставленной задачей - исследование технического уровня и тенденций развития объекта исследований. Установлено, что на 31.10.2014 г. исследуемый объект соответствует мировому уровню техники в заданной области, обладает новизной и изобретательским уровнем, соответствует условию промышленной применимости. Охранных и иных документов РФ, США, Японии, Китае и др. странах, которые будут препятствовать патентованию разрабатываемых решений, не выявлено.

Обоснованы актуальность планируемых исследований и выбор направления теоретических и экспериментальных исследований тепловых процессов в испарительных системах охлаждения с использованием однокомпонентных двухфазных потоков.

Разработана теоретическая модель, описывающая

процессы теплоотдачи от локальных или сложно распределенных источников тепла к пленке жидкости, движущейся под действием спутного потока пара в канале. Создан алгоритм математического моделирования теплоотдачи от локальных или сложно распределенных источников тепла к пленке жидкости. Выполнена программная реализации алгоритма. Проведена верификация расчетных алгоритмов. Проведены численные расчеты динамики, испарения и трехмерных деформаций в тонкой пленке жидкости при охлаждении источника тепла высокой интенсивности. В результате численных расчетов установлено, что в местах локального нагрева давление в паре может иметь значительные градиенты, что приводит к заметной дисперсии в распределении температуры, как по потоку жидкости, так и против потока. Это, в частности, приводит к уменьшению относительных величин деформаций поверхности.

Разработана техническая документация на изготовление экспериментальной установки для исследования теплообмена в области контактной линии. Начато изготовление установки и закупка необходимого оборудования.

Подготовлена и подана заявка на патент. Исполнители проекта приняли участие в мероприятиях, направленных на освещение и популяризацию промежуточных результатов ПНИ.

Иностранным партнером (Университет Кьюшу, г. Фукуока, Япония) разработана и изготовлена экспериментальная установка для исследования двухфазных потоков при нагреве от распространенного нагревателя. Для исследования физических процессов на созданной установке, разработаны оптические методы диагностики.

УДК 536.423

**СОЗДАНИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДЕЛА
И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ
ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ДВУХФАЗНЫХ
СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ С ЕСТЕСТВЕННОЙ
ЦИРКУЛЯЦИЕЙ ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ И
ТРАНСПОРТНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ**

*О.А. Кабов, Е.Я. Гатапова, И.В. Марчук,
В.М. Анискин, Е.Н. Шатский, Ю.В. Люлин*

Институт теплофизики имени С.С. Кутателадзе Сибирского
отделения Российской академии наук, г. Новосибирск

Сделан обзор и анализ современной научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей научно-техническую проблему, исследуемую в рамках настоящих прикладных научных исследований. Обзор включает 58 источников.

Проведены патентных исследований по ГОСТ 15.011-96. Наименование объекта: "Двухфазные системы охлаждения на основе контурных тепловых труб." Краткое описание объекта: Система охлаждения на основе контурной трубы с продольными криволинейными ребрами с отсосом конденсата из межреберных впадин. Установлено, что на 24.11.2014 г. исследуемый объект соответствует мировому уровню техники в заданной области. Охранных и иных документов в РФ, США, Японии, Китае и др. странах, которые будут препятствовать патентованию данного решения, не выявлено.

Обоснован и выбраны направления исследований. Выбранное направление исследований является перспективным. Исследуемый объект соответствует мировому уровню техники в заданной области техники. Проект главным образом будет направлен на получение фундаментальных основ по созданию испарителя с

удлиненным мениском для тепловой трубы и создание конденсатора и контурной тепловой трубы.

Разработана модель процесса конденсации неподвижного пара в конденсаторе с продольными криволинейными ребрами с отсосом конденсата из межреберного пространства с учетом капиллярных сил и сил гравитации. Поставлена и решена задача о пленочной конденсации пара на различных криволинейных ребрах с учетом влияния гравитации. Выполнены расчеты конденсации водяного пара на ребре оптимизированной и полукруглой формы для различных наклонов ребра относительно направления вектора гравитации. Расчеты показали, что суммарный расход конденсата с ребра полукруглой формы уменьшается (на 25%) при изменении положения ребра относительно направления вектора гравитации, и при этом сдвигается точка «нуля» расхода, относительно которой конденсат течет в разные стороны. Для ребра оптимизированной формы такого сдвига нет. Вершина ребра с большой кривизной служит своеобразным «барьером» для течения. Происходит перераспределение жидкости на круглом ребре при наклоне оси ребра относительно вектора гравитации со сдвигом максимума толщины пленки, чего не наблюдается на оптимизированном ребре. Коэффициенты теплоотдачи с оптимизированных ребер значительно выше коэффициентов теплоотдачи с ребер полукруглой формы, поэтому ребра оптимизированной формы существенно более выгодны в производстве оребренных поверхностей. Модель процесса конденсации неподвижного пара в конденсаторе с продольными криволинейными ребрами с отсосом конденсата из межреберного пространства с учетом капиллярных сил и сил гравитации обеспечивает: верификацию расчетных алгоритмов и погрешность моделирования не более 10 %.

Оснащена экспериментальная установка для исследования испарения и теплообмена в динамическом

мениске. Из средств Соглашения закуплены: виброизоляция настольная система для размещения стенда, оптические компоненты для Шлирен метода, высокоточная оптическая система, источник света для высокоточной оптической системы.

Проведен анализ влияния уровня заполнения межреберных впадин на интенсивность конденсации. Величина уровня заполнения межреберных впадин существенно влияет на интенсивность конденсации в целом, однако не влияет на процесс конденсации на выпуклой части ребер. Поэтому при расчете режимных параметров работы конденсатора можно брать суммарный поток конденсата с выпуклой части ребер конденсатора для определения его производительности.

Проведен анализ влияния характеристик различных покрытий поверхностей на удлинение мениска. Для удлинения мениска необходимым условием является хорошая смачиваемость подложки жидкостью. Причем созданное покрытие должно выдерживать тепловые нагрузки, возможные в тепловых трубках. Также необходимо чтобы покрытие гарантированно служило определенное время, т.е. требованиям износостойкости. При анализе существующих на данный момент множества технологий нанесения покрытия было выбрана так называемая технология Grafting, описанная в патенте Европейский патент EP 2 028 432 A1, 2009.

Создана экспериментальная установка с микротермопарой для исследования температурных скачков в межфазной области. В состав которой входят: 1. Рабочий участок. 2. Источник питания. 3. Микро-термопара с прецизионной подвижкой с шагом 1 мкм. 4. Контрольно-измерительная система (АЦП, термопары). 5. Персональный компьютер. 6. Цифровая видеокамера. 7. Гониометр.

Разработаны и создана серия микротермопар малых размеров для исследования межфазной границы раздела.

Разработан метод исследования межфазной границы раздела с помощью микротермопар. Созданные микротермопары малых размеров для исследования межфазной границы раздела имеют поперечный размер не более 4 микрон и обеспечивают проведение измерений с точностью не хуже 0.01 К.

Изучен опыт создания и использования крупных контуров тепловых труб партнера из Франции. Опыт создания и использования контурных тепловых труб партнера из Франции, а также опыт фирмы ЕНР будут в максимальной степени использованы при выполнении данного проекта. Опыт исследования в миниатюрных тепловых трубах также будет использован при выполнении проекта. Партнером будут предоставлены некоторые чертежи и консультации. Планируются визиты для обмена опытом в 2015-2016 гг.

Принято участие в мероприятиях, направленных на освещение и популяризацию результатов. Для освещения и популяризации результатов ПНИ, на 4 Международных и Всероссийских конференциях участниками проекта было сделано 5 докладов.

Иностраным партнером выполнено теоретическое и численное моделирование неравновесных процессов с фазовыми превращениями в микросистемах в части постановки граничных условий с кинетическими коэффициентами для фазовых превращений для линейной задачи.

Получателем субсидии за отчетный период по 1 этапу выполнены все работы в соответствии с требованиями Технического задания, Плана-графика исполнения обязательств, требованиям по достижению значений показателей результативности, отчетная документация оформлена в надлежащем порядке. Обязательства, указанные в пункте 1.2 соглашения по 1 этапу исполнены надлежащем образом и в полном объеме.

УДК 621:629

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА
ВЫСОКОТОЧНОЙ ЛАЗЕРНОЙ И СВЕТОДИОДНОЙ
СИСТЕМЫ ПОСАДКИ СКОРОСТНЫХ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В УСЛОВИЯХ
ОГРАНИЧЕННОЙ ВИДИМОСТИ**

Г.А. Калошин

Институт оптики атмосферы имени В.Е. Зуева Сибирского
отделения Российской академии наук

Проект выполняется ФГБУН Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева, г. Томск в рамках Соглашения № 14.604.21.0042 от 19 июня 2014 г. совместно с индустриальным партнером ОАО «НИИ «Экран», г. Самара.

Объем средств субсидии всего: 10 млн. руб. По годам в 2014 г. – 4 млн. руб.; в 2015 г. – 6 млн. руб. По этапам: 1 (2014 г.) - 4 млн. руб.; 2 (2015 г.) - 4 млн. руб.; 3 (2015 г.) - 2 млн. руб. Внебюджет всего: 2 млн. руб. По годам в 2014 г. – 0,8 млн. руб.; в 2015 г. – 1,2 млн. руб. По этапам: 1 (2014 г.) - 0,8 млн. руб.; 2 (2015 г.) – 0,7 млн. руб.; 3 (2015 г.) – 0,5 млн. руб.

Целью проекта является: Обеспечение надежности высокоточного обеспечения посадки скоростных летательных аппаратов (ЛА) по зрительной лазерной и светодиодной СП в условиях I категории ИКАО и оптимизация характеристик для достижения максимальной дальности действия и минимального энергопотребления.

Перспективы коммерциализации результатов проекта: Реализация цели проекта позволит повысить

регулярность полетов самолетов в условиях I категории ИКАО (высота принятия решения до 60 м при минимальной видимости 800 м) за счет более раннего обнаружения сигнальной навигационной информации, за счет более высокой точности и надежности захода на посадку и эргономичности СП. Позволит снизить аварийность при посадке ЛА и заменить энергоемкие, технически и технологически сложные традиционные светотехнические СП.

Планируемые результаты проекта: как ПНИЭР, так и освоения (промышленного внедрения).

Для изучения возможностей надежного обеспечения полетов по I категории ИКАО в проекте решаются две основные задачи:

1. Экспериментальные и теоретические исследования закономерностей переноса контраста яркости лазерных пучков СП в зависимости от их пространственных и цветовых характеристик и порога контрастной чувствительности зрения при наблюдении рассеянного излучения при различных дистанциях, метеоусловиях и времени суток с целью выявления оптимальных пространственных и цветовых характеристик пучков, позволяющих получить необходимые дальности обнаружения и энергопотребления в реальных условиях эксплуатации.

2. Теоретические исследования необходимой осевой силы света светодиодной СП в зависимости от цветовых характеристик и порога контрастной чувствительности зрения при наблюдении огней при различных дистанциях, метеоусловиях и времени суток с целью выявления минимально необходимой силы излучения светодиодов при заданных дальности обнаружения, метеоусловиях и времени суток и, соответственно, с целью уменьшения энергопотребления.

Задачи, решаемые для достижения целей проекта:

- при теоретическом решении задачи видения прямого и рассеянного излучения лазерных и светодиодных СП в приземном слое атмосферы нами выполняются расчеты предельной дальности видимости лазерных и светодиодных источников света при изменении метеорологической дальности видимости, осевой силы света и его спектрального состава, условий наблюдения: день, ночь, сумерки, микрофизических и оптических характеристик аэрозоля атмосферы и пороговых характеристик зрения при наблюдении как прямого, так и рассеянного излучения;

- при проведении расчетов будет использован оригинальный подход, основанный на однократном приближении в решении уравнения переноса излучения и решениях, следующих из теории Ми. Предварительные результаты расчетов, полученные с использованием данного подхода, показывают их соответствие экспериментальным данным. Кроме того, для расчетов коэффициентов аэрозольного рассеяния и ослабления будет использована оригинальная модель атмосферного аэрозоля.

Экспериментальные исследования выполняются с целью выявления оптимального контраста яркости пучка в зависимости от характеристик пучка и порога контрастной чувствительности зрения при наблюдении рассеянного излучения при различных расстояниях, метеусловиях и времени суток.

Экспериментальная часть исследований будет выполняться имеющимися в распоряжении участников проекта фотометрами собственного изготовления и японским яркомером типа Konica Minolta (LS-100/110), который закуплен за счет средств субсидии. Основой здесь является научно-технический задел

участников проекта по экспериментальным исследованиям контраста яркости лазерных пучков, проводимых в Большой аэрозольной камере ИОА СО РАН, входящей в список уникальных установок и необходимое оборудование, и квалификация исследователей.

При выполнении экспериментальных измерений также будет осуществляется дозиметрия прямого и рассеянного лазерного излучения при изменении расстояния до источника с помощью имеющегося дозиметра ИЛД-2М и закупленных дозиметров за счет средств субсидии измерителя мощности и энергии Nova-II фирмы OPHIR-SPIRICON Inc. Израиль и ЛАДИН Туламашзавод.

Работы, проведенные в отчетном периоде и направленные на решение задач проекта.

Предварительные результаты расчетов с использованием ПТП. Рис. 1 иллюстрирует минимально необходимые для уверенного обнаружения мощности излучения лазерных маяков и светодиодов. Расчеты показывают, что при метеорологической дальности видимости (МДВ) $S_m = 800$ м излучение лазерной и светодиодной СП будут надежно обнаруживаться ночью и в сумерках с расстояний, равным (1,2 - 1,6) км, что соответствует метео минимуму I категории ИКАО (высота принятия решения не менее 60 м при видимости не менее 800 м).

Рассеянное излучение, создаваемое лазерной СП, является безопасным для летного экипажа на любых удалениях от маяков, а также при пробеге самолета по ВПП. Для обслуживающего персонала при эксплуатации лазерной СП требуется соблюдение мер санитарной безопасности и использование средств индивидуальной защиты.

Экспериментально подтверждено, что контраст пучка при распаде искусственного тумана сохраняется до 26 оптических толщин, что соответствует МДВ, равной 800 м или I категории ИКАО. Следовательно, лазерные пучки будут видны при таких метеоусловиях, что соответствует ТЗ.

Результаты, полученные при выполнении проекта, позволят определить условия и конкретизировать требования к пространственным, цветовым и энергетическим характеристикам световых пучков, при которых возможно надежное обеспечение полетов по I категории ИКАО. Теоретические и экспериментальные подходы, предлагаемые для решения поставленных задач, в задачах по переносу излучения используются впервые, что является основой для получения новых теоретических и экспериментальных результатов, для публикации в высокорейтинговых зарубежных журналах, включая российские и к правовой защите способов и устройств ориентирования и программ.

Кроме того, в отчетном периоде были проведены следующие работы, направленные на решение задач проекта:

- Выполнена регистрация ПНИ во ФГАНУ "ЦИТиС" за номером №114102140045;
- На Промежуточный отчет о ПНИ получена информационная карта ИКРБС с регистрационным номером №214103070010 от 30.10.14;
- Планшет «Лазерная и светодиодная система посадки самолетов на ВПП» экспонировался на Выставке «Оптические системы и технологии – OPTICS-EXPO», X юбилейный международный форум OPTICS-EXPO 2014 ВДНХ, 11 – 14 ноября 2014 г. и был удостоен Диплома выставки в номинации «Лучший оптико-электронный прибор»;

- Представлены две публикации в научных журналах, две заявки на полезную модель и три заявки на регистрацию программ для ЭВМ;

- Представлена и защищена диссертация на соискание ученой степени канд. физ.-мат. наук участником ПНИ. В диссертации разработаны оптические методы определения физических характеристик в модельной задымленной среде, которая наряду с туманами, осадками является атмосферно-оптической ситуацией с пониженной видимостью. Определение дальности видимости в таких средах важно для достижения целей проекта. При выполнении диссертационных исследований также использовалась уникальная научная установка – БАК ИОА СО РАН и Центр коллективного пользования;

- Для проведения экспериментальных исследований закуплены фотометры: ЛАДИН, ОРNIR-SPIRICON и ЛС-110. Для проведения теоретических исследований закуплены высокопроизводительные персональные компьютеры;

- Выполняются работы по созданию экспериментальных стендов для измерения величины яркостного контраста лазерных пучков и для измерения метеорологической дальности видимости.

Назначение и область применения результатов проекта

Результаты, полученные при выполнении проекта, предназначены для обеспечения надежности высокоточного захода на посадку скоростных летательных аппаратов (ЛА) по зрительной лазерной и светодиодной системе посадки (СП) в условиях I категории ИКАО и оптимизация характеристик для достижения максимальной дальности действия и

минимального энергопотребления.

Масштабность использования лазерных и светодиодных СП по нашим оценкам составят десятки комплектов в год.

Эффекты от внедрения результатов проекта

Внедрение результатов проекта позволит повысить регулярность полетов самолетов в условиях I категории ИКАО (высота принятия решения до 60 м при минимальной видимости 800 м) за счет более раннего обнаружения сигнальной навигационной информации, за счет более высокой точности и надежности захода на посадку и эргономичности СП. Позволит снизить аварийность при посадке ЛА и заменить энергоемкие, технически и технологически сложные традиционные светотехнические СП.

Анализ предварительных данных по теме ПНИ показывает, что прогнозная оценка повышения регулярности полетов и вероятности безаварийной посадки при использовании лазерной и светодиодной СП повысится на 50%. Прогнозная оценка экономических характеристик дает годовой экономический эффект от использования лазерной и светодиодной СП при размещении на 30 аэродромах при среднем количестве посадок в год для одного самолета, равного 500, при среднем количестве самолетов, равном 500, и при среднем количестве самолетов на 1 аэродром базирования, равном 50, при стоимости опытного образца лазерной и светодиодной СП, равной 15 млн рублей, составит 250 млн рублей.

УДК 551.510.522:532.526;614.8.001.18;502.5:001.18

СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА С ОПТИМАЛЬНЫМ НАБОРОМ СИНХРОННО КОНТРОЛИРУЕМЫХ МАРКЕРОВ- ИНДИКАТОРОВ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

*А.Г. Кондратьева**, *В.С. Яковлева**, *П.М. Назгорский***,
*В.А. Трясучев**, *А.С. Гоголев**, *Д.А. Веригин**,
*М.С. Черепнев**, *Е.И. Морару***

*Национальный исследовательский Томский
политехнический университет, г. Томск

**Институт мониторинга климатических и
экологических систем Сибирского отделения
Российской академии наук, г. Томск

Цели выполнения проекта

1. Развитие технологии мониторинга полей ионизирующей радиации (α -, β -, γ - и нейтронное излучение), естественной радиоактивности (радон, торон и дочерних продуктов их распада) посредством выявления и введения в систему мониторинга оптимального набора синхронно контролируемых радиационных маркеров-индикаторов экстремальных метеорологических явлений.

2. Формирование библиотеки данных, включающей базы данных о характеристиках полей ионизирующей радиации и активности радионуклидов в деятельном слое почвы и приземной атмосфере, атмосферно-электрических и метеорологических величинах, о повторяемости и интенсивности экстремальных событий, связанных с метеорологическими явлениями в асейсмичном регионе с резко-континентальным типом климата в условиях его современных изменений.

Работы, проведенные на 1-ом этапе

1. По результатам аналитического обзора выявлено: в большинстве исследований интерпретация результатов мониторинга затруднена отсутствием детальных данных о реальном вкладе радоновой компоненты в суммарные атмосферные поля ионизирующих излучений во время опасных природных явлений; произведено обоснование и выбор направления, методов и средств исследований, а также способов решения поставленных задач; в случае опасных явлений одними из важнейших величин являются электрические процессы в приземной атмосфере и ионизирующая радиация (пример вариаций во время зимней грозы представлен на рис. 1); увеличение турбулентности атмосферы приводит к выравниванию вертикального профиля потоков β - и γ -излучений, а ее снижение – к существенному росту плотности потоков α - и β -излучений у земной поверхности, а изменение плотности потоков радона и торона с поверхности земли пропорционально изменяет величину плотности потоков α -, β - и γ -излучений в приземной атмосфере, не изменяя при этом форму их вертикальных профилей; существует предельная интенсивность осадков, ниже которой уровень почвенного радона практически не реагирует на выпавшие осадки, превышение этой предельной интенсивности приводит к возрастанию уровней радона почве в несколько раз, длительность фазы нарастания уровня радона в почве составляет от 6 до 12 часов, фазы восстановления – единицы суток.

2. Проведенные патентные исследования по ГОСТ Р 15.011-96 и анализ методов измерения плотности потока R_p и T_p позволил сформулировать требования к способу мониторинга плотности потока радона.

3. С целью популяризации результатов 1-го этапа проведена лекция по теме проекта в ФТИ ТПУ.

Назначение и области применения результатов проекта

Результаты работы будут востребованы в Службах экологического контроля, Службах МЧС, Росгидромете, Роспотребнадзоре, здравоохранения, научных коллективах.

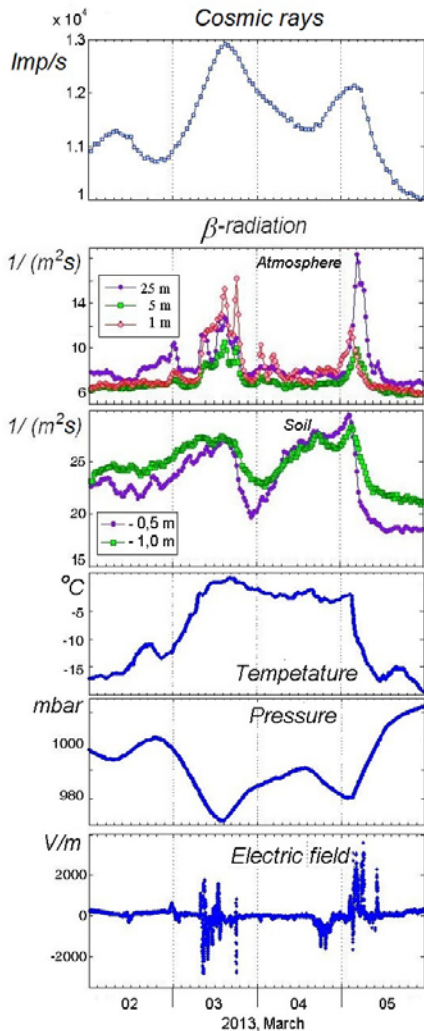


Рис. 1. Динамика полей естественной радиации и метеорологических величин во время серии интенсивных зимних гроз.

Сверху вниз:

- космические лучи;
- β -радиация в атмосфере;
- β -радиация в почве;
- температура атмосферы;
- атмосферное давление;
- напряженность электрического поля.

