



ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ

*Сборник статей по материалам
XXXIX международной научно-практической конференции*

№ 10 (35)
Октябрь 2014 г.

Издается с октября 2011 года

Новосибирск
2014

УДК 62
ББК 30
Т 38

Ответственный редактор: Гулин А.И.

Председатель редакционной коллегии:

Ахметов Сайранбек Махсutowич — д-р техн. наук, проф., ректор Казахстанского университета инновационных и телекоммуникационных систем (КазУИТС), академик РАЕН, действительный член (академик) Национальной инженерной академии Республики Казахстан, заместитель председателя Западно-Казахстанского филиала НИА РК, директор Представительства Казахской академии экологии и безопасности жизнедеятельности» в г.Уральск.

Редакционная коллегия:

Ахмеднабиев Расул Магомедович — канд. техн. наук, доц. Полтавского национального технического университета им. Ю. Кондратюка;

Барштейн Виктор Юрьевич — канд. тех. наук, ст. науч. сотр., заведующий лабораторией Государственного учреждения «Институт пищевой биотехнологии и геномики Национальной академии наук Украины» (ИПБГ НАН Украины).

Елисеев Дмитрий Викторович — канд. техн. наук, доцент, бизнес-консультант Академии менеджмента и рынка, ведущий консультант по стратегии и бизнес-процессам, «Консалтинговая фирма «Партнеры и Боровков»;

Копылов Алексей Филиппович — канд. техн. наук, доц. кафедры Радиотехники Института инженерной физики и радиоэлектроники Сибирского федерального университета;

Романова Алла Александровна — канд. техн. наук, доц. кафедры прикладной физики Санкт-Петербургского государственного экономического университета.

Т 38 Технические науки — от теории к практике / Сб. ст. по материалам XXXIX междунар. науч.-практ. конф. № 10 (35). Новосибирск: Изд. «СибАК», 2014. 180 с.

Учредитель: НП «СибАК»

Сборник статей «Технические науки — от теории к практике» включен в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

При перепечатке материалов издания ссылка на сборник статей обязательна.

Оглавление

Секция 1. Информатика, вычислительная техника и управление 7

ОБОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ НАРУШИТЕЛЯ И ВЕРИФИКАЦИЯ
ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ
СИСТЕМ СО ВСТРОЕННЫМИ УСТРОЙСТВАМИ 7
Десницкий Василий Алексеевич
Чеулин Андрей Алексеевич

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ
КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ РИСКА 21
НЕБЛАГОПРИЯТНОГО ИСХОДА ПРИ ОСТРОЙ
ПОЧЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ
Карякин Алексей Андреевич
Карякина Ольга Евгеньевна

ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ
СИСТЕМЫ ОТКЛОНЕНИЯ ЛАЗЕРНОГО ЛУЧА 27
Кононов Сергей Николаевич

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИСПЕТЧЕРОВ ЗАДАЧ
СО СТРАТЕГИЕЙ РАЗДЕЛЕНИЯ В ПРОСТРАНСТВЕ
ДЛЯ МНОГОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ
СЕТЕЙ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ 32
Мартышкин Алексей Иванович

Секция 2. Машиностроение и машиноведение 41

УЛУЧШЕНИЕ ПРОЦЕССА СБОРКИ ПЛАСТМАССОВЫХ
ИЗДЕЛИЙ ПРИ ПОМОЩИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СВАРКИ 41
Махалин Александр Александрович

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРЕВА ПЛАСТИНЫ РЕЗЦА 46
Омельченко Светлана Владимировна

Секция 3. Энергетика и энергетические техника и технологии 52

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ 52
Джаншиев Сергей Иванович
Костин Владимир Николаевич

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ НА ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОПОЧНОГО МАЗУТА Ткач Надежда Сергеевна Еськин Антон Андреевич Рудинков Александр Сергеевич	63
Секция 4. Материаловедение и металлургическое оборудование и технологии	72
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ СОСТАВАМИ ХОЛОДОТВЕРДЕЮЩИХ ФОРМОВОЧНЫХ СМЕСЕЙ Бакиров Рашид Бакирович Сон Инесса Александровна Жумат Раиса Ғалымжанқызы	72
Секция 5. Аэрокосмическая техника и технологии	79
О РЕШЕНИИ ЗАДАЧ БОРТОВОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ С ПОМОЩЬЮ РЕКОНФИГУРИРУЕМЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ Савкин Леонид Васильевич	79
ВЛИЯНИЕ УГЛА РАСКРЫТИЯ КОНИЧЕСКОГО СОПЛА И ЕГО РАЗМЕРА НА ТЯГУ ЛАЗЕРНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ Сочнев Александр Владимирович	88
Секция 6. Строительство и архитектура	93
ОПТИМИЗАЦИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВРЕМЕННОЙ СХЕМЫ Вотякова Ольга Николаевна	93
Секция 7. Сельское и лесное хозяйство, агроинженерные системы	98
ПОДГОТОВКА ПОЛЯ К ПОЛИВУ ПО ПОЛОСАМ Высочкина Любовь Игоревна	98