Информация о космических лучах (Новосибирская обл., obs. Кольцово, СО РАН) получена с сайта <http://cr0.izmiran.rssi.ru>

УДК 004.78:504.3.064.36

**РЕАЛИЗАЦИЯ ПНИЭР «РАЗРАБОТКА И
СОЗДАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ
СИСТЕМЫ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ
МЕЗОМАСШТАБНОГО МОНИТОРИНГА И
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ
АТМОСФЕРНОГО ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ»**

А.Е. Тельминов, А.А. Тихомиров

Институт мониторинга климатических и
экологических систем Сибирского отделения
Российской академии наук, г. Томск

Соглашение о предоставлении субсидии
№ 14.607.21.0030 от 05 июня 2014 г. Уникальный
идентификатор ПНИЭР – RFMEFI60714X0030.

Цель проекта:

1. Создание комплекса научно-технических
решений в области разработки измерительно-
вычислительной системы (ИВС), предназначенной для
реализации технологии мезомасштабного мониторинга и
прогнозирования состояния атмосферного пограничного
слоя (АПС).

2. Получение новых научно-технических
результатов в области оперативного мониторинга и
прогнозирования основных метеорологических и
экологических характеристик участка приземного слоя
атмосферы над мезомасштабными объектами.

Проведенные на этапе № 1 аналитический обзор и
теоретические исследования в области разработки и
применения ИВС для мезомасштабного мониторинга и
прогнозирования состояния АПС позволяют предложить
следующий состав создаваемого прототипа

экспериментального образца (ЭО) ИВС. В состав ЭО ИВС предполагается включить стационарный измерительный комплекс (СТИК) и мобильный измерительный комплекс (МИК). Вся измерительная информация с приборов и устройств, входящих в СТИК и МИК по системе передачи данных поступает в Центр обработки данных (ЦОД) ИВС.

В состав СТИК входят четыре пространственно разнесенные двухуровневые ультразвуковые метеоконкомплекса (ДУМК), которые будут располагаться на мачтах на двух высотных уровнях (2 и 10÷30 метров) и осуществлять измерения и передачу в контроллер сбора и обработки данных (КСОД) значений метеорологических величин приземного слоя атмосферы, с высокой частотой измерений (до 40 Гц).

Оптический измеритель осадков (ОПТИОС), который устанавливается на одной из мачт, будет измерять количественные характеристики и тип осадков. Данные с ОПТИОС также будут поступать в КСОД. КСОД производит предварительную обработку полученных данных, а также вычисляет метеорологические и турбулентные характеристики АПС. Определяет посредством «метода определения типа стратификации и вертикальных профилей метеорологических характеристик АПС» термодинамическое состояние и вертикальные профили метеорологических характеристик АПС. Кроме того, КСОД обеспечивает передачу обработанных данных в модуль приема и подготовки данных ЦОД ИВС.

МИК создается на базе автомобиля, в его состав помимо ДУМК и ОПТИОС будут входить портативная ультразвуковая метеостанция (ПУМС-БПЛА) и портативная электронная метеостанция (ПЭМС-БПЛА), устанавливаемые на беспилотном летательном аппарате

(БПЛА), мобильная многокомпонентная оптическая система газоанализа (МОСГ/м) мобильный ртутный газоанализатор (РГА/м). Будут использоваться БПЛА двух типов: вертолетный и на основе малогабаритного привязного аэростата.

МИК с помощью методов контактного определения вертикальных профилей метеорологических и турбулентных характеристик АПС и определения газовых загрязнений приземного АПС будет осуществлять измерения и передачу в ЭО КСОД значений метеорологических величин приземного слоя атмосферы и концентраций в воздухе приземного АПС загрязняющих газов таких как: оксид углерода, диоксид углерода, оксид азота, диоксид азота, метан, метанол, диоксид серы, аммиак, формальдегид, бензол, толуол, пары ртути.

При таком подходе к концепции построения системы МИК может функционировать, как в составе ЭО ИВС, позволяя расширять ее диапазон функционирования по пространству и предоставляя дополнительно измеренные контактными методами данные, так и в виде отдельного мобильного аналитического комплекса.

Все полученные данные от СТИК и МИК будут поступать в ЦОД ИВС, который позволит осуществлять накопление и обработку измерительной информации и визуализацию данных, осуществляя сверхкраткосрочный временной прогноз метеорологических характеристик АПС на основе данных приземных измерений метеопараметров.

Изготовление ЭО ИВС и его натурные испытания должны завершиться в 2016 году.

Индустриальный партнер – ООО
"Сибаналитприбор" (г. Томск).

УДК 551.501+551.508

**РАЗВИТИЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ
МОНИТОРИНГА ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ,
ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ АНАЛИЗА
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И МНОГОЛЕТНЕЙ
ИЗМЕНЧИВОСТИ ИХ КОНЦЕНТРАЦИИ НА
ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

Б.Д. Белан, О.А. Романовский

Институт оптики атмосферы имени В.Е. Зуева Сибирского
отделения Российской академии наук, г. Томск

Цель проекта: Разработка и исследование комплекса научно-технических решений, направленных на совершенствование региональной системы мониторинга и создание базы данных парниковых газов для повышения точности измерений, расширения набора измеряемых параметров, организации автоматической калибровки приборов и унификации ее компонентов.

В 2014 году в рамках Соглашения были выполнены следующие работы:

За счет бюджетных средств

Подготовлен аналитический обзор и анализ научно-технической литературы в области мониторинга. Проведены патентные исследования. Проведены исследование, обоснование и выбор направления исследований и способов решения поставленных задач. Сделана сравнительная оценка вариантов возможных решений исследуемой проблемы с учетом результатов прогнозных исследований, проводившихся по аналогичной тематике. Определены технические характеристики оборудования, заключены договоры (контракты) с поставщиками на закупку комплектующих и оборудования.

Проведены работы по мониторингу на действующей системе. Разработаны базы данных по результатам мониторинга.

За счет внебюджетных средств

Осуществлена аренда измерительных мачт для мониторинга. Осуществлена аренда самолета для проведения полетов по интеркалибровке. Осуществлено участие в мероприятиях, направленных на освещение и популяризацию результатов.

На первом этапе выполнен следующий набор мероприятий. Аналитический обзор и анализ научно-технической литературы в области мониторинга атмосферы, включающий 101 источник. Сделана сравнительная оценка вариантов возможных решений исследуемой проблемы с учетом результатов прогнозных исследований, проводившихся по аналогичной тематике. На основании обзора сделано обоснование и уточнение направления исследований и способов решения поставленных задач. Определены технические и методологические решения, подлежащие защите как РИД. Направлены заявки по регистрации баз данных программных комплексов. Определены технических характеристик оборудования, проведены тендеры на заключение договоров (контрактов) с поставщиками на закупку комплектующих и оборудования. На основании проведенного мониторинга на имеющихся системах были получены следующие основные результаты. По прежнему сохраняется тенденция отрицательного тренда приходящей солнечной радиации в Томской области и тенденция незначительного положительного тренда на юге Западной Сибири. Минимальные вариации месячных сумм суммарной радиации наблюдались в летний период ($6 \div 11\%$), а максимальные – зимний период ($V=25 \div 40\%$) во всех пунктах измерений. Суточное поступление суммарной

радиации менялось в диапазоне $0,3 \div 32$ МДж/м² (на юге) и $0,04 \div 31$ МДж/м² (на севере) Западной Сибири. В свободной атмосфере над Западной Сибирью наблюдается положительный тренд концентрации CO₂ и N₂O, который составляет $1,8$ млн⁻¹/год и $0,7$ млрд⁻¹/год, соответственно. Среднее увеличение концентрации углекислого газа в приземном слое воздуха по результатам измерений в разных районах Западной Сибири колеблется в пределах $1.95 - 2.53$ млн⁻¹ в год. Анализ динамики метана свидетельствует о наличии роста в пределах $3.2 - 7.2$ млрд⁻¹ в год.

В ходе реализации проекта будут изготовлены экспериментальные образцы поста и камеры. Для их тиражирования необходимо выполнить ОКР с разработкой рабочей документации. Потребителями продукции могут вузы, которые занимаются проблемами окружающей среды и научно-исследовательские организации. В идеале такими комплексами надо оснастить гидрометеорологические станции Росгидромета. Это несколько тысяч штук. Поскольку типовых постов в мире сейчас не производится, а каждая исследовательская группа создает их самостоятельно, то не исключено, что продукция может быть востребована за рубежом.

УДК 622.1:550.34.06

**МИКРОСЕЙСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ
ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В МАССИВЕ
ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ РАЗРАБОТКЕ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ
ИСКОПАЕМЫХ**

М.В. Курленя, А.В. Патутин, С.В. Сердюков

Институт горного дела Сибирского отделения

Российской академии наук, г. Новосибирск

Проект направлен на создание эффективных технологических решений и комплекса аппаратно-программных средств микросейсмического мониторинга, включая методы локации микросейсмических событий, оценки энергетических параметров геодинамических явлений в массиве горных пород, решения прямых задач сейсмологии в анизотропных средах.

Цель реализуемого проекта – разработка научно-технических основ технологии микросейсмического мониторинга геодинамических процессов в массиве горных пород для повышения безопасности и эффективности подземной разработки месторождений твердых полезных ископаемых.

В результате выполнения проекта получены следующие результаты. Проведены численное моделирование сейсмических волн в упругих средах, возбуждаемых микросейсмическими источниками различного типа, моделирование микросейсмического излучения областью проявления геодинамических событий, анализ влияния анизотропии на результаты обработки данных микросейсмического мониторинга. Предложена модель микросейсмического шума, которая

реалистично моделирует форму сигналов и спектральный состав микросейсмических сигналов в породных массивах, имеющих блочно-иерархическое строение, а также зависимость радиуса корреляции среднечастотных микросейсмиков от положения приемников по отношению к области проявления геодинамических событий. Получено, что в подземных системах наблюдений, близко расположенных к областям проявления геодинамических событий, следует использовать более высокочастотные приемники, чем в более удаленных наземных системах наблюдений, а также применять для выделения полезного сигнала алгоритмы подавления слабо коррелируемого шума. Показано, что для задач локации микросейсмических событий на основе корреляционных алгоритмов выделения сигналов и решения обратных кинематических задач системы микросейсмических наблюдений должны быть дополнены приемными антеннами, расположенными на удалении от области проявлений геодинамических событий.

Предложен способ обработки данных микросейсмического мониторинга, который обеспечивает локализацию гипоцентров событий с одновременным определением параметров слоистой азимутально-анизотропной скоростной модели массива горных пород. Разработанный способ повышает точность локализации гипоцентров микросейсмических событий в анизотропной среде за счет использования времен прихода двух поперечных волн. Экспериментально показано, что неучет анизотропии при мониторинге гидроразрыва горных пород приводит к смещению пространственной локализации трещины относительно истинного ее положения и к ошибкам определения радиуса трещины. Эффективность предложенного способа подтверждена реальными

данными, полученными при мониторинге гидроразрыва формации Баккен (США).

В области разработки прототипов технологических решений микросейсмического мониторинга геодинамических процессов при подземной разработке твердых полезных ископаемых:

а) разработан граф обработки данных микросейсмического мониторинга с использованием как наземной, так и подземной систем наблюдений;

б) разработана структура и прототип исследовательской версии программного пакета обработки микросейсмических данных в среде программирования MatLab.

Пакет включает в себя модули процедур и алгоритмов, обеспечивающие все необходимые операции для эффективной обработки данных микросейсмического мониторинга, а также пользовательский интерфейс, обеспечивающий импорт данных и экспорт материалов обработки, контроль оператором промежуточных и конечных результатов обработки (см. рис. 1).

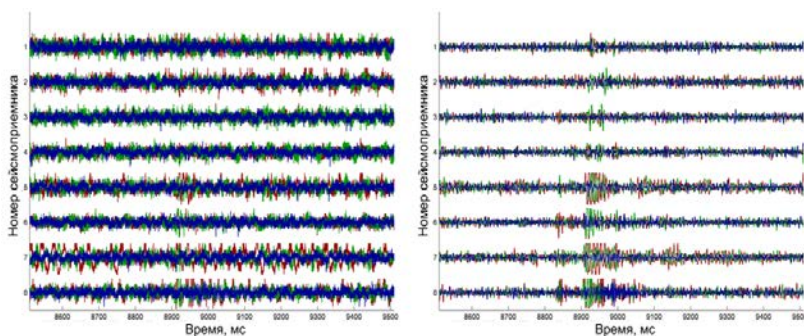


Рис. 1. Иллюстрация применения процедуры полосовой фильтрации: слева – исходная сейсмограмма, справа – результат применения фильтра

Совокупность технических и методических решений, полученных в ходе выполнения исследований, образует научно-техническую основу для создания методических принципов и технических решений в области микросейсмического мониторинга геодинамических явлений техногенного происхождения в массиве горных пород, способов и алгоритмов обработки результатов мониторинга, повышения достоверности и точности пространственной локализации геодинамических явлений в задачах повышения безопасности и эффективности подземной разработки месторождений.

Новизна работы состоит в комплексном решении технических и методических вопросов, в создании и исследовании прототипа аппаратно-программного комплекса микросейсмического мониторинга, ориентированного на решение задач подземной разработки месторождений твердых полезных ископаемых в анизотропных массивах горных пород при использовании комбинированных (наземных и подземных) высокочувствительных систем наблюдения, в создании способа контроля геодинамических явлений по изменению скоростной анизотропии горных пород, определяемой по результатам анализ волновых полей от источников микросейсмических событий.

Полученные на этапе прототипы технических и технологических решений соответствует мировым тенденциям развития методов и средств микросейсмического мониторинга для оценки сейсмической опасности и анализа устойчивости массива горных пород, контроля фильтрационных процессов, контроля и оптимизации гидроразрыва продуктивных пластов.

УДК 551.501+551.508

**СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ЛАЗЕРНОГО
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ
АТМОСФЕРНЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ
СИТУАЦИЙ ПРИРОДНОГО (ВУЛКАНЫ, ЛЕСНЫЕ
ПОЖАРЫ, ПЕСЧАНЫЕ БУРИ И Т.Д.) И
ТЕХНОГЕННОГО (ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА,
АВАРИЙНЫЕ ВЫБРОСЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ И Т.Д.) ХАРАКТЕРА**

Г.Г. Матвиенко, О.А. Романовский

Институт оптики атмосферы имени В.Е. Зуева Сибирского
отделения Российской академии наук, г. Томск

Цель проекта: Исследование и разработка комплекса научно-технических решений, направленных на создание комплекса лазерного зондирования для дистанционного контроля оптико-физических и метеорологических параметров атмосферы, детектирования аварийных выбросов опасных производств, контроля химических и взрывоопасных веществ в атмосфере.

В 2014 году в рамках Соглашения были выполнены следующие работы:

За счет бюджетных средств

Сделан аналитический обзор и анализ научно-технической литературы в области разработок многоволновых дистанционных лазерных детекторов для обнаружения опасных веществ и взрывоопасных соединений. Проведены патентные исследования. Проведены исследование, обоснование и выбор направления исследований и способов решения поставленных задач. Проведены исследование и разработка спектроскопических методов для дистанционного

лазерного газоанализа атмосферы. Проведены исследование и разработка алгоритмов для дистанционного газоанализа атмосферы методом дифференциального поглощения. Разработана математическая модель процесса зондирования атмосферы на основе эффекта СКР. Разработана математическая модель оптической схемы лидара и определены требования к характеристикам лидара. Разработана методика определения оптимальных спектральных интервалов в диапазоне 2-16 мкм и технические требования к многоволновым лазерным излучателям. Разработана методика многочастотного лазерного зондирования оптических характеристик атмосферных аэрозолей по сигналам обратного упругого рассеяния.

За счет внебюджетных средств

Произведена закупка и аренда оборудования. Осуществлено участие в мероприятиях, направленных на освещение и популяризацию результатов ПНИ.

В результате обоснования и выбора направления исследований и способов решения поставленных задач показано, что для детектирования большинства рассматриваемых веществ трассовым методом возможно использование частотно-импульсного лазера на $^{13}\text{CO}_2$ изотопе перестраиваемого в области 11.2 мкм и оптического метода дистанционного детектирования паров веществ на атмосферной трассе с отражением от топографической мишени или метод дифференциальной оптической абсорбционной спектроскопии (ДОАС). Для дистанционных методов обнаружения паров ВВ перспективным является метод обнаружения паров тротила с использованием лазерной фрагментации с последующим возбуждением флуоресценции NO-фрагментов из второго колебательного состояния. При этом была достигнута чувствительность не хуже 8 ppb на расстоянии 15 см, а

позднее не хуже 15 ppb на дистанции 2,5 м. На основе разработанной математической модели процесса зондирования атмосферы на основе эффекта спонтанного комбинационного рассеяния показано, что лидар с рабочим диапазоном длин волн спектроанализатора от 240 до 270 нм, не будет чувствителен к фоновому рассеянному излучению естественных и искусственных источников излучения и не будет иметь существенных энергетических потерь на дальностях до 500 м. На основе разработанной математической модели оптической схемы лидара определены требования к характеристикам лидара.

Выход с помощью Индустриального партнера на рынок заключается в создании новых технологических решений в области лидарного приборостроения. Отдельной задачей выхода на рынок является создание приборов дистанционного зондирования опасных и взрывчатых веществ. Масштабность использования предлагаемых методов и образцов техники в этой области по нашим оценкам составят от десятков до сотен единиц в год, в зависимости от типа создаваемого образца, только в масштабах России.

УДК 551.501+551.508

**МОНИТОРИНГ СОСТАВА, СТРОЕНИЯ И
ДИНАМИКИ АТМОСФЕРЫ МЕТОДАМИ
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И
КОНТАКТНЫМИ СРЕДСТВАМИ: РАЗВИТИЕ
МЕТОДОВ, ИНТЕРКАЛИБРОВКА СРЕДСТВ,
ПРОДОЛЖЕНИЕ МНОГОЛЕТНИХ РЯДОВ**

Б.Д. Белан, О.А. Романовский

Институт оптики атмосферы имени В.Е. Зуева Сибирского
отделения Российской академии наук, г. Томск

Цель проекта: Разработка и исследование комплекса научно-технических решений, направленных на модернизацию технологий мониторинга состава, строения и динамики атмосферы для дистанционного контроля оптико-физических и метеорологических параметров атмосферы и продолжения накопленных многолетних рядов наблюдений.

В 2014 году в рамках Соглашения были выполнены следующие работы:

За счет бюджетных средств

Сделан аналитический обзор и анализ научно-технической литературы в области разработок многоволновых дистанционных лазерных детекторов для обнаружения опасных веществ и взрывоопасных соединений.

Проведены патентные исследования. Проведены исследование, обоснование и выбор направления исследований и способов решения поставленных задач. Проведены исследование и разработка спектроскопических методов для дистанционного лазерного газоанализа атмосферы. Проведены исследование и разработка

алгоритмов для дистанционного газоанализа атмосферы методом дифференциального поглощения. Разработана математическая модель процесса зондирования атмосферы на основе эффекта СКР. Разработана математическая модель оптической схемы лидара и определены требования к характеристикам лидара. Разработана методика определения оптимальных спектральных интервалов в диапазоне 2-16 мкм.

Разработана методика многочастотного лазерного зондирования оптических характеристик атмосферных аэрозолей по сигналам обратного упругого рассеяния.

За счет внебюджетных средств

Произведена закупка и аренда оборудования. Осуществлено участие в мероприятиях, направленных на освещение и популяризацию результатов ПНИ.

На основании проведенного мониторинга на имеющихся системах были получены следующие основные результаты.

По-прежнему сохраняется тенденция отрицательного тренда приходящей солнечной радиации в Томской области и тенденция незначительного положительного тренда на юге Западной Сибири. В свободной атмосфере над Западной Сибирью наблюдается положительный тренд концентрации CO_2 и N_2O , который составляет $1,8 \text{ млн}^{-1}/\text{год}$ и $0,7 \text{ млрд}^{-1}/\text{год}$, соответственно.

На основании статистической обработки лидарных измерений с использованием рамановских каналов предложена региональная четырехслойная аэрозольная модель оптических параметров тропосферы. Для исследования физических механизмов формирования аэрозольной структуры были проведены комплексные эксперименты с использованием лидаров, содаров и фотометров. Определен глобальный форсинг вулканического аэрозоля, составивший $-0.19 \pm 0.09 \text{ Вт/м}^{-2}$

за период после 2000 г. В результате получена оценка глобального похолодания, составившего 0.05-0.12°C. Со второй половины 1990-х годов по настоящее время практически повсеместно наблюдается прекращение деструкции озонового слоя, или же намечается тренд роста ОСО, что особенно заметно в средних и высоких широтах Северного полушария.

В ходе реализации проекта будут изготовлены макеты типового поста, системы калибровки газоанализаторов и подачи проб атмосферного воздуха с разных уровней, лидары и содары, которые должны стать составляющими элементами станций мониторинга.

Для их тиражирования необходимо выполнить ОКР с разработкой рабочей документации. Потребителями продукции могут стать, прежде всего, природоохранные органы власти, Росгидромет, МЧС, ВУЗы.

В идеале, созданная на основе типового поста система может стать в будущем частью современной мировой сети контроля качества и состояния атмосферы.

Индустриальный партнер должен провести маркетинговое исследование рынка возможных потребителей, профинансировать текущее содержание и обслуживание имеющихся у коллектива постов мониторинга с целью их модернизации и переоснащения.

УДК 551.501+551.508

**РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ
ДИСТАНЦИОННОГО ЛАЗЕРНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ
АТМОСФЕРЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ
МОНИТОРИНГА С УЧАСТИЕМ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ СНГ**

Г.Г. Матвиенко, О.А. Романовский

Институт оптики атмосферы имени В.Е. Зуева Сибирского
отделения Российской академии наук, г. Томск

Цель проекта: Исследование и разработка комплекса новых научно-технических решений, направленных на создание комплекса лазерного зондирования для дистанционного контроля опико-физических и метеорологических параметров атмосферы.

В 2014 году в рамках Соглашения были выполнены следующие работы:

За счет бюджетных средств

Подготовлен аналитический обзор и анализ научно-технической литературы в области дистанционного зондирования. Проведены патентные исследования. Проведены исследование, обоснование и выбор направления исследований и способов решения поставленных задач. Проведена сравнительная оценка вариантов возможных решений исследуемой проблемы с учетом результатов прогнозных исследований, проводившихся по аналогичной тематике. Определены технические характеристики оборудования, заключены договоры (контракты) с поставщиками на закупку комплектующих и оборудования. Проведено заседание рабочей группы ИОА СО РАН, ИФ НАН Беларуси и КРСУ Кыргызстана по уточнению плана и методики

экспериментов. Проведена подготовка публикаций по теме ПНИ.

За счет внебюджетных средств

Проведена подготовка заявок на патентование. Осуществлено участие в мероприятиях, направленных на освещение и популяризацию промежуточных результатов ПНИ. Проведены закупка и аренда необходимого технологического и контрольно-измерительного оборудования для обеспечения проведения исследований.