ГРЕБНЕВАЯ СЕЯЛКА-КУЛЬТИВАТОР	104
Курдюмов Владимир Иванович	
Зыкин Евгений Сергеевич	
Шаронов Иван Александрович	
Татаров Григорий Львович	
Мартынов Виталий Владимирович	

Секция 8. Химическая техника и технология **111**

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ ФИЛЬТРУЮЩЕ-СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	111
Генис Александр Викторович	
Синдеев Анатолий Алексеевич	
Кузнецов Александр Владимирович	
Идиатулов Рафет Кутузович	

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГЕКСАМЕТИЛЕНТЕТРАМИНА ИЗ АММОНИЙНЫХ СОЛЕЙ МИНЕРАЛЬНЫХ КИСЛОТ	120
Жуманиязов Максуд Жаббиевич	
Курамбаев Шерзод Раимбергенович	
Жуманиязова Дилноза Максудовна	

ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОЛУЧЕНИЯ ГЕКСАМЕТИЛЕНТЕТРАМИНА ИЗ АММОНИЙНЫХ СОЛЕЙ МИНЕРАЛЬНЫХ КИСЛОТ	128
Жуманиязов Максуд Жаббиевич	
Курамбаев Шерзод Раимбергенович	
Жуманиязова Дилноза Максудовна	

1,3,4,6-ТЕТРАКАРБОНИЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В ХИМИИ И ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ. СООБЩЕНИЕ 1. КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКИЕ РАСЧЁТЫ МОЛЕКУЛЫ ОКТАН- 2,4,5,7-ТЕТРАОНА	134
Козьминых Владислав Олегович	
Круглова Анастасия Александровна	
Голуб Елена Ефимовна	

Секция 9. Технология продовольственных продуктов **146**

ПРОИЗВОДСТВО ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВИДОВ ХЛЕБА С ДОБАВЛЕНИЕМ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОГО ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ ЗЕРНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ	146
Куликов Дмитрий Александрович	

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НУКЛЕАЗ МОРСКИХ ОРГАНИЗМОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ОБОРУДОВАНИЯ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ Анна Борисовна Подволоцкая Лариса Анатольевна Балабанова Евгения Сергеевна Фищенко	151
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КУРИНЫХ СУБПРОДУКТОВ В ТЕХНОЛОГИИ КОНСЕРВОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ Рощина Анастасия Дмитриевна Шульгина Лидия Васильевна	155
МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ АНТИБИОТИКОВ В ПРОДУКТАХ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТОРГОВЛИ И ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ Станишевская Наталья Борисовна	161
Секция 10. Организация производства и менеджмент, системы управления качеством	166
ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ FMEA Махалин Александр Александрович	166
Секция 11. Методология и философия науки и техники	172
РЕАЛИЗАЦИЯ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПРОЦЕССЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ Латышев Виктор Александрович	172

СЕКЦИЯ 1.

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

ОБОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ НАРУШИТЕЛЯ И ВЕРИФИКАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННО- ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ СО ВСТРОЕННЫМИ УСТРОЙСТВАМИ

Десницкий Василий Алексеевич

*канд. техн. наук, старший научный сотрудник
лаборатории проблем компьютерной безопасности СПИИРАН,
РФ, г. Санкт-Петербург
E-mail: desnitsky@comsec.spb.ru*

Чеулин Андрей Алексеевич

*канд. техн. наук, старший научный сотрудник
лаборатории проблем компьютерной безопасности СПИИРАН,
РФ, г. Санкт-Петербург
E-mail: chechulin@comsec.spb.ru*

GENERALIZED INTRUDER MODEL AND VERIFICATION OF INFORMATION SYSTEMS WITH EMBEDDED DEVICES

Desnitsky Vasily

*candidate of Science, senior researcher of the laboratory
of computer security problems os SPIIRAS,
Russia, St. Petersburg*

Chechulin Andrey

*candidate of Science, senior researcher of the laboratory
of computer security problems os SPIIRAS,
Russia, St. Petersburg*

АННОТАЦИЯ

Предложены обобщенная