Подготовлен аналитический обзор в области разработок методов и средств дистанционного лазерного зондирования атмосферы для создания систем мониторинга. Особое внимание в данном обзоре уделено техническим разработкам, позволяющие определять высотную стратификацию температуры атмосферы, как в пограничном слое, так и в выше лежащих слоях.

В развитие существующих разработок отдельным параграфом выделены исследования, обоснования и выбор направления исследований и способов решения поставленных задач. Для исследования, обоснования и выбора направления исследований и способов решения поставленных задач рассмотрены, прежде всего, метод, основанный на спектроскопической технологии, в которой источником информации о температуре, является температурная зависимость населенности вращательных уровней энергии атмосферных молекул, а сами измерения построены на анализе интенсивности линий вращательного спектра комбинационного рассеяния.

В отдельном разделе рассмотрена сравнительная оценка вариантов возможных решений исследуемой проблемы с учетом результатов прогнозных исследований,

проводившихся по аналогичной тематике. В частности оценка вариантов возможных путей реализации лидарного метода дистанционного определения температуры атмосферы с использованием чисто-вращательных спектров СКР на молекулах азота и кислорода. В соответствии с Соглашением о научном сотрудничестве между организациями, а также в рамках выполнения данного проекта Институт физики НАН Беларусь принял делегацию Института оптики атмосферы им. В.Е. Зуева в период с 06 по 10 октября 2014 г. для проведения заседания рабочей группы по уточнению плана и методики экспериментов. За счет внебюджетных средств подготовлена совместная заявка на патентование и Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева принял участие в работе X юбилейного международного форума “OPTICS-EXPO 2014”, которые проходил с 11 по 14 ноября 2014 г. на территории Всероссийского выставочного центра, г. Москва.

Выход на рынок заключается в создании новых технологических решений в области лидарного приборостроения. Масштабность использования предлагаемых методов и образцов техники в этой области по нашим оценкам составят от десятков до сотен единиц в год, в зависимости от типа создаваемого образца, только в масштабах России.

УДК 550.832:622.2

**КОМПЛЕКС МЕТОДИЧЕСКИХ И СКВАЖИННЫХ
ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ГИДРОРАЗРЫВА
УГЛЕПОРОДНОГО МАССИВА ХИМИЧЕСКИ
АКТИВНЫМИ СОСТАВАМИ, ВИБРАЦИОННОГО
ВОЗДЕЙСТВИЯ И ИЗМЕРЕНИЙ
ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ**

М.В. Курленя, А.В. Патунин, С.В. Сердюков
Институт горного дела Сибирского отделения
Российской академии наук, г. Новосибирск

Проект направлен на решение проблемы повышения эффективности и безопасности подземной разработки угольных пластов за счет повышения эффективности разупрочнения труднообрушаемой кровли методом направленного гидроразрыва, закрепления разрушенных участков и снижения опасности образования конусов обрушения (вывалов) пород в процессе очистных работ, повышения продуктивности дегазационных скважин и эффективности предварительной дегазации углепородного массива, а также увеличения точности прогнозной оценки газодинамической активности и скважинных измерений его геомеханического состояния.

Цели реализуемого проекта – разработка методических принципов и технических решений в области измерений геомеханического состояния и газоотдачи угольных пластов, создание научно-технических основ технологии вибрационного воздействия на угольный пласт в комплексе с направленным гидроразрывом углепородного массива

для повышения продуктивности дегазационных скважин, создание научно-технических основ технологии направленного гидроразрыва углепородного массива химически активными составами для разупрочнения монолитных песчаников в кровле угольного пласта, закрепления разрушенных участков углепородного массива и снижения опасности обрушения пород кровли при подземной добыче угля.

В ходе выполнения проекта проведен аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы и подготовлен отчет о патентных исследованиях по теме исследования, выполнен выбор и предложены и обоснованы оптимальные направления проведения исследований.

Разработана математическая модель излучения скважинного дебалансного источника в ближней зоне, проведены численные исследования по результатам которых установлено, что для обеспечения требуемой интенсивности воздействия $0,01 \text{ Вт/м}^2$ и более в обрабатываемом объеме углепородного массива, вибрационное воздействие должно осуществляться в режиме меняющейся во времени частоты вибрации в диапазоне частот от 60–150 Гц до 150–300 Гц.

Разработаны прототипы технических решений по устройствам:

1. вибрационного воздействия на угольный пласт;
2. направленного гидроразрыва скважин для интенсификации продуктивности дегазационных скважин, совмещающего в себе устройство разрыва, инициатор поперечного разрыва и роботизированную систему доставки (см. рис. 1)
3. разупрочнения труднообрушаемой кровли методом гидроразрыва, совмещающего бурение шпуров,

нарезку инициатора поперечного гидроразрыва и его выполнение;

4. укрепления разрушенных горных пород в кровле угольного пласта двухкомпонентными полимерными составами;

5. роботизированной системы доставки технологических модулей в заданный интервал скважин;

6. комплексного скважинного измерительного прибора, обеспечивающего проведение деформационных измерений, температуры газа и вмещающих пород, угла поворота и зенитного угла, ориентации трещин гидроразрыва.

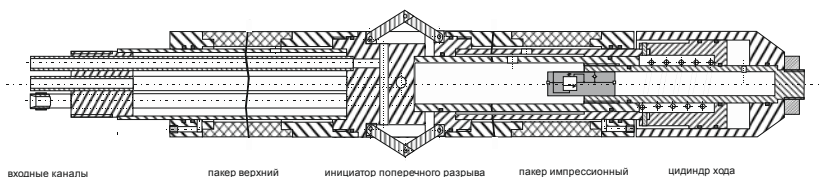


Рис. 1. Комплексное устройство поперечного гидроразрыва с автономной роботизированной системой передвижения в скважине

Новизна работы состоит в комплексном решении технических и методических вопросов создания автономной роботизированной системы доставки скважинного оборудования в необсаженных скважинах, в повышении комплексности исследований геомеханического состояния и газоотдачи угольных пластов, в применении комплекса направленного гидроразрыва химически активными составами и вибрационного воздействия для повышения продуктивности дегазационных скважин.

УДК 622.276.4;622.276.6;622.279.4;622.279.6

**РАЗРАБОТКА ТЕРМОТРОПНЫХ
ГЕЛЕОБРАЗУЮЩИХ И ЗОЛЕОБРАЗУЮЩИХ
ВЫСОКОВЯЗКИХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ
ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ И ТЕХНОЛОГИЙ
ИХ ПРИМЕНЕНИЯ СОВМЕСТНО С
ТЕРМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ ДОБЫЧИ НЕФТИ**

Л.К. Алтунина, В.А. Кувшинов, И.В. Кувшинов

Институт химии нефти Сибирского отделения
Российской академии наук, г. Томск

Проект направлен на решение проблемы повышения эффективности добычи нефти заводнением, а также термическими методами за счет комплексования с физико-химическими методами увеличения нефтеотдачи (МУН). При этом будет решаться задача обеспечения нефтяной промышленности эффективными реагентами и технологиями МУН отечественного производства.

Целью проекта является разработка и исследование новых составов гелеобразующих и золеобразующих высоковязких композиций для увеличения нефтеотдачи, интенсификации добычи нефти в осложненных условиях эксплуатации, в том числе для месторождений высоковязких нефтей, разрабатываемых термическими методами. Конечными продуктами проекта будут составы и технологии МУН с применением термотропных неорганических и полимерных геле- и золеобразующих композиций, что позволит расширить область применения МУН месторождений с трудноизвлекаемыми запасами.

Теоретические исследования показали перспективность предлагаемых направлений. На основании исследования кинетики гелеобразования,

реологических, фильтрационных и нефтевытесняющих свойств системы соль алюминия – карбамид – вода – ПАВ предложены термотропные геле- и золеобразующие композиции, применимые при 20 – 320 °С, высокой минерализации пластовых вод, до 300 г/дм³. Композиции гомогенны, имеют низкую вязкость, высокую проникающую способность, низкие температуры застывания, применимы в зимних условиях в северных регионах, обладают термоокислительной устойчивостью в высоко минерализованных пластовых водах; имеют широкий диапазон использования: для пластов с полимиктовыми, карбонатными и другими коллекторами, различной структуры и проницаемости, в том числе для низкопроницаемых, высоконеоднородных, трещиноватых пластов, разрабатываемых заводнением или паротепловым воздействием. Предложены различные варианты закачки композиций – градиентная, покомпонентная, реагентоциклика. Произведен анализ промысловых данных, образцов нефтей и пластовых вод из 108 скважин пермо-карбоновой залежи высоковязкой нефти Усинского месторождения. Проведена закачка неорганической гелеобразующей композиции в 3 добывающие скважины при естественном режиме разработки, в одну паронагнетательную и две пароциклические скважины, подтвердившая эффективность композиции и технологий при естественном режиме и паротепловом воздействии.

Принципиальная новизна заключается в использовании для повышения эффективности заводнения и комплексного паротеплового и физико-химического воздействия внутрипластовой термотропной генерации гелей и золь с авторегулируемой вязкостью, а также в технологических решениях проекта – в совместном использовании термотропных композиций,

генерирующих в пласте подвижные золевые и неподвижные гелевые экраны для увеличения охвата и повышения нефтеотдачи, в том числе при паротепловом воздействии, и в комплексе технологических вариантов закачки композиций: градиентной и покомпонентной закачке, реагентоциклике. Полученные результаты соответствуют мировому уровню.

Разрабатываемые технологии предназначены для планирования и проведения обработок нефтяных добывающих, а также водо- и паронагнетательных скважин с целью повышения нефтеотдачи за счет увеличения охвата пласта заводнением или паротепловым воздействием, и интенсификации добычи нефти.

Потенциальными потребителями научно-технического результата работы являются нефтегазодобывающие компании России – ОАО «ЛУКОЙЛ», «РОСНЕФТЬ», «ТНК-ВР», «ГАЗПРОМ НЕФТЬ», «ГАЗПРОМ» и его дочерние предприятия и др. Перспективно применение разрабатываемых технологий для месторождений Казахстана, Вьетнама, Китая, Саудовской Аравии, ОАЭ, Омана, Ирана, США, Канады и др. Исследования по проекту соответствуют критической технологии «Технологии поиска, разведки, разработки месторождений полезных ископаемых и их добычи».

Масштабное промышленное применение разрабатываемых новых комплексных технологий увеличения нефтеотдачи позволит продлить рентабельную эксплуатацию месторождений, находящихся на поздней стадии разработки, и вовлечь в разработку месторождения с трудно извлекаемыми запасами углеводородного сырья, в том числе залежи высоковязких нефтей и месторождения Арктического региона, будет способствовать развитию нефтедобывающей промышленности России, расширению ее топливно-энергетической базы.

УДК 550.832

**ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ИНТЕРПРЕТАЦИИ КОМПЛЕКСА МЕТОДОВ
ЭЛЕКТРОМЕТРИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ НАКЛОННЫХ
И ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН**

М.И. Энов

Институт нефтегазовой геологии и геофизики имени
А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской
академии наук, г. Новосибирск

Представлены отчетные материалы о выполнении прикладных научных исследований по теме «Технология интерпретации комплекса современных методов электрометрии для повышения эффективности применения и достоверности оценки нефтегазонасыщения при изучении наклонных и горизонтальных скважин» по 1 этапу Соглашения № 14.604.21.0045.

Разработка уникальных методических приемов интерпретации данных скважинной электрометрии в наклонных и горизонтальных скважинах направлена на получение новых научных, методических и научно-прикладных результатов, актуальных для создания российских технологий в геофизическом секторе нефтегазовой отрасли, и основана на новых подходах и современном математическом аппарате.

Проблема интерпретации данных электрометрии в наклонных и горизонтальных скважинах возникает вследствие недостаточной изученности зависимости измеряемых сигналов от электрофизических параметров пород геологического разреза. Во многих геофизических компаниях используют методики и средства интерпретации данных, разработанные для модели изотропного пласта большой

мощности. Однако сейчас применение традиционных методик в таких коллекторах все чаще приводит к неверной оценке УЭС коллектора и его эффективной толщины, а в итоге - к недостоверной оценке нефтенасыщения. Для используемых в России каротажных приборов (ВЭМКЗ, БКЗ) необходимо провести исследование сигналов при наклонном пересечении типичных геоэлектрических моделей на основе численного моделирования.

Научные исследования заключаются в численном моделировании и анализе сигналов электрического и электромагнитного каротажа и их чувствительностей в типичных геоэлектрических моделях.

Выполнен аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы по теме ПНИ: статьи в ведущих зарубежных и российских научных журналах, монографии и патенты. Обоснован выбор оптимального направления исследований. Индустриальным партнером предоставлены данные электрометрии из 51 скважины (с 10 площадей), измеренные высоконадежной аппаратурой серии СКЛ [1] и ВИК-ПБ. Выбран материал из 10 скважин для построения типичных геоэлектрических моделей нефте-, газо- и/или водонасыщенных коллекторов. Выполнено численное моделирование сигналов ВЭМКЗ и БКЗ в наклонных и горизонтальных скважинах в типичных геоэлектрических моделях с относительной погрешностью не более 0,5%.

На основе комплексного анализа сигналов, рассчитанных в геоэлектрических моделях терригенных нефте- газо- водонасыщенных пластов-коллекторов, разработана методика численной интерпретации данных ВЭМКЗ и БКЗ в наклонных и горизонтальных скважинах. Определение электрофизических параметров проводится путем построения общей геоэлектрической модели по данным электрического и электромагнитного каротажа (рис. 1).

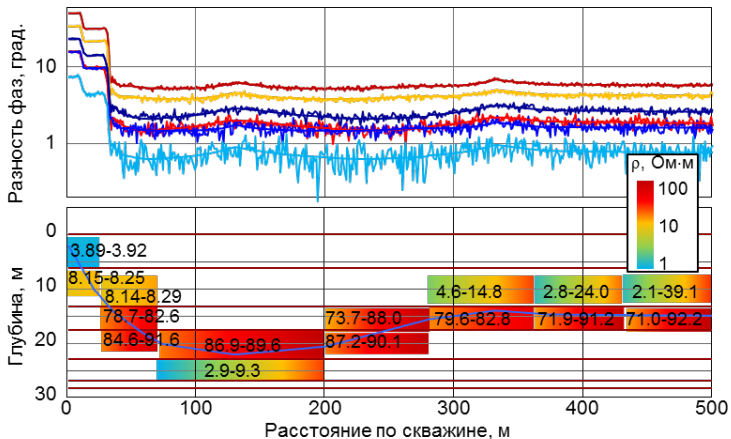


Рис. 1. Тестирование методики на данных электромагнитного каротажа в горизонтальной скважине

В рамках следующего этапа работ будут созданы алгоритм и программы численной инверсии данных электрического и электромагнитного каротажа в наклонных и горизонтальных скважинах, проведено их тестирование, разработаны методические рекомендации по численной интерпретации, а также технические требования и условия функционирования программы.

Прикладные научные исследования проведены при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (проект RFMEFI60414X0045).

Список литературы

1. Эпов М.И., Каюров К.Н., Ельцов И.Н., Сухорукова К.В., Петров А.Н., Соболев А.Ю., Власов А.А. Новый аппаратный комплекс геофизического каротажа СКЛ и программно-методические средства интерпретации EMFPro // Бурение и нефть, 2010, № 2, с. 16–19.

УДК 621.128

**РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ
СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ
ВЕЩЕСТВ ТЕПЛОВЫМИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯМИ
УГОЛЬНОЙ ГЕНЕРАЦИИ**

О.В. Тайлаков

Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

Развитие угольной энергетики в России в настоящее время предопределяет необходимость повышения экологической эффективности электростанций и котельных, работающих на угольном топливе. Ожидаемое в перспективе увеличение доли угля в топливно-энергетическом балансе России предполагает увеличение количества тепло- и электростанций, а также котельных, использующих уголь в качестве энергетического сырья. Этим обстоятельством обусловлена актуальность разработки эффективных технологий экологически чистого использования угольного топлива, обеспечивающего, в частности, близкое к нулю содержания оксидов серы и азота в дымовых выбросах.

Кузбасским государственным техническим университетом имени Т.Ф. Горбачева совместно с Институтом катализа им. Г.К. Борескова СО РАН Институтом углекислотной химии и химического материаловедения СО РАН в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014—2020 годы» выполняется проект «Разработка эффективной

технологии снижения содержания оксидов серы и азота, а также ртути, в дымовых газах тепловых электростанций угольной генерации», в котором также принимает участие Шандунский научно-технический университет (Циндао, Китай). В рамках проекта разрабатывается новая комплексная технология очистки дымовых газов тепло- и электростанций, работающих на угольном топливе, которая позволит снизить техногенную нагрузку энергетических предприятий на окружающую среду. Разрабатываемая комплексная технология основана на применении трех различных подходов: сероочистка на стадии горения угольного топлива; каталитический метод очистки газовых выбросов электростанций от оксидов серы и азота; сорбционная очистки дымовых газов. В результате выполнения проекта предполагается разработать и испытать в полупромышленных условиях элементы пилотной установки.

Потенциальными потребителями ожидаемых результатов работ по проекту являются тепловые и электрические станции Российской Федерации, использующих в качестве энергетического сырья уголь. Первоочередное практическое внедрение результатов работы может быть выполнено на ТЭЦ и ГРЭС Кемеровской области – региона, энергопроизводящие производства которого работают на угольном топливе.

УДК 669.18

АРМИРУЮЩИЕ ВСТАВКИ ДЛЯ ГОРНЫХ МАШИН

*С.М. Никитенко, П.Д. Крестовоздвиженский,
В.И. Клишин, П.Б. Герике*

Институт угля Сибирского отделения
Российской академии наук, г. Кемерово

Наиболее распространённым способом добычи угля в мире является механический способ с применением высокопроизводительных шнековых очистных комбайнов, вооруженных тангенциальными поворотными резцами (ТПР).

Несмотря на достаточно большую номенклатуру используемых в горном деле типов очистных комбайнов принципиально они отличаются незначительно. Основная часть установленной на комбайнах мощности приводов передается на разрушение углепородного массива через рабочий инструмент. В силу того, что количество резцов, находящихся одновременно в контакте с разрушаемым массивом ограничено, а установленная мощность приводов резания постоянно растет, последние оказываются высоконагруженными. Поэтому проблема повышения прочности и износостойкости рабочего инструмента, способного эффективно и с минимальными энергозатратами разрушать углепородный массив, оказывается одной из важнейших для угледобывающей отрасли.

В качестве рабочего инструмента на исполнительных органах добычных машин используются, как правило, тангенциальные поворотные

резцы, способные разрушать с приемлемыми энергозатратами породные массивы прочностью до 30 МПа при показателе хрупкости $\chi = \sigma_p / \sigma_{сж} = 0.2$, а при $\chi = 0.07$ – до $\sigma_{сж} = 70$ Мпа. При прочности пород $\sigma_{сж}$ более 70 МПа для эффективной работы поворотных резцов требуется проведение специальных мероприятий по разупрочнению горного массива.

Исследования в области создания режущего инструмента, способного с низкими энергозатратами и высокой производительностью разрушать углепородный массив, постоянно ведутся как у нас в стране, так и за рубежом. Эти исследования направлены как на совершенствование конструкции режущего инструмента, так и на создание новых безвольфрамовых композиционных материалов для изготовления армирующих вставок.

Исследование напряженного состояния в твердосплавных армирующих вставках проводилось в среде ANSYS [12, 13] с использованием метода конечных элементов SOLID95. Расчетные модели инденторов были представлены геометрически точными конструкциями армирующих вставок с физическими параметрами ($E = 5.98 \times 10^5$ МПа, $\mu = 0.2$), соответствующими вольфрамокобальтовому твердому сплаву, с приложенной к вершине изгибающей силой $P = 4$ кН и жесткой заделкой посадочной части.

Очевидно, что распределение и максимальные значения напряжений в теле твердосплавных вставок цилиндрической и «грибковой» форм от действия изгибающей силы являются близкими.

При применении грибковой формы вставки, так называемая «шляпка» защищает поверхность закрепления от износа, чем достигается более продолжительная работоспособность ТПР.

Обязательным условием при этом является выполнение посадочной части грибковой вставки более длинной, чем режущая часть вставки.

Полученные картины эквивалентных напряжений соответствуют действительному выкрашиванию армирующей вставки, имеющему место при реальном взаимодействии твердого сплава тангенциального резца с углепородным массивом.

Рассмотренные армирующие вставки в режущем инструменте имеют существенный недостаток. Все эти вставки, по аналогии с режущими инструментами, применяемыми при бурении горных пород, имеют заостренную форму, а это приводит к тому, что вершина вставки представляет собой не что иное, как мощный концентратор напряжений.

Для устранения этого недостатка предлагается использовать армирующую твердосплавную вставку, не имеющую концентраторов напряжений в вершине, а обладающие некоторой гауссовой кривизной – перспективное направление совершенствования конструкции тангенциальных поворотных резцов.

В середине 1980-х годов появилась идея использования «тупых» твердосплавных вставок. Безлезвийный инструмент имеет то важное преимущество перед лезвийным, что через него на разрушение забоя могут передаваться значительно большие мощности, что отвечает возросшей энерговооруженности приводов очистных комбайнов. Первые аналитические исследования взаимодействия «тупых» инденторов с упруго-хрупкой средой показали, что поиск новых форм тел инденторов, геометрии их рабочих участков может давать существенные положительные результаты. При непосредственном воздействии на разрушаемый углепородный массив,

инденторы, при одинаковых приложенных усилиях, способны проникать в забой на разные глубины в зависимости от их «условной остроты».

Таким образом, использование в качестве формы твердосплавных вставок тел вращения, позволяет исключить с поверхности вставки концентраторы напряжений, приводящие к ее разрушению. Испытания опытных образцов тангенциального режущего инструмента на шахтах Кузбасса подтвердили результаты исследований по конструктивному оформлению армирующей вставки.

Выполненные исследования позволяют сделать следующие основные выводы:

- установлена закономерность изменения головной части армирующей твердосплавной вставки тангенциального поворотного резца, обеспечивающая равнопрочность конструкции вставки;
- доказано, что армирующая твердосплавная вставка тангенциальных поворотных резцов с образующими, представленными кривыми второго порядка, позволяет повысить прочность резцов за счет снижения уровня возникающих напряжений в теле вставок;
- показано, что, несмотря на более затратный с точки зрения энергии процесс внедрения индентора – эллипсоида в разрушаемый массив, энергоемкость в целом будет снижаться за счет разрушения более крупным сколом;
- показано, что новая конструкция тангенциального поворотного резца с твердосплавной вставкой в форме эллипсоида вращения обладает большей прочностью.

УДК 537.528:537.529:622.233

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОВЗРЫВА ДЛЯ ОТКОЛА И РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД И БЕТОНА

А.С. Юдин, Н.С. Кузнецова, А.А. Кладько
Национальный исследовательский Томский
политехнический университет, г. Томск

На сегодняшний день существует два промышленно освоенных способа откола и разрушения горных пород и техногенных материалов – взрывной и механический.

При работе на прочных горных породах из-за высокой скорости износа рабочих поверхностей инструмента механический способ недостаточно эффективен, что приводит к резкому снижению общей производительности. Сложность регламента проведения взрывных работ, особенно в условиях городской застройки и экологические последствия их применения делают востребованным поиск альтернативных способов откола и разрушения, одним из которых является электровзрывной способ [1-4]. В основе данного способа лежит использование энергии, выделяемой в плазменном канале электрического разряда при протекании через него мощного импульса тока. Высокоскоростной процесс нагрева и расширения плазменного канала разряда приводит к образованию пикового давления порядка нескольких ГПа [5] с последующим формированием в материале растягивающих напряжений, приводящих к образованию и росту трещин и в конечном итоге к разрушению или отколу материала.

Выгодным отличием данного способа от прочих является возможность управления процессом выделения энергии в канале разряда. Экологичность и безопасность

производственного процесса для обслуживающего персонала, потенциально высокая производительность при работе с прочными и особо прочными материалами обуславливают актуальность развития электровзрывного способа разрушения.

В разное время определенных успехов в данной области достигли как российские, так и зарубежные ученые. Некоторые коллективы довели разработки до опытно промышленных образцов. В Институте геотехнической механики Национальной академии наук Украины были созданы автоматизированные мобильные установки для электровзрывного разрушения горных пород [1]. В Институте импульсных процессов и технологий НАН Украины разработана установка и внедрен технологический процесс электроразрядного разрушения донных грунтов[2]. В Международном институте прикладной физики и высоких технологий изготовлены и успешно прошли испытания мобильная установка МЭРУ-150 (на базе автомобиля ЗИЛ-131) и её модифицированная версия УЭМ-200. Производительность установки с двумя емкостными накопителями энергии составила 10-15 м³/час при разрушении блоков известняка объемом до 4,5 м³ без учета времени, затраченного на бурение шпуров[3].

Необходимо отметить, что во всех исследованиях в качестве среды, передающей ударную волну, использовалась вода, а также применялись генераторы либо с одной батареей конденсаторов, либо с несколькими, но без возможности задания паузы между разрядами соседних батарей. Недостаток воды – низкая по сравнению с разрушаемым материалом акустическая жесткость, что уменьшает коэффициент передачи волны давления от канала разряда в разрушаемый материал. Использование пластичного материала с большей акустической

жесткостью, например, полиэтилена позволит увеличить энергию волны в разрушаемом материале на ~20...25% [5]. Генератор с несколькими независимыми батареями при соответствующей схеме их зарядки и коммутации позволит инициировать разряд каждой батареи с задержкой, что в определенных условиях может увеличить амплитуду и длительность ударной волны. Указанные меры позволят улучшить массогабаритные показатели электроразрядных установок, а также увеличить эффективность процесса разрушения и откола.

Список литературы

1. Емельяненко В.И., Макеев С.Ю., Нападайло В.И. Результаты испытаний установки механизации бурения и разрушения негабаритов // Электрический разряд в жидкости и его применение в промышленности: Тез. докл. V Всесоюзной научно-технич. конференции, Николаев, сентябрь 1992 г., – Киев: Наук.думка, 1992. – С.190.
2. Смирнов В.П., Крастелев Е.Г., Нистратов В.М., Грабовский Е.В., Ефремов Н.М., Харо О.Е. Мобильная установка электроразрядного разрушения горных пород и строительных конструкций // Строительные материалы, 1999. – № 6. – С. 13–15.
3. Ризун А.Р., Голень Ю.В., Денисюк Т.Д., Поздеев В.А. Разработка и внедрение технологического процесса электроразрядного разрушения донных грунтов // Наука и инновации. 2007. – Т.3. – № 3. – С. 50–54.
4. Иванов Н.А., Пивоваров М.И., Войтенко Н.В., Юдин А.С. Шпуровое разрушение горных пород и бетона // Известия ТПУ. 2012. №2. С.136–140.
5. Burkin V.V., Kuznetsova N.S., Lopatin V.V., Dynamics of electro burst in solids: I. Power characteristics of electro burst.//J. Phys. D: Appl. Phys.–2009. – V. 43.–P. 185–204.

УДК 662.7:502.171;662.7:658.567;61.53.91;31.15.28

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ
ЧИСТОЙ УТИЛИЗАЦИИ ИЛОВЫХ ОСАДКОВ
КОММУНАЛЬНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ
ПУТЕМ СЖИГАНИЯ В КИПАЮЩЕМ СЛОЕ
КАТАЛИЗАТОРА**

*В.А. Яковлев, А.С. Афлятунов, Ю.В. Дубинин,
М.Ю. Лебедев, А.Д. Симонов, А.В. Федоров, Н.А. Языков*
Институт катализа имени Г.К. Борескова Сибирского
отделения Российской академии наук, г. Новосибирск

Работа выполняется в рамках соглашения № 14.577.21.0058 от 5 июня 2014 г, Индустриальный партнер: ООО НПО «Мостовик» (г. Омск).

Объектом исследования и разработки являются каталитические технологии экологически чистой утилизации иловых осадков коммунальных очистных сооружений путем сжигания в кипящем слое катализатора.

Цель работы - проведение прикладных научных исследований, направленных на снижение экологической нагрузки на природу внедрением энергосберегающей экологически безопасной технологии автотермического сжигания иловых осадков с высокой влажностью в кипящем слое катализатора.

В результате выполнения 1-го этапа прикладных научных исследований получены следующие результаты:

Проведен аналитический обзор современной научно-технической литературы по технологиям экологически чистой утилизации иловых осадков коммунальных очистных сооружений. Основным способом обезвреживания осадков, широко применяемым в мировой практике, является использование термических методов - пиролиза, газификации или сжигания механически обезвоженных осадков сточных

вод. Поэтому поиск новых технологий утилизации обезвоженных осадков сточных вод крайне актуален.

Осуществлен выбор направления исследований для решения поставленной задачи - исследование процесса сжигания иловых осадков в кипящем слое катализатора глубокого окисления, который должен обеспечить как высокую степень выгорания осадков, так и не превышающее санитарных норм содержание вредных веществ в дымовых газах - CO, NO_x, SO_x, диоксинов. В отличие от известных технологий сжигания осадков в псевдоожиженном слое инертного материала при каталитическом сжигании не требуется вводить дополнительные стадии восстановления оксидов азота аммиаком, поглощения кислых газов, адсорбционной очистки.

Проведены патентные исследования для определения технического уровня разработки, анализа тенденций развития исследований в данной области и уточнения выбора направления собственных исследований.

Разработана эскизная конструкторская документация на две экспериментальные установки по сжиганию сухих и мокрых иловых осадков коммунальных очистных сооружений для тестирования катализаторов в кипящем слое производительностью по исходному сырью 0,05 и 2 кг/час.

Разработана методика синтеза катализаторов глубокого окисления, обеспечивающих сжигание влажных иловых осадков при температурах 700-750°C.

Разработана методика анализа продуктов сгорания иловых осадков очистных сооружений для оптимизации и контроля условий процесса каталитического сжигания иловых осадков на экспериментальных установках (температура процесса, концентрация CO и концентрация SO_x после реактора, состав катализатора).

Разработана Программа и методики исследовательских испытаний каталитического процесса глубокого окисления для определения степени выгорания углеродсодержащей

компоненты илового осадка и определения степени истирания катализаторов в режиме кипящего слоя.

Проведен скрининг катализаторов глубокого окисления в реакциях с модельным соединением (СО), установлены основные корреляции их активности с природой катализаторов. При проведении скрининга катализаторов использовали уникальную научную установку «Хемосорб». Показано, что алюмомагниймеднохромовые оксидные катализаторы КГО-S20 и КГО-O30 проявляют большую активность в процессе окисления СО чем алюможелезные оксидные катализаторы. Из полученных алюможелезных оксидных катализаторов наиболее активными являются катализаторы $Fe_{Ox}/\gamma-Al_2O_3(S)$ и $Fe_{Ox}/\gamma-Al_2$. Активность катализаторов КГО-S20, КГО-O30, $Fe_{Ox}/\gamma-Al_2O_3(S)$ и $Fe_{Ox}/\gamma-Al_2O_3$ при окислении СО выше активности промышленного образца ИК-12-73.

По активности в процессе окисления СО катализаторы можно расположить в следующий ряд (по мере снижения активности): $CuCr_2O_4/PM_2M700 > ЩКЗ-1 > CuCr_2O_4/PM_1M700 > CuCr_2O_4/PM_1700 > КГО-S20 > КГО-O30 >> Fe_{Ox}/\gamma-Al_2O_3(S) > CuCr_2O_4/пропант > Fe_{Ox}/\gamma-Al_2O_3 > CuCr_2O_4/PM_2700 > CuCr_2O_4/PM_1 > ИК-12-73 > Fe_{NO}/\gamma-Al_2O_3(S) > Fe_{NO}/\gamma-Al_2O_3 > ИК-12-74А.$

Проведено исследование катализаторов глубокого окисления физико-химическими методами для установления взаимосвязи между их активностью и физико-химическими свойствами. При проведении исследований структуры катализаторов глубокого окисления было использовано оборудование Центра коллективного пользования «Сибирский Центр Синхротронного и Терагерцового излучения». Показано, что алюмомагниймеднохромовые оксидные катализаторы КГО-S20 и КГО-O30, проявляют более высокую активность в окислении СО чем промышленный образец алюмомагниймеднохромового оксидного катализатора. Активность полученных

алюможелезных оксидных катализаторов в значительной степени зависит от состояния железа на поверхности носителя. Наибольшую активность в окислении СО проявляют катализаторы, приготовленные пропиткой раствором $(\text{NH}_4)_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]$. Полученные катализаторы на основе пропанта и модифицированных пропантов пропиткой раствором бихромата меди проявили каталитическую активность при окислении СО на уровне активности промышленных образцов. Активность этих катализаторов глубокого окисления напрямую зависит от текстурных характеристик используемых носителей.

Для участия в мероприятиях, направленных на освещение и популяризацию промежуточных результатов ПНИ, в структуре «Индустриального партнера» (НПО «Мостовик») было создано подразделение по работе над созданием экспериментальной установки по утилизации илового осадка производительностью. В августе-ноябре 2014 года проведено 4 раунда общественных слушаний по тематике, строительстве цеха термокаталитического окисления осадков сточных вод на очистных сооружениях канализации г. Омска, инициированные и организованные при поддержке администрации г. Омска и ОАО «Омскводоканал». Индустриальный партнер (НПО «Мостовик») провел организационные работы и принял участие в коллективной экспозиции в Международной выставке оборудования и технологий для городской коммунально-инженерной инфраструктуры «IDES Si eri» (г. Новосибирск, ВК «Новосибирск Экспоцентр»).

Проведен комплекс мероприятий по подготовке строительной площадки и собственных производственных мощностей НПО «Мостовик» для создания установки по утилизации илового осадка производительностью 1500 кг/час по сухому веществу. Проводится поэтапная реконструкция производственных мощностей ремонтно-механического цеха для увеличения площади производственных помещений и

дополнительного оснащения оборудованием.

Произведена покупка части материалов, необходимых для производства нестандартного оборудования, которое войдет в состав экспериментальной установки по утилизации илового осадка производительностью 1500 кг/час по сухому веществу.

Для демонстрации и популяризации результатов ПНИ Институт катализа принял участие в коллективной экспозиции СО РАН на Международной выставке «Open Innovations Expo-2014» (14-16 октября 2014 года, Москва, территория «Технополис Москвы») и представил результаты исследований по технологии каталитической переработки иловых осадков сточных вод.

Новизна и основное принципиальное отличие технологии сжигания влажных (или сухих) осадков, предлагаемой Институтом катализа СО РАН, заключается в том, что осадки сточных вод подаются в нижнюю часть кипящего слоя. За счет присутствия катализатора процесс сжигания полностью локализуется в кипящем слое и не переходит в надслоевое пространство. Такое решение позволяет в несколько раз увеличить производительность печи и существенно снизить образование при сгорании осадков токсичных соединений (оксидов азота и серы, бензпиренов, диоксинов) и тем самым снизить их содержание в дымовых газах.

Ожидаемый экономический эффект при использовании каталитического способа сжигания по сравнению с традиционными составит 15-18 миллионов рублей в год при сжигании 8 тыс. тонн сухого осадка в год (в основном за счет экономии топлива). Дополнительно снижаются затраты на вывоз отходов, уменьшается плата за складирование отходов и отчуждение земельных площадей. Предотвращается ущерб окружающей среде, в том числе от вторичного загрязнения атмосферы и грунтовых вод продуктами разложения отходов.

УДК 579.8:664.8/9

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БИОКОНСЕРВАНТА НА ОСНОВЕ БАКТЕРИОЦИНОВ ЛАКТОБАКТЕРИЙ

А.Ю. Просеков, О.О. Бабич, Л.С. Дышлюк

Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, г. Кемерово.

Актуальной проблемой, имеющей социальное значение, является продление сроков годности пищевых продуктов без использования химических консервантов. Перспективным способом решения этой проблемы является использование природных консервантов – метаболитов микроорганизмов, в частности бактериоцинов.

Бактериоцины и бактериоциноподобные вещества представляют собой антибактериальные, в основном, комплексные, субстанции белковой природы. Бактериоцины различаются по спектру активности, способу действия, генетическому контролю, биохимическим свойствам.

На данный момент на рынке представлен ряд биоконсервантов зарубежного производства, например, низаплин, кризин.

Поиск природных консервантов, отвечающих требованиям потребителей и производителей – актуальный вопрос и для нашей страны. К сожалению, изучение бактериоцинов в России ведется в недостаточной степени.

Перспективными штаммами-продуцентами бактериоцинов, используемых в пищевой промышленности, являются молочнокислые микроорганизмы.

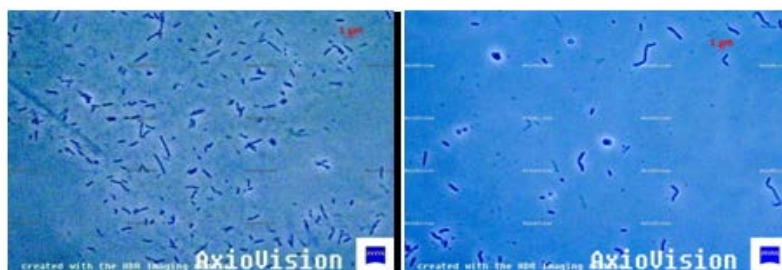
Целью проекта является получение значимых научных результатов, позволяющих переходить к

разработке новых видов биологических консервантов для увеличения сроков хранения плодов и овощей; разработка технологии получения биоконсерванта на основе бактериоцинов лактобактерий для увеличения сроков хранения плодов и овощей; замена традиционных синтетических консервантов их природными аналогами; выход биоконсерванта на основе бактериоцинов лактобактерий на зарубежные рынки сбыта.

В ходе реализации проекта планируется разработать технологию получения биоконсерванта на основе бактериоцинов лактобактерий, который будет обладать следующими свойствами: высокая антагонистическая активность в отношении широкого спектра грамположительных, грамотрицательных бактерий и микроскопических грибов; высокая антимикробная активность на твердой среде, в плотных и жидких питательных средах; способность ингибировать рост патогенной микрофлоры пищевых продуктов не менее чем на 80%; снижение стоимости биоконсерванта по сравнению с имеющимися аналогами – не менее 25%.

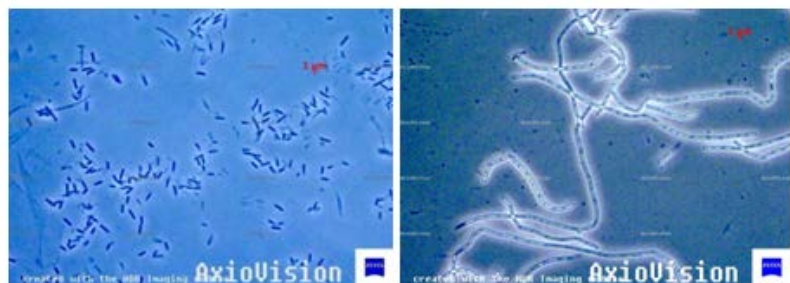
Объектами исследований явились: репчатый лук, помидор, болгарский перец.

Далее представлены результаты микроскопического исследования микроорганизмов, выделенных с поверхности овощей (рисунок 1).



а)

б)



В)

Г)

Рис. 1. Штаммы микроорганизмов выделенные из овощей: А – *Bacillus pumilus*, Б – *Bacillus stratosphericus*, В – *Bacillus subtilis*, Г – *Bacillus endophyticus*

Родовую принадлежность микроорганизмов устанавливали на основе результатов исследования их морфологических, фенотипических и физиолого-биохимических свойств. Проведенный анализ позволил выявить 4 штамма микроорганизмов: *Bacillus pumilus*, *Bacillus stratosphericus*, *Bacillus endophyticus*, *Bacillus subtilis* (таблица 1).

Таблица 1

Характеристика культуральных и морфологических свойств выделенных микроорганизмов

Показатели	Штаммы			
	<i>Bacillus stratosphericus</i>	<i>Bacillus endophyticus</i>	<i>Bacillus pumilus</i>	<i>Bacillus subtilis</i>
1	2	3	4	5
Спорообразование	+	+	+	+
Подвижность	+	+	+	+
Форма	палочкообразная	палочкообразная	палочкообразная	палочкообразная
Характер контура края	бахромчатый	ровный	зубчатый	волнистый

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Профиль	плоский	плоский	выпуклый	плоский
Поверхность	шероховатая	гладкая	гладкая	гладкая
Цвет	телесный	белый	белый	телесный
Структура	однородная	мелкозернистая	однородная	однородная
Консистенция	плотная	плотная	мягкая	плотная
Прозрачность	матовая	матовая	не прозрачная	матовая
Окраска по Граму	грамположительная	грамположительная	грамположительная	грамположительная

Провели анализ нуклеотидных последовательностей гена 16S рРНК для генетической идентификации выделенных штаммов.

После компьютерной обработки полученных последовательностей и их сравнения с базой данных NCBI была обнаружена высокая степень гомологии у всех исследуемых штаммов.

Далее проводили испытания по оценке антимикробной активности выделенных микроорганизмов в жидкой и твердой питательной среде. Показана высокая антимикробная активность всех рассматриваемых штаммов.

Изучение межштаммовых взаимодействий выделенных микроорганизмов является важным аспектом для дальнейшей работы по созданию биопрепарата. При проявлении бионесовместимости или сильного антагонизма штаммов по отношению друг к другу возможно влияние на антимикробные свойства микроорганизмов, что исключает составление консорциума из данных штаммов. Полное «слияние» капель штаммов микроорганизмов при нанесении их друг на друга наблюдается у штамма *Bacillus stratosphericus* по отношению ко всем остальным штаммам микроорганизмов, из этого следует, что данные штаммы являются биосовместимыми.

УДК 53.072.8

**СОЗДАНИЕ УСКОРИТЕЛЬНОГО ИСТОЧНИКА
ЭПИТЕПЛОВЫХ НЕЙТРОНОВ ДЛЯ БОР-
НЕЙТРОНОЗАХВАТНОЙ ТЕРАПИИ
ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ ОПУХОЛЕЙ**

*С.Ю. Таскаев^{1,2}, Б.Ф. Баянов¹, Ю.С. Гаврилова³,
Н.В. Губанова⁴, В.В. Каныгин^{5,6}, Д.А. Касатов²,
А.И. Кичигин⁶, А.М. Кошкарев², А.С. Кузнецов¹,
С.И. Лежнин⁷, А.Н. Макаров¹, Ю.М. Остреинов⁸,
И.Н. Сорокин¹, Т.В. Сычева⁸, С.А. Фролов⁹, И.М. Шудло¹*

¹Институт ядерной физики СО РАН, г. Новосибирск

²Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск

³НИИ клинической и экспериментальной лимфологии
СО РАМН, г. Новосибирск

⁴Институт цитологии и генетики СО РАН, г. Новосибирск

⁵Новосибирский государственный медицинский
университет, г. Новосибирск

⁶Дорожная клиническая больница, г. Новосибирск

⁷Институт теплофизики СО РАН, г. Новосибирск

⁸Новосибирский государственный технический
университет, г. Новосибирск

⁹Институт проблем безопасности развития атомной
энергетики РАН

Перспективной методикой лечения злокачественных опухолей рассматривается бор-нейтронозахватная терапия (БНЗТ)[1], обеспечивающая избирательное уничтожение клеток опухолей путём предварительного накопления в них нерадиоактивного изотопа бор-10 и последующего облучения эпитепловыми нейтронами. Проведенные на ядерных реакторах клинические испытания методики показали, что БНЗТ позволяет лечить глиобластомы мозга, метастазы меланомы и ряд других опухолей. Для широкого

внедрения методики в клиническую практику требуются компактные ускорительные источники нейтронов.

В ИЯФ СО РАН был предложен [2] и сооружен источник тепловых нейтронов на основе нового типа ускорителя заряженных частиц - ускорителя-тандема с вакуумной изоляцией, и литиевой нейтроногенерирующей мишени. Ускоритель характеризуется быстрым темпом ускорения заряженных частиц. На ускорителе изучена высоковольтная прочность сантиметровых вакуумных зазоров с большой запасенной энергией [3], получено требуемое напряжение 1 МВ [4], магнитной фокусирующей линзой осуществлен согласованный ввод пучка отрицательных ионов водорода, его обдирка в газовой обдирочной мишени и ускорение протонного пучка до энергии 2 МэВ. Решены проблемы литиевой нейтроногенерирующей мишени - теплосъема [6,7], напыления тонкого слоя лития [8], блистеринга [9] и наведенной активности [10]. Создана мишень, оптимальная для БНЗТ и повторенная в целом ряде проектов. Осуществлена генерация нейтронов [11], проведены *in vitro* исследования влияния излучения на клеточные культуры [12] и предложена оригинальная система формирования пучка нейтронов, позволяющая проводить облучение пациента с разных сторон [13].

В рамках выполнения Соглашения № 14.604.21.0066 от 27.06.2014 с Министерством образования и науки РФ изучено излучение из конструкционных материалов под действием протонного пучка и определен наилучший материал подложки мишени, на которую напыляется тонкий литиевый слой [14]. Изучен сопутствующий ток в ускорительном канале и определены причины ограничения тока и пробоев по высокому напряжению [15]. В длительном стабильном режиме получен протонный пучок с рекордным током 1,6 мА, отличающийся высокой монохроматичностью энергии 0,1% и стабильностью тока 0,5% [16]. Дальнейшая

реализация плана работ Соглашения, включающая модернизацию ускорителя, изготовление новой нейтроногенерирующей мишени и системы формирования терапевтического пучка нейтронов, позволит впервые в мире создать действующий образец компактного ускорительного источника нейтронов, отвечающего всем требованиям БНЗТ.

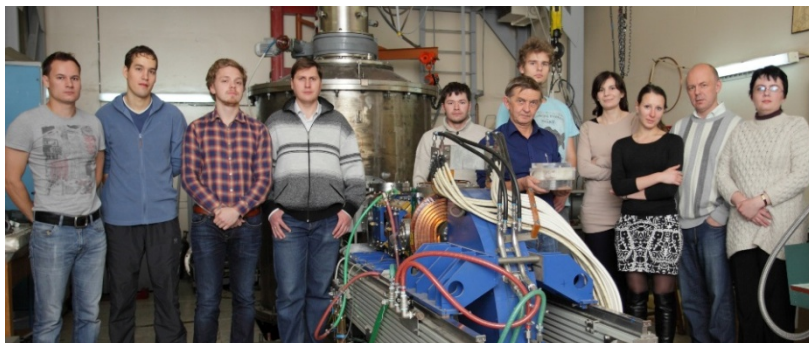


Рис. 1. Часть коллектива исследователей на установке перед проведением эксперимента

- [1] Neutron Capture Therapy. Principles and Applications. Eds.: W. Sauerwein, et al., Springer (2012) 533 p.
- [2] В. Вауанов, et al., NIM A **413**/2-3 (1998) 397-426.
- [3] И.Н. Сорокин, В.В. Широков, ПТЭ **6** (2007) 5-10.
- [4] И.Н. Сорокин, С.Ю. Таскаев, ПТЭ **4** (2014) 5-8.
- [5] В.И. Алейник и др., ПТЭ **5**(2013) 5-13.
- [6] В. Вауанов, et al. Appl. Rad.Isot. **61**(2004) 817-821.
- [7] В.Вауанов, V.Belov, S.Taskaev, J. Phys. **41** (2006) 460-465.
- [8] Б. Баянов, Е. Журов, С. Таскаев, ПТЭ **1**(2008) 160-162.
- [9] V. Astrelin, et al., J. Nucl. Mat. **396** (2010) 43-48.
- [10] Б.Ф. Баянов и др., ПТЭ **6**(2010) 117-120.
- [11] А.Кузнецов и др. Письма в ЖТФ **35**(2009) 1-6.
- [12] Л.Мостовичи др. Бюлл. эксп. биол. мед. **151**(2011) 229.
- [13] В.Каныгин, С.Таскаев. Патент РФ, решение 09.10.2014.
- [14] D. Kasatov, et al., Appl. Rad.Isot. (2015).
- [15] Д. Касаговидр., Письма в ЖТФ **41** (2015) 74-80.
- [16] D. Kasatov, et al., JINST (2014).

УДК 577.2:616-006

**РАЗРАБОТКА ПАНЕЛИ БИОМАРКЕРОВ
ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ И РЕЗИСТЕНТНОСТИ К
ИНГИБИТОРАМ ТИРОЗИН-КИНАЗЫ В
ЦИРКУЛИРУЮЩЕЙ ДНК**

Е.Ю. Рыкова, Е.С. Морозкин

Институт химической биологии и фундаментальной
медицины Сибирского отделения Российской
академии наук, г. Новосибирск

Использование методов высокопроизводительного секвенирования (NGS) находит все более широкое применение в клинической онкологии. Возможность параллельно анализировать большое количество целевых последовательностей и широкий динамический диапазон, обеспечивают возможность получать молекулярно-генетический «портрет» опухоли даже при использовании таких высоко-гетерогенных образцов, как циркулирующая ДНК.

Целью данной работы являлась разработка прототипа системы обогащения целевыми последовательностями для тест-системы диагностического сопровождения таргетной терапии немелкоклеточного рака легкого (НМРЛ) ингибиторами тирозин-киназы EGFR.

Для составления списка мутаций генов, ассоциированных с резистентностью или чувствительностью к гефитинибу или эрлотинибу при лечении НМРЛ, был проведен поиск с использованием общедоступного информационного ресурса национального центра биотехнологической информации США, а именно баз данных ClinVAR, MedGen, Pubmed, PubMed Health и PubChem Compound. Результаты

автоматизированного поиска были далее аннотированы, и отобраны наиболее релевантные публикации, описывающие исследования *in vivo*.

По результатам анализа был сформирован итоговый перечень 17 биомаркерных генов (EGFR, ERBB2, PIK3R1, PIK3CA, HRAS, KRAS, NRAS, BRAF, RB1, STK11, CTNNB1, TP53, CDKN2A, DDR2, ALK, PTEN, MAP2K1) и соответствующих мутаций.

Затем был реконструирован сигнальный каскад *in silico*. Для определения взаимосвязей между участниками сигнального каскада была проведена кластеризация с помощью веб-ресурса DAVID со стандартными параметрами. В качестве используемых баз данных использовались KEGG_PATHWAY, BBID и BIOCARTA.

На основе разработанного ранее перечня биомаркеров был сформирован список уникальных генов и их экзонов, содержащих мутации, связанные с чувствительностью к ингибиторам тирозин-киназы EGFR.

Итоговая таблица целевых последовательностей была сформирована путем определения hg19 координат, выявленных биомаркеров, и последующим определением координат экзонов генов, в которые попадает маркер. Координаты биомаркерных мутаций были определены с помощью базы данных COSMIC, координаты экзонов - с помощью базы данных ENSEMBL. В итоге был сформирован список 79 целевых последовательностей.

Для увеличения присутствия целевой последовательности при пробоподготовке перед секвенированием проводят обогащение. Наиболее популярные варианты обогащения целевой последовательности - полимеразная цепная реакция и гибридизация с зондами. Несмотря на кардинально различающиеся принципы, оба способа дают схожие

результаты. Мультиплексная ПЦР имеет менее равномерное распределение покрытия целевых последовательностей, в отличие от метода гибридизации зондов, однако позволяет использовать меньшее количество биологического материала. Ввиду этого, на данном этапе проекта были сформированы два дизайна панели, реализующие и мультиплексную ПЦР, и гибридизацию с зондами. На последующих этапах планируется определить перспективность использования каждого из методов.

Для создания мультиплексных праймерных панелей наиболее эффективным инструментом является программа AmpliSeq Designer, которая позволяет подбирать пары олигонуклеотидов для одновременной амплификации до нескольких тысяч последовательностей-мишеней.

Используя ранее полученные списки целевых последовательностей в качестве вводных данных, были созданы 2 пула праймеров, обеспечивающие их полное покрытие. При дизайне были учтены такие критерии, как отсутствие полиморфных сайтов на 3'-концах праймеров, низкая энергия праймер-димеров и гетеродуплексов олигонуклеотидов внутри каждого пула.

Первоначальный вариант панели содержит 2 пула праймеров для 17 генов, и полностью покрывает 149 генетических маркеров устойчивости/чувствительности к гефитинибу и эплотинибу.

Помимо праймерной панели также была разработана панель зондов для селективного гибридизационного обогащения по выбранным целевым последовательностям. Дизайн проводился с помощью программы NimbleDesign, т.к. именно эта платформа обеспечивает наибольшую эффективность обогащения в отношении коротких фрагментов.

УДК 616,9:616-07;576.8.077

ВЫБОР МАТЕРИАЛА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОДЛОЖКИ БЕЛКОВЫХ ЧИПОВ

*П.В. Филатов, А.Г. Полтавченко, Д.В. Корнеев,
А.В. Ерш, Е.А. Сергеева, А.М. Никонов*

Государственный научный центр вирусологии и
биотехнологии «Вектор», г. Новосибирск

Одним из основных способов первичного тестирования доноров на наличие гемотрансмиссивных заболеваний является их серологическое обследование с целью выявления антител к отдельным возбудителям. В настоящее время такое обследование проводится с помощью моноспецифических тестов и, поскольку при комплексном обследовании необходимо провести несколько анализов, оно представляет собой длительную и дорогостоящую процедуру.

Мы реализуем новый подход к комплексной серодиагностике - мультиплексный иммуноанализ на белковых матрицах (иммуночипах), позволяющий одновременно выявлять в исследуемом образце антитела ко всему спектру исследуемых патогенов, а также сочетающего мультиплексность с простотой изготовления и применения белковых матриц. В настоящей статье изложены экспериментальные данные по оценке материалов для изготовления подложки иммуночипов.

Материалы и методы

В работе использовали реактивы фирмы Sigma (США) и реагенты отечественного производства с квалификацией не ниже «чда». В качестве конъюгата в дот-иммуноанализе применяли иммунозол (Au-SpA) - золь золота (30 нм), сорбционно связанный с белком А

Staphylococcus aureus по известной методике [1]. В экспериментах использовали антигены, полученные в ГНЦ ВБ «Вектор»:

- рекомбинантный аналог белка p17 возбудителя сифилиса (*Treponema pallidum*);
- иммуноглобулины класса G из сыворотки человека;
- рекомбинантный аналог белка p150 *Cytomegalovirus hominis*;
- лизат натурального возбудителя токсоплазмоза *Toxoplasma gondii*.

Оценку проводили с применением образцов сыворотки крови человека, охарактеризованных с использованием соответствующих моноспецифических наборов для иммуноферментного анализа (ИФА) ЗАО «Вектор-Бест» (Новосибирск).

Микроскопические исследования. Структуру поверхности образцов синтетической бумаги исследовали методами:

- световой микроскопии с использованием микроскопа AxioImager Z1 и камеры MRC с объективом x40 (увеличение x400);
- сканирующей электронной микроскопии с использованием сканирующей приставки H-6010A к электронному микроскопу H-600 (Hitachi, Япония) и с подготовкой образцов по стандартной методике (напылением слоя золота толщиной 20 нм с помощью напылительной установки JFC-1100, JEOL, Япония);
- атомно-силовой микроскопии с использованием микроскопа Solver P47Bio с кремниевыми зондами NGS11 (ЗАО NT-MDT, Россия) в режиме прерывистого контакта [2].

Оценка сорбционных свойств материалов.

Исследуемые образцы синтетической бумаги отмывали дистиллированной водой в ультразвуковой

ванне, высушивали и нарезали на полоски. На обе стороны рабочей части стрипа (20 мм по длине от одного края) по определенной схеме аликвотами по 2,5 мкл наносили антигены (20 мкг/мл) с интервалами 5-6 мм. Подложки инкубировали 8 ч при 4 °С во влажной камере и затем высушивали на воздухе при комнатной температуре. Блокировку свободных от антигенов участков поверхности осуществляли 0,2 %-м раствором казеина в течение 2 ч при комнатной температуре. После блокировки полученные матрицы высушивали и хранили в плотно закрытом сосуде при 4 °С до использования.

При выполнении дот-иммуноанализа матрицы инкубировали 30 мин при 37 °С с контрольными сыворотками в разведении 1/40 на растворе ТСБ-Т (0,01 М Tris-HCl, 0,15 М NaCl, 0,1% Tween-20 и 0,1% азида натрия, рН 7,2) с добавлением 0,05 % казеина. По окончании инкубации подложки трижды отмывали ТСБ-Т, погружали в рабочее разведение иммунозоля *Au-SpA* на ТСБ-Т и инкубировали 30 мин при 37 °С. Отмывали дважды ТСБ-Т и дважды дистиллированной водой. Проявляли связанное с подложкой золото в течение 8 мин при комнатной температуре в растворе «физического проявителя»: растворы 1%-ной лимонной кислоты, 0,4%-ного метола и 10%-ного нитрата серебра, смешанные непосредственно перед проявлением в соотношении 1:1:0,04, соответственно. Ополаскивали проявленные подложки дистиллированной водой, высушивали и визуально учитывали результаты. Эффективность адсорбции оценивали по уровню специфического оптического сигнала (интенсивности окраски мест нанесения антигенов), а неспецифическое связывание – по окраске окружающего фона.

Результаты и обсуждение

Выбор подложки является первым шагом на пути создания белкового микротеста. Идеальная подложка

должна отвечать следующим критериям: однородная поверхность, неразмокаемость, возможность связывать достаточное количество белка на единицу площади, способность прочно связывать и удерживать белки в условиях анализа, минимальное неспецифическое связывание, инертность к реактивам и условиям анализа, совместимость с используемыми методами детекции, стабильность при хранении, технологичность при изготовлении диагностических устройств и удобство в обращении [3,4,5].

В предыдущих исследованиях [4] мы оценивали пригодность ряда фильтрующих мембран, а также листовых непористых полимерных материалов для изготовления белковых матриц. Наиболее перспективным материалом для подложек представлялась синтетическая бумага «Polyolith» марки GC-3, которая на протяжении нескольких лет использовалась нами при изготовлении мультиплексных тестов. Однако, с 2011 г. эта марка синтетической бумаги исчезла с российского рынка и возникла необходимость изыскания альтернативного материала.

В настоящей работе мы рассматривали 10 образцов белой, матовой синтетической бумаги, толщиной до 0,5 мм, на основе полипропилена и поливинилхлорида (ПВХ), доступных на российском рынке. Все эти материалы изготавливаются путем добавления двуокиси титана в расплав пластика и прокатки полученной массы. Часть сортов проходит финальную обработку коронным электрическим разрядом. Перечень материалов их целевые свойства и источники приобретения приведены в таблице. Числом крестов в ячейках таблицы пропорционально выражена интенсивность оптических сигналов, знак «-» обозначает отсутствие оптического сигнала, а знак «+/-» - наличие артефактов проявления; н/о - исследования не проводились.

При исследовании материалов в первую очередь оценивали совместимость его чистой поверхности с проявителем, используемым в тесте. Проявитель представляет собой раствор нитрата серебра и восстановителя в кислой среде, стабильный в течение 15-20 мин. Ионы серебра из раствора проявителя способны каталитически восстанавливаться на поверхности частиц золота с образованием металлического серебра, окрашивающего поверхность в черно-серый цвет. Дестабилизировать проявитель с диффузным выпадением серебра на доступные поверхности способны галогениды, сульфиды и некоторые другие вещества, которые потенциально могут присутствовать в материалах подложек. Для оценки фонового проявления, отмытые материалы нарезали полосками и погружали их одним концом в свежеприготовленный раствор проявителя на 10 мин при комнатной температуре. Результаты оценки приведены на рисунке 1.

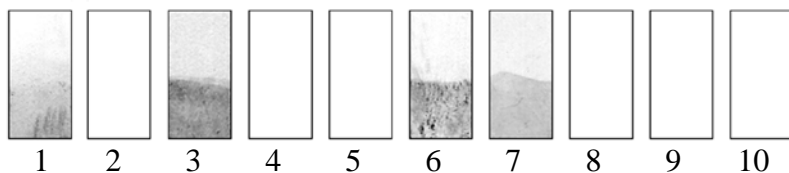


Рис. 1. Результаты оценки совместимости материалов для подложек с проявителем. Материалы: 1 - Lux-Print; 2 - Zenofol-print; 3 - пластик (ПВХ) для струйной печати; 4, 5 и 6 - синтетическая бумага «Polyolith» марок GC-3, GH-1 и PA-1, соответственно; 7, 8 9 и 10 - синтетическая бумага «Pentaprint» марок PR-E281/49-05/9200-542_4, PR-M180/09-04/8400-542_4, PR-M180/09-04/8400-462D8 и PR-M480/09-07/8101-482D8, соответственно

Таблица 1

Основные целевые свойства и источники получения материалов, потенциально пригодных для изготовления подложки иммуночипов

Материал	Марка	Поставщик	Эффективность сорбции	Фоновое связывание	Фоновое проявление
Полипропилен	Lux-Print	ООО Комус www.komus.ru	н/о	н/о	++
ПВХ	Zenofol-print	ООО Зенон www.zenonline.ru	++++	-	-
ПВХ	Пластик для струйной печати	ЗАО «Корпорация знак» www.znak-korp.ru	н/о	н/о	++++
Полипропилен (синтетическая бумага)	GC-3 (0,25 мм)	ООО «Берег» www.bereg.net	+++++	-	-
	GH-1 (0,45 мм)		++++	+/-	-
	PA-1 (0,2 мм)		н/о	н/о	+++
ПВХ (синтетическая бумага «Pentaprint»)	PR-E281/49-05/9200-542_4	ЗАО «ФорДа» www.forda.ru	н/о	н/о	++
	PR-M180/09-04/8400-542_4		++++	+/-	-
	PR-M180/09-04/8400-462D8		+++	+/-	-
	PR-M480/09-07/8101-482D8		+++++	-	-

Видно, что четыре образца бумаги провоцируют проявление и не годятся для применения в иммуноанализе. Эти материалы были исключены из дальнейших исследований.

На следующем этапе изучали микроскопическую структуру поверхности оставшихся шести образцов. Параллельно проводили адсорбцию на них четырех различных антигенов (см. разд. Материалы). После выполнения дот анализа контрольных сывороток оценивали эффективность адсорбции антигенов и способность к неспецифическому связыванию компонентов.

Установлено, что исследованные материалы значительно различаются по структуре поверхности, сорбционным свойствам и способности провоцировать фоновые сигналы. Фоновые оптические сигналы более заметно проявляются на поверхностях с грубой структурой и, вероятно, связаны с механической задержкой наночастиц золота из конъюгата в неровностях рельефа. Выявлена зависимость эффективности адсорбции белков от равномерности структуры поверхности синтетической бумаги, содержания в ней двуокиси титана и обработки материала коронным разрядом. Органическая составляющая синтетической бумаги оказывает менее заметное влияние на адсорбционные характеристики поверхности. Из исследованных доступных материалов наиболее пригодной для изготовления подложек белковых матриц является синтетическая бумага «Pentaprint» марки PR-M480/09-07/8101-482D8.

Экспериментальная оценка способов выкройки заготовок матриц из синтетической бумаги показала, что методы плоттерной и фрезерной выкройки неперспективны, поскольку обеспечивают малую производительность и низкое качество конечного продукта. Лазерная вырезка сопровождалась выбросом продуктов горения, вызывающих стойкие загрязнения заготовок матриц и мешающих выполнению

иммунохимического анализа. Механическая вырубка при помощи типографского прессы оказалась эффективной при одновременной высечке до 20 заготовок и оптимальной по скорости изготовления большого количества однотипных деталей. Такой способ вырубки заготовок матриц пригоден для изготовления подложек из любых видов синтетической бумаги и отвечает требованиям технологичности, чистоты материала и цены.

Работа поддержана Минобрнауки России в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2014-2020 годы» (соглашение № 14.607.21.0020 от 05.06.2020 г).

Список литературы

1. Ru-Qiang L., Cui-Yan T., Kang-Cheng R. Colorimetric detection of protein microarrays based on nanogold probe coupled with silver enhancement// J. Immunol. Meth.- 2004.- Vol. 285.- P. 157-163.
2. Миронов В. Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии.- Нижний Новгород.- 2004.- 160 с.
3. Nielsen U., Geierstanger B. Multiplexed sandwich assays in microarray format// J. Immunol. Meth.- 2004.- Vol. 290.- P. 107- 120.
4. Полтавченко А.Г., Яковченко А.М., Кривенчук Н.А., Зайцев Б.Н. Многопрофильная серодиагностика инфекционных заболеваний. 1. Выбор формата белковых чипов и материала для изготовления подложки // Биотехнология. – 2006. - № 5. - С. 77-87.
5. Sinclair J.C. Constructing arrays of proteins // Curr. Opin. Chem. Biol. - 2013. - Vol. 17. - № 6. - P. 946–951.

УДК 66.088:612.089.67

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ
СТЕПЕНИ КЛЕТОЧНОЙ АДГЕЗИИ,
ПРОЛИФЕРАЦИИ И ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ
ЭНДОТЕЛИАЛЬНЫХ КЛЕТОК НА СОСУДИСТЫХ
СТЕНТАХ ИЗ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ НИКЕЛИДА
ТИТАНА ПУТЁМ ПЛАЗМЕННО-ИММЕРСИОННОЙ
ИОННОЙ МОДИФИКАЦИИ ИХ ПОВЕРХНОСТИ**

А.И. Лотков, О.А. Кашин, Л.Л. Мейснер

Институт физики прочности и материаловедения
Сибирского отделения Российской академии наук, г. Томск

Проект направлен на решение проблемы рестеноза – повторного сужения кровеносного сосуда после имплантации сосудорасширяющего устройства (стента) больным атеросклерозом. При имплантации стента развивается местная воспалительная реакция, следствием чего является избыточное образование гладкомышечных клеток сосудистой стенки, приводящее к рестенозу. Развитие рестеноза вызывает необходимость проведения повторных операций по стентированию. В России на периферических сосудах проводится более 30 тыс. операций стентирования, из них развитие рестеноза наблюдается у 15 – 35 % больных. Поэтому решению проблемы рестеноза в мире уделяется значительное внимание. Для решения этой проблемы большинство исследователей использует нанесение различных покрытий или модификацию поверхности стентов. В настоящем проекте использован подход, основанный на свойстве слоя эндотелиальных клеток на поверхности имплантата эффективно подавлять процессы пролиферации гладкомышечных

клеток. Таким образом, для блокировки образования гладкомышечных клеток необходимо стимулировать образование на поверхности стента сплошного слоя эндотелиальных клеток. На формирование эндотелиального слоя оказывает влияние ряд факторов: химический и фазовый состав, топография поверхностных слоев стента.

Целью реализуемого проекта является разработка научно-технических основ технологии производства сосудистых периферических стентов из сплава на основе никелида титана с поверхностью, модифицированной плазменно-иммерсионной ионной обработкой, обеспечивающей достижение значений функциональных, технических и медико-биологических характеристик, позволяющих снизить риск рестеноза при имплантации сосудистых стентов в организм человека.

Использование таких уникальных свойств сплавов на основе никелида титана как эффекты памяти формы и сверхэластичности позволяет изготавливать из них саморазворачивающиеся стенты, которые устанавливаются в организм человека путём проведения малоинвазивных эндоваскулярных транскатетерных операций. В работе для модификации поверхности образцов использована уникальная установка ионно-плазменной обработки с использованием объемной низкотемпературной газоразрядной плазмы высокой плотности, которая позволяет проводить обработку изделий сложной формы. В качестве модифицирующего элемента выбран кремний, который по предварительным данным стимулирует пролиферацию эндотелиальных клеток.

Проведённый анализ научно-технической и патентной литературы выявил значительный интерес как зарубежных, так и отечественных исследований к

проблеме предотвращения рестеноза при имплантации металлических сосудистых стентов. Во многих работах достигнуты определённые успехи, однако имеющихся данных пока недостаточно для выработки обоснованных рекомендаций по химическому составу и качеству поверхности стентов. Выполненные патентные исследования позволили сделать вывод о возможности получения патентоспособных результатов при выполнении проекта.

К настоящему времени разработана Программа и методики исследования структуры и свойств модельных образцов из сплава на основе никелида титана, методики исследования взаимодействия эндотелиальных клеток с поверхностью модельных образцов. Разработан проект лабораторного технологического регламента изготовления модельных образцов из никелида титана и периферических стентов с модифицированной поверхностью. По данному регламенту изготовлены исходные модельные образцы. Разработана эскизная конструкторская документация периферических стентов двух типоразмеров.

Проведение пробных экспериментов по модификации поверхности модельных образцов из никелида титана кремнием методом плазменно-иммерсионной ионной обработки показало возможность формирования широкого спектра структурно-фазовых состояний поверхностного слоя.

Использование полученных в результате выполнения проекта результатов при организации производства отечественных стентов позволит улучшить качество лечения больных за счет снижения риска рестеноза, обеспечит конкурентные преимущества отечественной продукции, снизит зависимость от импорта.

УДК 615.471:616-073.97

**РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО
ОБРАЗЦА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО
КОМПЛЕКСА ДЛЯ НЕИНВАЗИВНОЙ
РЕГИСТРАЦИИ МИКРОПОТЕНЦИАЛОВ
СЕРДЦА В ШИРОКОЙ ПОЛОСЕ ЧАСТОТ
БЕЗ ФИЛЬТРАЦИИ И УСРЕДНЕНИЯ В
РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ С ЦЕЛЬЮ РАННЕГО
ВЫЯВЛЕНИЯ ПРИЗНАКОВ ВНЕЗАПНОЙ
СЕРДЕЧНОЙ СМЕРТИ**

*Д.К. Авдеева, В.Л. Ким, В.Ю. Казаков, М.Л. Иванов,
М.Г. Григорьев, Н.В. Турушев, П.Г. Пеньков*

Томский политехнический университет, г. Томск

По оценкам Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), в 2004 году от сердечно - сосудистых заболеваний (ССЗ) умерло 17,1 миллиона человек, что составило 29% всех случаев смерти в мире. Из этого числа 7,2 миллиона человек умерло от ишемической болезни сердца (ИБС) и 5,7 миллиона человек - в результате инсульта [1]. Ни по какой другой причине ежегодно не умирает столько людей. Более того, согласно прогнозу ВОЗ к 2030 году от ССЗ умрет еще около 23,6 миллионов человек [1].

Ситуация в России также является неутешительной. Несмотря на заявления о снижении уровня смертности от ССЗ [2], количество больных остается чрезвычайно высоким. Так по данным Минздравсоцразвития в 2008 и 2009 годах на 100000 россиян приходилось, соответственно, 22050,2 и 22477,2 человек с болезнями системы кровообращения [3,4].

Цель проекта – разработать экспериментальный образец аппаратно-программного комплекса для регистрации микропотенциалов сердца от 0,3 мкВ в частотном диапазоне (0-10000) Гц в реальном времени без усреднения и фильтрации с использованием разрабатываемых в рамках проекта высокочувствительных, малощумящих, высокостабильных, неполяризующихся, помехоустойчивых медицинских наносенсоров с целью раннего выявления признаков внезапной сердечной смерти (далее - АПК).

Задача проекта – разработка аппаратно-программного комплекса для раннего выявления признаков внезапной сердечной смерти (ВСС) на основе неинвазивной регистрации в реальном времени микропотенциалов сердца с использованием разработанных в рамках проекта высокочувствительных, малощумящих, высокостабильных, неполяризующихся, помехоустойчивых медицинских наносенсоров для широкого применения в медицине высокотехнологичной аппаратуры высокого разрешения для исследования сердца в поликлиниках, медпунктах, санаториях и т.д.

В течение 1 этапа 2014 года получены следующие результаты в соответствии с техническим заданием и планом графиком работ:

1.1 Выполнен аналитический обзор по проблеме в рамках ПНИ.

1.2 Выполнен отчет по патентным исследованиям.

1.3 Выбор и обоснование направления исследований. Разработка технических решений по созданию экспериментальных образцов наносенсоров, математической электродинамической модели сердца и экспериментального образца АПК.

По наносенсорам:

- Разработаны технические и технологические решения по наносенсорам.
- Разработана конструкторская документация на 3 типа наносенсоров.
- Разработаны технологические регламенты на производство экспериментальных образцов наносенсоров.

По математической электродинамической модели сердца:

- Разработано математическое описание электродинамической модели сердца по микропотенциалам на электрокардиограмме для обнаружения некротических участков в сердце.

По экспериментальному образцу АПК:

- Разработаны структурная и принципиальные схемы экспериментального образца АПК, разработана структура программного обеспечения АПК и методы обработки электрокардиосигнала.
- Разработана эскизная конструкторская документация на 3 типа наносенсоров.
- Разработаны лабораторные технологические регламенты на производство экспериментальных образцов наносенсоров.
- Разработана эскизная конструкторская документация на стенды для проведения испытаний экспериментальных образцов наносенсоров и АПК.

Впервые в мире созданы наносенсоры на основе наночастиц серебра, имплантированных в микропоры алюмосиликатной глиноземистой керамики, рис.1, которые обеспечили высокие метрологические параметры наносенсоров, с помощью которых появилась возможность регистрировать электрокардиосигнал нановольтового и микровольтового уровня без фильтрации и осреднения в реальном масштабе времени, рис. 2.

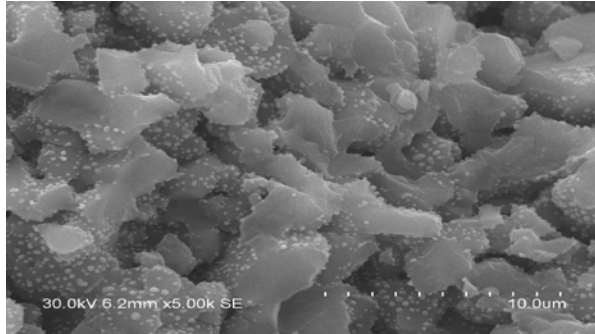


Рис. 1. Изображение пористой структуры керамической диафрагмы с наночастицами серебра

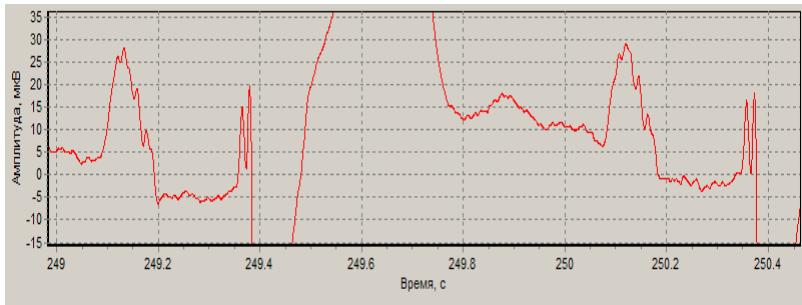


Рис. 2. Запись ЭКГ

Разрабатываемый АПК – это высокотехнологичное оборудование высокого разрешения, которое по цене будет приемлемо для приобретения поликлиниками, амбулаториями и населением.

Разрабатываемый АПК найдет широкое применение в практическом здравоохранении в первичных звеньях – поликлиниках, амбулаториях, санаториях и т.д. для массового исследования населения с целью раннего обнаружения признаков внезапной сердечной смерти и проведения своевременных профилактических мероприятий.

Будут созданы также АПК для домашнего применения.

В результате внедрения АПК в широкую медицинскую практику повысится качество диагностики ВСС, что приведет к снижению смертности от ВСС.

Список литературы

1. Сердечно-сосудистые заболевания. Информационный бюллетень №317 // Всемирная организация здоровья [Электронный ресурс] URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/ru/> (дата обращения: 20.11.2014).

2. Внезапная сердечная смерть у больных ишемической болезнью сердца по результатам Российского многоцентрового эпидемиологического исследования Заболеваемости, смертности, качества диагностики и лечения острых форм ИБС (РЕЗОНАНС) / Якушин С.С., Бойцов С.А., Фурменко Г.И. [и др.] // Российский кардиологический журнал. -2011. - №2. – с. 59-64.

3. ACC/AHA/ESC 2006 Guidelines for Management of Patients With Ventricular Arrhythmias and the Prevention of Sudden Cardiac Death—Executive Summary: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force and the European Society of Cardiology Committee for Practice Guidelines (Writing Committee to Develop Guidelines for Management of Patients With Ventricular Arrhythmias and the Prevention of Sudden Cardiac Death) / Zipes DP, Camm AJ, Borggrefe M [et al.] // J Am Coll Cardiol. – 2006. – Vol. 48. – p. 1064 - 1108.

4. Прогнозирование и профилактика внезапной кардиальной смерти у больных, перенесших инфаркт миокарда / Болдуева С.А., Шабров А.В., Лебедев Д.С. [и др.] // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. -2008. - №7. – с. 56-62.

УДК 577.1 577.15

**РАЗРАБОТКА ИНГИБИТОРОВ ФЕРМЕНТОВ
РЕПАРАЦИИ ДНК В КАЧЕСТВЕ ПРОТОТИПОВ
ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ
СОЦИАЛЬНО ЗНАЧИМЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ**

*А.Л. Захаренко**, *Т.М. Хоменко***, *Р.О. Анарбаев**,
*Н.А. Лебедева**, *Д.В. Корчагина***, *Н.И. Комарова***,
*В.Н. Васильев***, *К.П. Волчо***, *Н.Ф. Салахутдинов***,
*О.И. Лаврик**

*Институт химической биологии и фундаментальной
медицины Сибирского отделения Российской
академии наук, г. Новосибирск

**Новосибирский институт органической химии имени
Ворожцова Сибирского отделения Российской
академии наук, г. Новосибирск

Поиск ингибиторов ключевых ферментов и факторов репарации ДНК относится к перспективным направлениям медицинской химии и является одним из путей создания эффективной терапии сердечно-сосудистых, нейродегенеративных и онкологических заболеваний. Перечисленные патологии связаны с нарушениями экспрессии белков репарации, в том числе их гиперэкспрессией. Настоящий проект посвящен проблеме поиска ингибиторов трех ферментов репарации ДНК – перспективных фармакологических мишеней: поли(АДФ-рибозо)полимераз 1 и 2 (PARP1/2) и тирозил-ДНК-фосфодиэстеразы 1 (Tdp1) и исследованию их цитотоксичности.

Целью данной работы является поиск низкомолекулярных ингибиторов ключевых ферментов репарации ДНК {тирозил-ДНК-фосфодиэстераза 1

(Tdp1) и поли(АДФ-рибозо)полимеразы 1 и 2 (PARP1/2)} и исследование активности наиболее эффективных соединений по отношению к выделенным ферментам и в культуре клеток.

В проекте используется сочетание биоинформационных подходов, позволяющих проводить скрининг и моделирование взаимодействий низкомолекулярных соединений с Tdp1/PARP1/2, с методами экспериментальной проверки ингибирующего эффекта отобранных соединений на выделенных препаратах ферментов и на клеточных линиях.

На первом этапе работы были созданы компьютерные библиотеки новых потенциальных ингибиторов в трех классах природных биологически активных веществ (производные усниновой и бетулиновой кислот и адамантана) и проведен компьютерный скрининг данных библиотек с целью отбора наиболее эффективных ингибиторов. По результатам скрининга рекомендованы к синтезу производные усниновой кислоты и адамантана как потенциальные ингибиторы Tdp1. Среди производных бетулиновой кислоты потенциальных ингибиторов указанных ферментов не обнаружено.

Разработаны методики синтеза рекомендованных соединений:

а) методики синтеза на основе усниновой кислоты производных, содержащих различные структурные фрагменты:

- i) тиазольный цикл
- ii) флавоноидные фрагменты, в том числе открытоцепочечные соединения – хальконы, и гетероциклические – ауруны и флаваноны
- iii) енаминопроизводные с варьированием типа заместителя

iv) сульфидные и сульфоновые фрагменты

б) методики синтеза производных на основе адамантана:

i) 1- и 2-аминоадамантанов

ii) диазаадамантан-6-она.

Разработаны методика определения ингибиторных характеристик соединений в отношении очищенных ферментов Tdp1 и апуриновой/апиримидиновой эндонуклеазы 1, основанные на использовании флуоресцентных олигонуклеотидов. Методики предназначены для скрининга библиотек соединений в формате реального времени.

Проведено экспериментальное изучение влияния 7-метилгуанина на пролиферацию опухолевых клеток. Показано, что 7-метилгуанин в концентрации 150 мкМ не токсичен сам по себе, но усиливает цитостатическое действие цисплатина на клеточные линии (рак молочной железы), HCT116 (рак толстой кишки) и U2Os (остеосаркома), а также доксорубицина на HCC1937. Таким образом, 7-метилгуанин способен усиливать эффективность существующих химиопрепаратов в случае комбинированного использования.

УДК 539.163:541.15

ИССЛЕДОВАНИЕ АДСОРБЦИИ МОЛИБДЕНА И РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО СОЗДАНИЮ НОВОГО ГЕНЕРАТОРА ТЕХНЕЦИЯ

*Е.С. Стасюк, В.С. Скуридин, Е.А. Нестеров,
Н.В. Варламова, А.С. Рогов, В.Л. Садкин*

Томский политехнический университет, г. Томск

Диагностические методы исследований с применением радиофармпрепаратов являются высокоинформативными и используются для выполнения процедур в кардиологии, онкологии, эндокринологии, пульманологии и других областях медицины. Радиоактивный нуклид, входящий в состав диагностических радиофармпрепаратов, выполняют роль маркеров. Их излучение является источником информации для измерительного комплекса (радиометрического, радиографического, гамма-сцинтиграфического и т.п.). Проведение диагностических процедур с использованием радиофармпрепаратов позволяет не только точно и быстро поставить диагноз, но и отразить физиологические и патологические изменения, происходящие в организме. В настоящее время, диагностические радиофармпрепараты на основе технеция-99м используются более чем в 80 % от общего объема радиодиагностических процедур, и позволяют успешно выявлять целый ряд заболеваний различных органов человека.

Короткоживущий радионуклид технеций-99м является дочерним продуктом β -распада ^{99}Mo . Для разделения данной пары радионуклидов применяют устройства, называемые генераторами технеция, среди которых наибольшее распространение получили $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ генераторы сорбционного типа. Мировое и

Российское производство хроматографических (сорбционных) генераторов технеция-99м основано на использовании радионуклида молибден-99, выделяемого из продуктов деления урана-235. Получаемый по такой технологии ^{99}Mo имеет высокую удельную активность, более 200 Ки/г при, практически, полном отсутствии носителя в виде стабильных атомов молибдена. Однако помимо ^{99}Mo при использовании данной технологии образуется более 20 долгоживущих осколочных радионуклидов. Их интегральная активность в сотни раз превышает активность целевого продукта, что создает большие экологические проблемы при их дальнейшей переработке и утилизации.

В работе предлагается альтернативная возможность изготовления генераторов по безотходной технологии на основе ^{99}Mo , полученного по реакции радиационного захвата (n, γ) из облученного нейтронами реактора высокообогащенного молибдена-98. При этом общее количество радиоактивных отходов не превышает 10^{-4} % от активности ^{99}Mo , поскольку молибден-98 может быть регенерирован из отработанных генераторов после их возврата от потребителя и вновь использоваться в технологическом цикле. Полностью отсутствуют также и долгоживущие примеси в получаемом препарате технеция-99м. Однако, продукт образующийся по данной технологии имеет низкую удельную активность молибдена-99 (5-10 Ки/г) и содержит большое количество носителя в виде ядер стабильного молибдена-98. Основные проблемы с изготовлением генераторов из такого сырья связаны с необходимостью нанесения на генераторную колонку большой массы молибдена, порядка 120-180 мг против 2-5 мг в случае использования «осколочного» ^{99}Mo . Все это потребует разработки специальных условий проведения адсорбции молибдена, а также технологических приемов по подготовки сорбента.

В связи с этим, проект направлен на решение проблемы создания безотходной технологии производства и разработке новой конструкции генератора технеция-99м для ядерной медицины.

В результате проведения работ на первом этапе работ выполнен аналитический обзор и проведены патентные исследования, позволяющие сделать вывод о высокой востребованности разрабатываемых технологий и методов. Проведены исследования по поиску высокоэффективных сорбентов. Исследования адсорбционных свойств некоторых оксидов металлов, в т.ч. оксидов алюминия с различной структурой позволили определить их сорбционные емкости по молибдену. Показано, что электролитические оксиды имеют емкость в 2 раза большую, чем хроматографические оксиды алюминия. Также были исследованы оксиды титана, циркония и некоторые другие, доказано, что их сорбционная емкость в 2-4 раза меньше сорбционной емкости хроматографического оксида алюминия.

Разработана методика подготовки сорбента, которая включает в себя операции отмучивания (фракционирования), сушки и активации. Данная методика применима для любых типов сорбентов, используемых в генераторных технологиях. Сформулированы технические предложения по созданию безотходной технологии производства. Предложено в качестве безотходной технологии использовать реакцию радиационного захвата нейтронов для наработки молибдена-99 с последующей его регенерацией. Полученные результаты в дальнейшем позволят разработать генератор технеция-99м новой конструкции, облегченной модификации с современным дизайном, системами продувки и фасования продукции.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России (RFMEFI57514X0034).

УДК 641:616-006

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ ДЛЯ РЕАБИЛИТАЦИИ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ БОЛЬНЫХ

А.Ю. Просеков, О.О. Бабич, Л.С. Дышлюк

Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, г. Кемерово

Одной из главных причин смертности на планете являются онкологические заболевания. Прогнозируется, что к 2020 году число раковых больных возрастет до 16 млн. человек. Смертность от рака непрерывно увеличивается и приближается к 10 млн. человек в год, что составляет 15% всех смертных случаев.

Многочисленные исследования, проводимые во многих странах, посвящены вопросам взаимосвязи канцерогенеза и особенностей питания, наблюдаемых у больных с различными онкологическими заболеваниями. У 40% мужчин и у 60% женщин, страдающих онкозаболеваниями, установлена связь между развитием патологического процесса и теми или иными погрешностями в питании.

Принципы питания онкологических больных окончательно не сформированы. С одной стороны, необходимо оказать больному нутритивную поддержку, а с другой – питание способно стимулировать рост и метастазирование опухоли.

Онкологический больной нуждается в специальной организации лечебного питания, включающего пробиотики и пребиотики.

Целью проекта является: создание функциональных продуктов питания для реабилитации онкологических больных на основе низкомолекулярных биоактивных пептидных комплексов и пробиотических штаммов, выделенных из желудочно-кишечного тракта человека;

получение значимых научных результатов, позволяющих переходить к разработке новых видов функциональных продуктов питания для реабилитации онкологических больных; вывод на рынок новых конкурентоспособных функциональных продуктов питания для реабилитации онкологических больных; обеспечение экспортного потенциала и замещение импортных поставок функциональных продуктов питания для реабилитации онкологических больных; прогрессивные структурные сдвиги в биотехнологической отрасли, создание новых рабочих мест; повышение количества жизнеспособных клеток, повышение фагоустойчивости, снижение стоимости пробиотических штаммов, используемых в производстве функциональных продуктов питания.

В ходе реализации проекта планируется разработать технологию получения функциональных продуктов питания для реабилитации онкологических больных на основе низкомолекулярных биоактивных пептидных комплексов и пробиотических штаммов.

На первом этапе реализации проекта выделяли микроорганизмы из фекалий здоровых людей разных возрастных групп и больных онкологическими заболеваниями желудочно-кишечного тракта. Для выделенных микроорганизмов изучали фенотипические, морфологические и пробиотические свойства.

Далее проводили видовую идентификацию микроорганизмов, выделенных из желудочно-кишечного тракта человека здоровых людей и больных онкологическими заболеваниями, основываясь на их биохимических свойствах.

Одним из основных свойств представителей нормальной микрофлоры желудочно-кишечного тракта является антимикробная активность. Данное свойство проявляется за счет способности продуцировать в качестве главного продукта сбраживания углеводов молочную кислоту и антибиотические вещества (бактериоцины), подавляющие рост гнилостных, патогенных и условно-патогенных микроорганизмов.

Результаты исследований показывают, что максимальной антимикробной активностью по отношению к рассматриваемым тест-штаммам характеризуются следующие виды микроорганизмов: *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium breve*, *Lactobacillus spp.*, *Micrococcus spp.*, *Streptococcus agalactiae*.

Дальнейшие исследования направлены на изучение антибиотической резистентности, антиоксидантных, гепатопротекторных и антипролиферативных свойств выбранных штаммов микроорганизмов.

Предварительно проводили выделение, идентификацию и отбор штаммов лактобацилл, входящих в состав нормальной микрофлоры желудочно-кишечного тракта здоровых людей и больных онкологическими заболеваниями.

Далее исследовали резистентность выбранных штаммов, выделенных из микрофлоры желудочно-кишечного тракта здоровых людей и больных онкологическими заболеваниями, к антибиотикам. Полученные результаты свидетельствуют о том, что микроорганизмы, выделенные из желудочно-кишечного тракта человека, характеризуются различной антибиотической устойчивостью (таблица 1).

Таблица 1

Показатели антибиотической устойчивости штаммов, выделенных из желудочно-кишечного тракта человека

Наименование штамма	Концентрация антибиотика, %	Диаметр зоны ингибирования, мм								
		Цефуроксим	Канамицин	Пенициллин	Ципрофлоксацин	Доксициклин	Ампициллин	Тетрациклин	Левометицин	Оксациллин
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Bifidobacterium bifidum</i>	0,4	23,0 ±1,2	0	36,5 ±1,8	33,2 ±1,7	30,6 ±1,5	0	27,6 ±1,4	28,3 ±1,4	0
<i>Bifidobacterium breve</i>	0,4	0	0	3,2± 0,2	27,5 ±1,4	23,4 ±1,2	32,2 ±1,6	0	29,8 ±1,5	30,8± 1,5

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Lactobacillus fermentum</i>	0,4	36,6 ±1,8	0	33,0 ±1,7	0	0	29,9 ±1,5	24,5 ±1,2	32,0 ±1,6	25,6± 1,3
<i>Lactobacillus plantarum</i>	0,4	0	35,4 ±1,8	14,2 ±0,7	0	13,4 ±0,7	32,0 ±1,6	34,6 ±1,7	11,9 ±0,6	15,6± 0,8
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	0,4	0	15,6 ±0,8	0	17,0 ±0,9	0	35,6 ±1,8	0	37,0 ±1,9	28,5± 1,4
<i>Lactobacillus salivarius</i>	0,4	0	0	18,9 ±0,9	0	0	24,5 ±1,2	22,7 ±1,1	30,5 ±1,5	26,5± 1,3
<i>Micrococcus spp.</i>	0,4	27,8 ±1,4	0	25,6 ±1,3	23,9 ±1,2	0	22,7 ±1,1	0	33,4 ±1,7	35,0± 1,8
<i>Streptococcus agalactiae</i>	0,4	32,9 ±1,6	0	0	33,0 ±1,7	35,7 ±1,8	0	34,2 ±1,7	27,8 ±1,4	0

Важным свойством пробиотических штаммов, выделенных из желудочно-кишечного тракта человека, в связи с их использованием в технологии создания функциональных продуктов питания для реабилитации онкологических больных, является антиоксидантная активность.

Наибольшей антиоксидантной активностью характеризуются бесклеточные экстракты штаммов *Lactobacillus fermentum*, *Micrococcus spp.* и *Lactobacillus plantarum*.

В то же время максимальная антиоксидантная активность интактных клеток наблюдается у штаммов *Bifidobacterium breve*, *Lactobacillus salivarius*, *Lactobacillus plantarum*.

Из рисунка 1 видно, что все исследуемые штаммы ингибируют продуцирование β-глюкуронидазы *E. coli* NGU-3 от 65% (*Bifidobacterium bifidum*) до 88% (*Bifidobacterium breve*). Максимальной ингибирующей способностью характеризуются штаммы *Bifidobacterium breve* (88%), *Lactobacillus salivarius* (85%) и *Lactobacillus acidophilus* (79%).

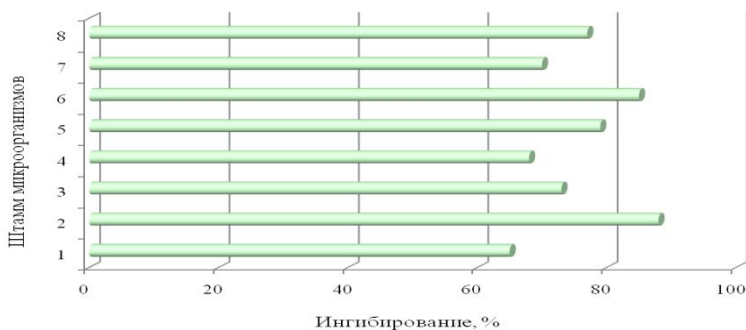


Рис. 1. Ингибирующий эффект штаммов, выделенных из желудочно-кишечного тракта человека, на продуцирование β -глюкуронидазы *E. coli* HGU-3:
 1 – *Bifidobacterium bifidum*; 2 – *Bifidobacterium breve*;
 3 – *Lactobacillus fermentum*; 4 – *Lactobacillus plantarum*;
 5 – *Lactobacillus acidophilus*; 6 – *Lactobacillus salivarius*;
 7 – *Micrococcus spp.*; 8 – *Streptococcus agalactiae*

Полученные данные свидетельствуют о выраженных гепатопротекторных свойствах штаммов, выделенных из желудочно-кишечного тракта человека.

В результате исследования противоопухолевых свойств выделенных штаммов установлено, что все изученные штаммы обладают противоопухолевыми свойствами, однако наиболее выраженными антипролиферативными свойствами характеризуются штаммы *Bifidobacterium breve*, *Lactobacillus plantarum* и *Lactobacillus acidophilus*.

Таким образом, показано, что восемь штаммов, выделенных из желудочно-кишечного тракта человека и выбранных для дальнейших исследований, обладают антимикробными, антиоксидантными, гепатопротекторными, противоопухолевыми свойствами, что позволяет использовать их для создания функциональных продуктов питания для реабилитации онкологических больных.

УДК 577.122 547.466 547.96

**НОВЫЕ МУЛЬТИФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ
НАНОКОНСТРУКЦИИ НА ОСНОВЕ
МОДИФИЦИРОВАННЫХ ФОРМ АЛЬБУМИНА
ДЛЯ ДЕТЕКЦИИ И ЛЕЧЕНИЯ РАКА**

Т.С. Годовикова

Институт химической биологии и фундаментальной
медицины Сибирского отделения Российской
академии наук, г. Новосибирск

Разработка универсальной платформы для создания инновационных противоопухолевых препаратов является одним из приоритетных направлений в современной фармации. Когда речь заходит об онкологии, всегда встают два основных вопроса: диагностика и лечение. Тераностика – развивающаяся область интегральной медицины, сочетающая в себе терапию и диагностику, когда врачи используют одну технологию и для диагностики, и для лечения заболевания в ходе общей процедуры. Сведение воедино, т.е. в пределах одной наноконструкции, и диагностики, и лечения является необходимым условием разработки инновационных противоопухолевых препаратов. Актуальным также является внедрение в фармацевтику методологии лиганд-рецепторного взаимодействия для создания лекарственных форм, направленно транспортирующих действующие субстанции, что дает возможность воздействовать на конкретную мишень и в десятки раз снизить дозировку противоопухолевого препарата, а также в значительной степени избежать побочных действий и осложнений.

Эффективных и малотоксичных мультифункциональных наноконструкций для тераностики злокачественных опухолей, обладающих способностью к программированному высвобождению активной фармацевтической субстанции.

Конечным продуктом, при условии выполнения проекта, будут созданные на основе клинически значимых форм транспортного белка крови (альбумина) биосовместимые мультифункциональные наноконструкции, обеспечивающие:

1. высокую плотность посадки лекарственного средства;
2. эффективную доставку лекарства к месту воздействия на опухоль с минимальным неспецифическим захватом;
3. высвобождение лекарства после доставки в клетки мишени;
4. возможность высокой чувствительности обнаружения опухоли и исследования фармакокинетики препарата методами МРТ/ЯМР *in vivo* на ядрах ^{19}F .

Основным результатом проекта, определяющим его место и роль в решении проблем фармацевтической тераностики, будет разработка оригинальных мультифункциональных наноконструкций для тераностики злокачественных опухолей, обладающих широким спектром полезных фармакологических свойств.

Работа выполняется в рамках проекта RFMEFI61314X0015.

УДК 665.7.032:662.74

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СВЯЗУЮЩЕГО ПЕКА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОДОВ

*Е.Н. Маракушина **, *Ф.А. Бурюкин***, *С.С. Косицына***,
*П.Н. Кузнецов****, *Н.Н. Довженко***

*РУСАЛ Инженерно-технологических центр,
г. Красноярск

**Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

***Институт химии и химической технологии
Сибирского отделения Российской академии
наук, г. Красноярск

Важнейшим компонентом в производстве большинства видов углеродной продукции являются связующие материалы на основе каменноугольных пеков. Основным потребителем пека является цветная металлургия, где он используется, главным образом, в качестве связующего при приготовлении анодной массы, обожженных анодов и других углеродных материалов. В частности, алюминиевые заводы РУСАЛа потребляют более 500 тыс.тонн/год каменноугольных пеков. Дисбаланс между падающим производством и растущим спросом на каменноугольный пек способствует росту цен. В совокупности эти факторы выдвигают актуальную проблему поиска альтернативных способов получения заменителей каменноугольного пека.

С целью разработки принципиально нового продукта – угольного пека, предназначенного для полного или частичного замещения традиционного

каменноугольного пека для производства электродов, были проведены эксперименты по термическому растворению углей различных марок.

Экспериментальные исследования по терморазложению углей проводили при температурах в области от 300 до 400 °С при автогенном давлении (не более 2 МПа) и при различной продолжительности изотермической выдержки. Процесс осуществляли на специально созданных оригинальных экспериментальных установках с реакторами-автоклавами из нержавеющей стали, снабженными устройствами для интенсивного перемешивания реакционной смеси (путем вращения либо с помощью механической мешалки).

Сырьем для термического растворения являлись рядовые бурые и каменные угли 2Б, ДР, 2ГР, 1ГЖР, ДОМСШ, ЖР. В качестве растворителей использовали антраценовое масло, 1-метилнафталин и бинарные смеси 1-метилнафталина с N-метилпирролидоном и 1-метилнафталина с тетрагидронафталином. Выделение пекового продукта из полученного угольного экстракта производилось путем отгонки растворителя при пониженном давлении.

Путем подбора технологических параметров удалось достичь более 50%-ного выхода продукта в расчете на массу исходных углей.

Полученное по предложенной технологии вещество – угольный пек – представляет собой твердую при комнатной температуре массу черного цвета, на изломе имеющую металлический блеск; визуально - аналог каменноугольного пека. Внешний вид образцов угольного пека представлен на рис. 1.



Рис. 1. Внешний вид образца угольного пека

В целом, полученные образцы характеризовались температурами размягчения, превышающими значения данного показателя для широко применяемого среднетемпературного пека. При этом, варьирование глубины отгонки растворителя позволяет регулировать как температуру размягчения, так и массовую долю летучих веществ. Значения показателя зольности находятся в прямой взаимосвязи со свойствами исходных углей.

Таким образом, полученные образцы пекового продукта по внешнему виду и свойствам близки к эталонному продукту – каменноугольному пеку, и могут быть рекомендованы для разработки технологии получения альтернативного связующего для производства электродов после дополнительных исследований.

УДК 542.1-.9,541.1-.9,541.372.4

**РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
РЕШЕНИЙ НАНЕСЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ
СОВМЕСТИМЫХ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ
ПОКРЫТИЙ С ЗАДАНЫМИ СВОЙСТВАМИ НА
ОСНОВЕ МЕТАЛЛОВ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ НА
МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ СОЗДАНИИ
ИЗДЕЛИЙ И УСТРОЙСТВ МЕДИЦИНСКОГО
НАЗНАЧЕНИЯ**

Н.Б. Морозова

Институт неорганической химии Сибирского отделения
Российской академии наук, г. Новосибирск

Соглашение № 14.604.21.0080 о предоставлении
субсидии

Объем средств субсидии (всего 26 млн. руб., на
2014 г. 8 млн. руб.), объем привлекаемых внебюджетных
средств (всего 6,5 млн. руб., на 2014 г. 2 млн. руб.), в том
числе средства ИП 0,7 млн. руб.

Цели выполнения ПНИ.

Разработка методик нанесения биологически
совместимых наноструктурированных металлических (Ir,
Pt) и композиционных (Ir-IrO₂, Pt_xIr_y) покрытий методом
MOCVD (Metal-Organic Chemical Vapor Deposition,
химическое осаждение из паровой фазы) с заданными
электрофизиологическими свойствами на материалы,
применяемые при создании изделий и устройств
медицинского назначения: электрические полюса катодов
и анодов электрофизиологических диагностических,
электрохирургических и эндокардиальных электродов, а
также на полимерные носители.

Перспективы коммерциализации результатов проекта.

1. Импортозамещение. Обеспечение научной и методологической базы для создания российской технологии производства необходимой комплектации для электрофизиологических диагностических и электрохирургических абляционных электродов, которые на данный момент не производятся в России.

2. Создание новых видов продукции. Технология должна решить ряд практических задач, связанных с развитием новой номенклатуры медицинских изделий – катетеров, стентов с покрытиями из благородных металлов.

Работы, проведенные в отчетном периоде:

- проведен анализ зарубежной и отечественной литературы, патентные исследования в соответствии с ГОСТ 15.011-96;
- проведены экспериментальные исследования по синтезу, выделению и очистке прекурсоров иридия и платины, проведено исследование термохимических свойств прекурсоров;
- проведены исследования по разработке MOCVD методик осаждения Ir, Pt слоев на модельные объекты и экспериментальные образцы катодов и анодов;
- исследованы состав, структура, морфология, установлены взаимосвязи между параметрами осаждения и характеристиками Ir, Pt покрытий;
- подготовлено ТЗ на изготовление макета MOCVD установки;
- проведены экспериментальные исследования по методам утилизации отходов металлов платиновой группы;
- проведена сборка лабораторной установки для

синтеза с объемами реакционных сред до 3 л;

- модернизированы имеющиеся лабораторные MOCVD установки: AP,LP-MOCVD реактор для работы при атмосферном и пониженном давлении, pulse-UV-MOCVD реактор для работы в импульсном режиме с УФ-стимуляцией поверхности образцов;

- изготовлены аноды и катоды изделий – эндокардиальных электродов;

- изготовлены приспособления для закрепления анодов и катодов в лабораторной установке для нанесения покрытий.

Поддержка индустриального партнера.

Одним из ведущих производителей электродов для электрокардиостимуляции в России является компания «Элестим-Кардио», которая выступает индустриальным партнером проекта.

«Элестим-Кардио» производит более 8 000 электрокардиостимуляторов и около 12 000 временных и постоянных имплантируемых эндокардиальных электродов в год. В количественном выражении, это составляет около 15% объема закупок в России.

Планируется участие индустриального партнера на всех этапах выполнения ПНИ. С самого начала работ индустриальный партнер привлекается к разработке методики исследования функциональных свойств получаемых покрытий, на основании которого будет сделан вывод об их практической применимости. Разрабатываемый макет MOCVD установки будет изготовлен под конкретные производственные возможности индустриального партнера. Отработка технологии будет осуществляться на тех изделиях и в той комплектации, которая разработана индустриальным партнером.

УДК 67.017,666.3-121

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ
ВЫСОКОЧИСТЫХ НАНО- И МИКРОДИСПЕРСНЫХ
ПОРОШКОВ КАРБИДА БОРА ИЗ
НИЗКОКАЧЕСТВЕННОГО
ПРОМЫШЛЕННОГО СЫРЬЯ**

О.Л. Хасанов, Э.С. Двилис, А.О. Хасанов
Национальный исследовательский Томский
политехнический университет, г. Томск

На основе проведенного литературного и патентного обзора, определены основные направления развития методов производства порошков карбида бора. Проведенный анализ показал, что проблема получения высокочистых микро- и нанопорошков карбида бора остается до настоящего времени актуальной научной и технической задачей. Все существующие технологии производства микро- и нанопорошков карбида бора имеют высокую себестоимость, поскольку связаны с использованием дорогостоящего сырья и (или) высокой энергоемкостью. Кроме того, в известных способах получения микропорошков карбида бора на основе низкокачественного крупнодисперсного сырья недостатками являются повышенное содержание примесей, широкое гранулометрическое распределение, низкий выход целевых фракций, высокая энергоемкость, образование большого количества отходов. Это приводит к снижению качества продуктов и повышению себестоимости высокочистых микропорошков карбида бора. Как следствие, выпуск изделий на основе указанных продуктов становится малорентабельным.

Перспективным направлением является разработка новых более эффективных способов очистки низкокачественного относительно дешевого карбидборного сырья. Для решения этой задачи предлагается использовать новые полимерные материалы, разработанные в Держинском политехническом институте, филиале Нижегородского государственного технического университета (ДПИ НГТУ), которые позволяют повысить эффективность разделения микро- и макросуспензий. Такие суспензии образуются на разных стадиях очистки карбида бора. В научной и патентной литературе такие технологические решения не описаны.

Одним из путей снижения себестоимости производства является также применение отходного промышленного сырья, содержащего значительные количества карбида бора. К такому сырью относятся накопленные ранее и постоянно пополняющиеся (не менее 60 т/год) отходы производства треххлористого бора на ОАО «Авиабор». К настоящему времени количество этих высококислых отходов составило более 600 т, среднее содержание карбида бора в них достигает 15%. В настоящее время не существует технологии переработки данных отходов.

Выявлены основные тенденции совершенствования и развития технологий производства керамики из карбида бора. Технология изготовления керамики на основе карбида бора методом спекания в плазме искрового разряда (Sparkplasma sintering) упоминается лишь в 2 патентах. В патентной литературе отсутствуют данные по использованию наноструктурированных порошков карбида бора без дополнительных спекающих добавок. Использование чистых

наноструктурированных порошков также не описано в изученных патентах.

Конкурирующие методы спекания в плазме искрового разряда не предполагают использование наноструктурированных порошков карбида бора с содержанием основного вещества более 96 масс.%.

Обоснован выбор одного из возможных вариантов консолидации – метода электроимпульсного плазменного спекания (спекания в плазме искрового разряда – SPS). Полученные при 1950 °С и давлении 30 МПа образцы характеризуются остаточной пористостью не более 2 %, твердостью до 37 МПа, ударной вязкостью до 5 МПа•м^{1/2}, прочностью при изгибе 400 МПа. Отмечена тенденция повышения основных характеристик продукта при уменьшении размеров частиц исходного порошка.

По технологии, разработанной ДПИ НГТУ, на предприятии ООО «Полигон инновационных химических технологий» получены экспериментальные партии высокочистых нано- и микродисперсных порошков карбида бора, произведенные на основе низкокачественного отходного сырья.

Работа выполнена в рамках ФЦП. Идентификатор прикладных научных исследований RFMEFI57514X0003.

УДК 621.383.52

**РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ
ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ
НАНОГЕТЕРОЭПИТАКСИАЛЬНЫХ P+/n
СТРУКТУР УЗКОЗОННЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ
МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНО-ЛУЧЕВОЙ
ЭПИТАКСИИ ДЛЯ МАТРИЧНЫХ ИНФРАКРАСНЫХ
ФОТОПРИЕМНИКОВ И ТЕПЛОВИЗОРОВ**

М.В. Якушев, К.С. Журавлев, Е.В. Кожемякина

Институт физики полупроводников имени А.В. Ржанова
Сибирского отделения Российской академии наук,
г. Новосибирск

Разрабатываемые полупроводниковые фоточувствительные материалы и технологии их получения должны обеспечить качественный прорыв в развитии отечественного материаловедения полупроводниковых фоточувствительных материалов и производственно-технологической базы предприятий, производящих полупроводниковые фоточувствительные материалы и изделия на их основе, обеспечить условия для успешного решения ряда проблем в различных отраслях народного хозяйства, создать условия для эффективного импортозамещения.

Учитывая, что, по данным компании SOFRADIR (Франция), объем рынка тепловизионных систем составляет свыше 100 млрд долларов США и постоянно растет, результаты разработки могут найти применение как в качестве заместителей традиционных фотоприемных устройств, так и в новых сегментах рынка, куда ранее фотовольтаические тепловизионные системы не могли

войти из-за высокой себестоимости и больших эксплуатационных издержек.

Новое поколение матричных тепловизионных приборов на основе разрабатываемых фоточувствительных материалов будут иметь высокую температурную чувствительность в сотые и даже тысячные доли градуса, высокую пространственную разрешающую способность и работать в режиме реального времени на кадровых частотах более 25 Гц.

В настоящее время тепловизионные приборы применяются в различных отраслях с целью неразрушающего контроля величины теплотерь в зданиях, промышленных установках и других производственных объектах, обнаружения дефектов в электронных приборах, медицинской диагностике и т.п.

В проведении данных научных исследований заинтересованы четыре организации. ОАО «Швабе-Фотосистемы» (г. Москва) заинтересованы в разработке технологии производства матричных инфракрасных фотодетекторов с улучшенными характеристиками, а также последующем использовании результатов работы для их внедрения в производство и коммерциализации. ФГУП «ЦНИИмаш» (г. Королев, МО) планирует использовать результаты данных прикладных научных исследований при создании перспективных систем дистанционного зондирования Земли. ОАО «ЭЛСИ» (г. В.-Новгород) планирует использовать результаты данных прикладных научных исследований при создании перспективных оптико-электронных систем. ФГБУН «Институт оптики атмосферы» и ООО «НТП ИПЦ» (г. Томск) планирует использовать результаты данных прикладных научных исследований при создании перспективных систем дистанционного зондирования нефти и газо-проводов.

Разработанные технологии будут передаваться Индустриальному партнеру – ОАО «Швабе-Фотосистемы» (г. Москва) и другим заинтересованным предприятиям-производителям систем тепловидения по лицензионному договору.

В процессе выполнения ПНИ предполагается регулярная передача экспериментальных образцов фоточувствительных материалов и экспериментальных образцов фоточувствительных элементов Индустриальному партнеру - ОАО «Швабе-Фотосистемы» (г. Москва) – для проверки соответствия разрабатываемых технологий промышленному производству и маркетинговым ожиданиям.

В настоящее время завершается первый этап проекта. На данном этапе были получены следующие результаты:

1. Выполнен аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей научно-техническую проблему, исследуемую в рамках ПНИ.

2. Проведены патентные исследования.

3. Обоснована и выбрана конструкция инфракрасного фоточувствительного элемента, обеспечивающая повышенную рабочую температуру.

4. Разработаны состав и структура полупроводниковых фоточувствительных материалов.

5. Выбраны методы измерения функциональных свойств полупроводниковых фоточувствительных материалов.

6. Проводятся экспериментальные исследования процессов эпитаксиального роста полупроводниковых фоточувствительных материалов на основе многослойных гетероструктур из узкозонных твердых растворов КРТ с пассивирующим покрытием.

УДК 531.7

ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ МИКРОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Т.Г. Нестеренко, Е.С. Барбин, А.Н. Коледа

Национальный исследовательский Томский
политехнический университет, г. Томск

Перспективы современного приборостроения связаны с разработкой приборов, обладающих малыми массой, габаритами, низкими себестоимостью, энергопотреблением и достаточно высокой надёжностью. Этим требованиям соответствуют микроэлектромеханические сенсоры (МЭМС), основными преимуществами которых являются: малый разброс параметров в пределах изделия, высокая технологичность и повторяемость, микроминиатюрность, малое энергопотребление, низкая стоимость.

Изготовление компонентов в едином технологическом цикле позволяет получать практически неотличимые параметры у одинаковых компонентов. Отсутствие сборочных операций повышает технологичность сложных систем. Применение технологии микросхем позволяет получать микромеханические узлы значительно меньших размеров, чем это возможно по традиционным технологиям.

Миниатюрность изделия и возможность изготовления датчиков, обрабатывающих схем и исполнительных механизмов в одном устройстве позволяет создавать законченные системы достаточно большой сложности в одном корпусе, сравнимом по размерам с интегральными микросхемами (ИМС). Электронная часть, а также электрические каналы связи с

датчиками и механизмами, выполненные по интегральной технологии и имеющие малые размеры, позволяют улучшить такие характеристики, как рабочие частоты, соотношение сигнал/шум и т.п.

Стоимость устройств на основе MEMS значительно ниже, чем устройств, построенных без применения интегральной технологии, что происходит в первую очередь благодаря высокой технологичности и возможности конструирования на основе серийно выпускаемых функционально законченных компонентов. Однако выигрыш в стоимости конечного изделия при применении MEMS в большой степени зависит от серийности самого изделия и компонентов MEMS, в него входящих. Технология MEMS требует достаточно сложного и дорогого оборудования и оправдывает себя при достаточных объемах выпуска.

Области применения МЭМС расширяются. Акселерометры в мобильных телефонах и планшетах, гироскопы в авиационных приборах, ВЧ-компоненты, кардиостимуляторы и портативные мультимедийные устройства, боеприпасы и буровые установки, навигационные системы, системы мониторинга безопасности высокоскоростных поездов, приборы для испытаний на прочность и на разрушение.

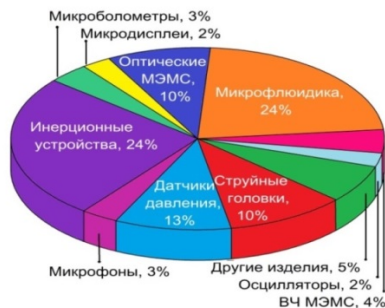


Рис. 1. Прогноз Yole Development

Динамично развивающимися МЭМС в настоящее время являются акселерометры и гироскопы, принцип работы которых основан на измерении смещения инерционной массы относительно корпуса и преобразовании его в пропорциональный электрический сигнал.

Рост требований по функциональности изделий, требует МЭМС, которые были бы максимально адаптированы под конкретные области применения разработок. Необходимо обеспечить требуемые технические характеристики МЭМС в условиях наличия дестабилизирующих воздействий, основными из которых является большой диапазон рабочих температур, удары и вибрация.

Под влиянием температуры возникают изменения линейных размеров конструкции, изменяется модуль упругости кремния, в конструкции возникают внутренние механические напряжения, нарушается геометрическая форма. Это влечет за собой изменение частотных свойств акселерометра, гироскопа и появление погрешностей. С целью компенсации влияния температурного поля на микросистемные устройства, возможно применение систем термокомпенсации или терморегулирования.

В условиях эксплуатации на высокоскоростных и высокоманевренных объектах микрогироскопы и микроакселерометры подвергаются интенсивным ударным и вибрационным воздействиям, поэтому обеспечение стойкости при механических воздействиях весьма актуально. Необходимо предусмотреть меры для повышения их механической стойкости, которые заключаются: в выборе резонансных частот сенсоров; в разработке ударопрочного упругого подвеса; в рациональном расположении упругих элементов и их мест крепления; в установке ограничителей перемещений элементов сенсора.

Работа выполняется в рамках ФЦП по Соглашению №14.575.21.0068.

УДК 678.8:546

**РАЗРАБОТКА НАНОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ
ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ
ПОЛИМЕР-НАНОУГЛЕРОДНЫХ
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ
БИОСПИРТОВ**

В.А. Чумаченко

Институт катализа Сибирского отделения Российской
академии наук, г. Новосибирск

Задачи проекта

Разработка методов переработки возобновляемого сырья (биоэтанола) в высокотехнологичную продукцию с использованием наноструктурированных каталитических систем, обеспечивающих получение полимер-наноуглеродных композиционных материалов на базе полиэтилена (ПЭ), сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ) и многослойных углеродных нанотрубок (МУНТ); снижение потребления нефтехимического сырья.

Основные планируемые результаты

В результате выполнения ПНИ по настоящему проекту будут разработаны 2 вида принципиально важных функциональных полимер-наноуглеродных композиционных материалов и методы их получения на основе единой сырьевой базы биоэтанола, в т. ч.:

- Высокоустойчивый полимер-наноуглеродный композит с антиударными, антистатическими и радиопоглощающими свойствами; применение - авиация, медицина, машиностроение, спортивные объекты, экстремальные условия.

- Электроизолирующий полимер-наоуглеродный композитный материал для кабельной промышленности с повышенной электрической прочностью.

Основные характеристики планируемых результатов

Высокостойкий полимер-наоуглеродный композит, по сравнению с аналогом, будет обладать:

- значительно меньшим омическим сопротивлением (10^5 - 10^{10} Ом·см, вместо 10^{16} Ом·см), что придает ему антистатические свойства;
- повышенной более чем в 3 раза устойчивостью к солнечной радиации;
- диэлектрической проницаемостью >60 , что позволит использовать для создания экранов, поглощающих излучение в СВЧ диапазоне;
- высокой демпфирующей способностью, обеспечивающей коэффициент поглощения механических вибраций не менее 0,75.

Электроизолирующий композитный материал для кабельной промышленности, по сравнению с аналогами, содержит в 10 раз меньше углерода, но при этом будет иметь:

- аналогичное омическое сопротивление, на уровне 10^{13} - 10^{14} Ом·см;
- электрическую прочность к пробое от 20 до 25 кВ/мм;
- улучшенную механическую прочность >8 МПа.

Оценка элементов новизны решений

Принципиальной новизной проекта является то, что впервые будут созданы наноструктурированные композиты, технология которых формируется на единой сырьевой базе возобновляемых ресурсов – биоэтаноле. Сочетание новых, оригинальных подходов к

приготовлению наноструктурированных композитов и нанокаталитических систем с совершенствованием известных технологий приведет к созданию целевых продуктов с новыми потребительскими свойствами.

Пути и способы достижения заявленных результатов

Предлагаемый подход – применение наноструктурированных катализаторов для синтеза указанных химических продуктов из биоэтанола, что предусматривает выполнение взаимосвязанных работ, в том числе:

1. Получение биоэтилена из биоэтанола – продукта биотехнологической переработки возобновляемого растительного сырья.

Высокоактивные и селективные катализаторы переработки биоспирта в биоэтилен должны иметь оптимальное сочетание кислотных и основных центров, допускать длительный цикл межрегенерационного пробега; должны быть разработаны методы очистки биоэтанола от примесей до необходимой чистоты.

2. из биоэтилена ПЭ, СВМПЭ.

Переход на биоэтилен требует выполнения исследований влияния его качества на процесс каталитической полимеризации.

3. Получение из биоэтилена многослойных углеродных нанотрубок (МУНТ).

Переход на биоэтилен требует проведения исследований по выявлению оптимальных условий получения углеродных наноматериалов с регулируемыми структурными характеристиками и химическим составом поверхности.

4. Получение полимер-наноуглеродных композитных материалов на базе концентратов МУНТ/ПЭ и МУНТ/СВМПЭ.

Для создания композитных материалов будут разработаны методы формирования эффективных катализаторов полимеризации биоэтилена на поверхности МУНТ. Синтез композитов с контролируемым содержанием углерода и последующим введением этих продуктов в полиолефины позволит получить полимерные композиты с требуемыми механическими, термическими, электрическими и иными свойствами.

Области перспективного применения результатов ПНИ

Высокопрочный полимер-наноуглеродный композит:

- Амортизаторы, демпфирующие развязки в авиастроении, подшипники и другие элементы скольжения.

- Антиабразивные, защитные и антифрикционные покрытия, химически стойкие к агрессивным средам протекторы.

- Уплотнительные прокладки соединений трубопроводов.

- Поглолительные экраны СВЧ излучения и солнечной радиации.

Электроизолирующий полимер-наноуглеродный композит для электротехнической промышленности:

- Изолирующие высокоомные оболочки кабелей.

- Электропроводящие экраны кабелей.

Практическое внедрение планируемых результатов или перспектив их использования

Реализация результатов ПНИ обеспечит перспективное применение продуктов и технологий по проекту сразу в нескольких ключевых секторах экономики:

- в электротехнической промышленности – для создания изолирующих и проводящих оболочек кабелей с высокой электрической прочностью и длительным сроком службы;

- в авиации, машиностроении, при экстремальных условиях эксплуатации – для создания антиударных, антиабразивных и антифрикционных материалов, а также покрытий с повышенной стойкостью к СВЧ излучению и солнечной радиации;

Для доведения результатов ПНИ до потребителя на следующем этапе будут выполнены ОТР. Технологии производства из возобновляемого сырья полимерных композитов позволят создавать компактные производственные комплексы, не привязанные к источникам традиционного нефтехимического сырья.

Оценка влияния результатов ПНИ на развитие научно-технических и технологических направлений

Результаты ПНИ будут направлены на усовершенствование технологической базы производства полимер-нанокремниевых композитов, а также на расширение сырьевой базы их производства.

Выполнение ПНИ по проекту будет способствовать:

- созданию нового поколения полимерных композитов на основе технологии комплексной переработки биоэтанола;

- снижению импорта в РФ полимерных композитов, обеспечению технологической независимости предприятий РФ от зарубежных компаний;

- расширению сырьевой базы для отечественной нефтехимической промышленности, снижению потребления невозобновляемого сырья и уменьшению загрязнения окружающей среды.

Перспективный прогноз общего производства продукции по проекту с 2020 г. составляет примерно 1500 т/год, на сумму 220-260 млн. руб./год.

Текущие результаты проекта 2014 г.

- Разработана конструкторская документация на изготовление лабораторных стенов для получения и исследования экспериментальных образцов биоэтилена, полиэтилена, многослойных углеродных нанотрубок.

- Для лабораторных стенов изготовлены блоки, в частности: блок выделения и очистки продуктов реакции, блок дозирования и регулирования подачи этилена, блок контроля скорости реакции полимеризации, блок анализа и контроля морфологии частиц полимера, блок автоматизированной выгрузки продуктов реакции. Полная комплектация и изготовление лабораторных стенов будет завершена на этапе 2 ПНИ.

- Разработаны методы нанесения каталитических компонентов на поверхность МУНТ; определено содержание центров, способных взаимодействовать с МОС, в МУНТ различного состава и показано, что при формировании каталитического комплекса на окисленных МУНТ на их поверхности адсорбируется в 7-9 раз больше АлОС, чем в образцах исходных МУНТ. Это способствует повышению активности нанокаталитической системы и увеличению выхода концентратов МУНТ/ПЭ и МУНТ/СВМПЭ. Сделана оценка характеристик концентратов МУНТ/ПЭ и МУНТ/СВМПЭ.

- Нароботаны из этилена ГОСТ 25070-87 три экспериментальных образца МУНТ массой 300 г каждый, со средним диаметром частиц 7,8 нм, 10 нм и 18 нм. Полученные образцы будут использоваться в качестве образцов сравнения при исследовании МУНТ, полученных из биоэтилена.

СОДЕРЖАНИЕ

Информационно-телекоммуникационные системы

- Боровиков Ю.С., Сулайманов А.О., Гусев А.С., Андреев М.В.** Разработка информационно-телекоммуникационной системы поддержки принятия решения диспетчерским персоналом электроэнергетических систем..... **3**
- Мещеряков Р.В., Шум А.Л., Евсютин О.О.** Создание программно-аппаратного комплекса для управления стеганографической информацией для мультимедиа потоков в цифровом телевидении..... **6**
- Семенкин Е.С., Сопов Е.А., Панфилов И.А.** Распределенные самоконфигурируемые многоагентные технологии проектирования и управления интеллектуальными информационными сетями..... **9**
- Кочегуров А.И., Марчуков А.В., Савельев А.О., Черкашин А.Ю.** Разработка технических и программных решений передачи данных в информационной инфраструктуре «интеллектуального» месторождения..... **16**
- Лексиков А.А.** Миниатюрные полосно-пропускающие фильтры для спутниковых систем связи с подавлением в полосах заграждения более 100 дБ..... **19**
- Семенкин Е.С., Стюгин М.А., Золотарев В.В.** Разработка протокола безопасного обмена данными в распределенной информационно-вычислительной системе на основе технологии защиты с использованием движущейся цели..... **22**

Батраков А.В. Разработка методов комплексной диагностики бортовой аппаратуры космических аппаратов на устойчивость к дугообразованию. Этап 1: выбор направлений исследований..... 26

Кабов О.А., Чиннов Е.А., Зайцев Д.В., Марчук И.В., Гатапова Е.Я., Кабова Ю.О., Чеверда В.В., Люлин Ю.В., Семенов А.А., Шатский Е.Н. Разработка и создание экспериментальных образцов испарительной системы охлаждения для высокопроизводительных вычислительных процессоров и энергоэффективных светодиодных устройств..... 30

*Энергоэффективность, энергосбережение,
ядерная энергетика*

Щерба В.Е., Павлюченко Е.А., Нестеренко Г.А., Лысенко Е.А., Носов Е.Ю., Григорьев А.В. Разработка и проектирования энергетических машин объемного действия нового типа с повышенно интенсивным теплообменом в зоне рабочих органов..... 36

Болотина И.О., Лидер А.М., Седнев Д.А. Разработка технологии диагностики и оценки остаточного ресурса контейнеров с отработавшим ядерным топливом на базе метода ультразвуковой томографии..... 43

Власов Е.В., Выхристюк И.А., Завьялов П.С., Сенченко Е.С., Сысоев Е.В., Чугуй Ю.В., Финогенов Л.В., Хакимов Д.Р. Высокоскоростные оптико-электронные технологии контроля геометрии компонентов перспективных тепловыделяющих сборок..... 47

Наймушин А.Г., Долматов О.Ю., Скуридин В.С., Варлачев В.А., Шаманин И.В. Модернизация экспериментальных установок научно-образовательного комплекса ядерного реактора ИРТ-Т для проведения научно-технических исследований, соответствующих уровню ведущих национальных и мировых исследовательских центров.....	52
Кузнецов Б.Н., Иванов И.П. Создание основ технологии комплексной переработки биомассы березы с получением биотоплив, биологически активных веществ и функциональных материалов.....	55
Носков А.С. Разработка катализатора и энергоэффективного процесса гидрокрекинга тяжелого нефтяного сырья с повышенным выходом малосернистых средних дистиллятов.....	58
Соболев В.И., Бондарева В.М., Колтунов К.Ю., Пармон В.Н. Проведение прикладных исследований в области разработки высокоэффективного каталитического метода окислительной конверсии этана в этилен.....	60
Довженко Н.Н., Архипов Г.В., Сидельников С.Б., Константинов И.Л., Лопатина Е.С., Феськов Е.В. Разработка инновационной технологии получения сталемедных катодных стержней электролизеров.....	63
Губин В.Е., Матвеев А.С. Проведение прикладных научных исследований и экспериментальных разработок с целью создания установок газификации твердых топлив для энергетики и промышленности.....	66

**Алексеев С.В., Бурдуков А.П., Мессерле В.Е.,
Аньшаков А.С., Попов В.И., Чернова Г.В.,
Дектерев А.А., Шторк С.И., Устименко А.Б.** Разработка и исследование технологии газификации,
воспламенения и сжигания твердых топлив,
подвергнутых механохимической и плазменной
активации..... **70**

Транспортные и космические системы

Иванов А.Н. Совершенствование технологии сварки
трением с перемешиванием с ультразвуковым
воздействием для формирования неразъемных
соединений дисперсно-упрочненных алюминиевых
сплавов транспортного и авиакосмического
назначения..... **76**

Пятков А.Г., Ханов В.Х. Разработка бортового
комплекса управления на базе технологии «система
на кристалле» для цифровой платформы сверхмалого
космического аппарата..... **81**

Карцан И.Н., Дмитриев Д.Д. Многолучевая
гибридно-зеркальная антенна..... **83**

**Шайдуров В.В., Вейсов Е.А., Непомнящий О.В.,
Тяпкин В.Н.** Разработка многофункционального
бортового комплекса управления для малых
космических аппаратов с использованием
радиационно-стойкой элементной базы российского
производства класса «система на кристалле»..... **87**

Тяпкин В.Н., Карцан И.Н. Сравнительная оценка
пеленгационного и навигационного способов
определения пространственной ориентации..... **92**

Шепов В.Н., Марков В.В., Архипов В.Д., Петров Д.В. Разработка антенн для высокоточных широкополосных активных антенных решеток круговой поляризации L диапазона.....	95
Руденский Г.Е. Разработка лабораторной технологии получения порошковых композиций для изготовления методом инъекционного формования металлических изделий сложной формы с повышенными физико-механическими свойствами для транспортных и космических систем.....	98
Кабов О.А., Зайцев Д.В., Кабова Ю.О., Орлик Е.В., Быковская Е.Ф., Семенов А.А., Шатский Е.Н., Чеверда В.В., Люлин Ю.В. Создание технологии охлаждения теплонапряженных элементов с использованием однокомпонентных двухфазных потоков.....	102
Кабов О.А., Гатапова Е.Я., Марчук И.В., Анискин В.М., Шатский Е.Н., Люлин Ю.В. Создание научно-технического задела и экспериментальных образцов высокоэффективных двухфазных систем охлаждения с естественной циркуляцией для космических и транспортных приложений.....	104
Калошин Г.А. Исследование потенциала высокоточной лазерной и светодиодной системы посадки скоростных летательных аппаратов в условиях ограниченной видимости.....	108

Рациональное природопользование

- Кондратьева А.Г., Яковлева В.С., Нагорский П.М., Трясучев В.А., Гоголев А.С., Веригин Д.А., Черепнев М.С., Морару Е.И.** Создание технологии радиационного мониторинга с оптимальным набором синхронно контролируемых маркеро-индикаторов экстремальных климатических явлений..... 115
- Тельминов А.Е., Тихомиров А.А.** Реализация ПНИЭР «разработка и создание измерительно-вычислительной системы для реализации технологии мезомасштабного мониторинга и прогнозирования состояния атмосферного пограничного слоя»..... 118
- Белан Б.Д., Романовский О.А.** Развитие региональной системы мониторинга парниковых газов, предназначенной для анализа распределения и многолетней изменчивости их концентрации на территории Западной Сибири..... 121
- Курленя М.В., Патутин А.В., Сердюков С.В.** Микросейсмический мониторинг геодинамических процессов в массиве горных пород при разработке месторождений твердых полезных ископаемых..... 124
- Матвиенко Г.Г., Романовский О.А.** Создание технологий лазерного дистанционного зондирования атмосферных проявлений чрезвычайных ситуаций природного (вулканы, лесные пожары, песчаные бури и т.д.) и техногенного (взрывчатые вещества, аварийные выбросы промышленных предприятий и т.д.) характера..... 128

- Белан Б.Д., Романовский О.А.** Мониторинг состава, строения и динамики атмосферы методами дистанционного зондирования и контактными средствами: развитие методов, интеркалибровка средств, продолжение многолетних рядов..... 131
- Матвиенко Г.Г., Романовский О.А.** Развитие методов и средств дистанционного лазерного зондирования атмосферы для создания систем мониторинга с участием научно-исследовательских организаций СНГ..... 134
- Курленя М.В., Патутин А.В., Сердюков С.В.** Комплекс методических и скважинных технических средств гидроразрыва углепородного массива химически активными составами, вибрационного воздействия и измерений геомеханического состояния угольных пластов..... 137
- Алтунина Л.К., Кувшинов В.А., Кувшинов И.В.** Разработка термотропных гелеобразующих и золеобразующих высоковязких композиций для повышения нефтеотдачи и технологий их применения совместно с термическими методами добычи нефти..... 140
- Эпов М.И.** Теоретико-методические основы интерпретации комплекса методов электрометрии при изучении наклонных и горизонтальных скважин..... 143
- Тайлаков О.В.** Разработка эффективной технологии снижения выбросов загрязняющих веществ тепловыми электростанциями угольной генерации..... 146
- Никитенко С.М., Крестовоздвиженский П.Д., Клишин В.И., Герике П.Б.** Армирующие вставки для горных машин..... 148

Юдин А.С., Кузнецова Н.С., Кладько А.А. Перспективы использования электровзрыва для откола и разрушения горных пород и бетона.....	152
Яковлев В.А., Афлятунов А.С., Дубинин Ю.В., Лебедев М.Ю., Симонов А.Д., Федоров А.В., Языков Н.А. Разработка технологии экологически чистой утилизации иловых осадков коммунальных очистных сооружений путем сжигания в кипящем слое катализатора.....	155
Просеков А.Ю., Бабич О.О., Дышлюк Л.С. Разработка технологии получения биоконсерванта на основе бактериоцинов лактобактерий.....	160

Науки о жизни

Таскаев С.Ю., Баянов Б.Ф., Гаврилова Ю.С., Губанова Н.В., Каныгин В.В., Касатов Д.А., Кичигин А.И., Кошкарев А.М., Кузнецов А.С., Лежнин С.И., Макаров А.Н., Остринов Ю.М., Сорокин И.Н., Сычева Т.В., Фролов С.А., Щудло И.М. Создание ускорительного источника эпитепловых нейтронов для бор-нейтронозахватной терапии злокачественных опухолей.....	164
Рыкова Е.Ю., Морозкин Е.С. Разработка панели биомаркеров чувствительности и резистентности к ингибиторам тирозин-киназы в циркулирующей ДНК.....	167
Филатов П.В., Полтавченко А.Г., Корнеев Д.В., Ерш А.В., Сергеева Е.А., Никонов А.М. Выбор материала для изготовления подложки белковых чипов.....	170

- Лотков А.И., Кашин О.А., Мейснер Л.Л.**
Исследование возможности повышения степени клеточной адгезии, пролиферации и жизнеспособности эндотелиальных клеток на сосудистых стентах из сплавов на основе никелида титана путём плазменно-иммерсионной ионной модификации их поверхности..... 178
- Авдеева Д.К., Ким В.Л., Казаков В.Ю., Иванов М.Л., Григорьев М.Г., Турушев Н.В., Пеньков П.Г.** Разработка экспериментального образца аппаратно-программного комплекса для неинвазивной регистрации микропотенциалов сердца в широкой полосе частот без фильтрации и усреднения в реальном времени с целью раннего выявления признаков внезапной сердечной смерти..... 181
- Захаренко А.Л., Хоменко Т.М., Анарбаев Р.О., Лебедева Н.А., Корчагина Д.В., Комарова Н.И., Васильев В.Н., Волчо К.П., Салахутдинов Н.Ф., Лаврик О.И.** Разработка ингибиторов ферментов репарации ДНК в качестве прототипов лекарственных препаратов для социально значимых заболеваний..... 186
- Стасюк Е.С., Скуридин В.С., Нестеров Е.А., Варламова Н.В., Рогов А.С., Садкин В.Л.** Исследование адсорбции молибдена и разработка технических предложений по созданию нового генератора технеция..... 189
- Просеков А.Ю., Бабич О.О., Дышлюк Л.С.** Функциональные продукты питания для реабилитации онкологических больных..... 192

Индустрия наносистем

- Годовикова Т.С.** Новые мультифункциональные наноконструкции на основе модифицированных форм альбумина для детекции и лечения рака..... 197
- Маракушина Е.Н., Бурюкин Ф.А., Косицына С.С., Кузнецов П.Н., Довженко Н.Н.** Разработка технологии получения связующего пека для производства электродов..... 199
- Морозова Н.Б.** Разработка прототипа технологических решений нанесения биологически совместимых наноструктурированных покрытий с заданными свойствами на основе металлов платиновой группы на материалы, применяемые при создании изделий и устройств медицинского назначения..... 202
- Хасанов О.Л., Двилис Э.С., Хасанов А.О.** Разработка технологии получения высокочистых нано- и микродисперсных порошков карбида бора из низкокачественного промышленного сырья..... 205
- Якушев М.В., Журавлев К.С., Кожемякина Е.В.** Разработка научных основ технологии выращивания наногетероэпитаксиальных Р+/п структур узкозонных полупроводников методом молекулярно-лучевой эпитаксии для матричных инфракрасных фотоприемников и тепловизоров..... 208
- Нестеренко Т.Г., Барбин Е.С., Коледа А.Н.** Проблемы разработки микроэлектромеханических систем..... 211
- Чумаченко В.А.** Разработка нанокаталитической технологии получения функциональных полимер-наноуглеродных композиционных материалов из биоспиртов..... 214

ЛР №020524 от 02.06.97.
Подписано в печать 12.12.2014. Формат 60x84^{1/16}
Бумага офсетная. Гарнитура Times.
Уч.-изд. л. 14,4. Тираж 300 экз.
Заказ № 130

ПЛД №44-09 от 10.10.99.
Отпечатано в лаборатории множительной техники
Кемеровского технологического института пищевой
промышленности
650002, г. Кемерово, ул. Институтская, 7



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
И ВЫСТАВКА ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ
СИБИРСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА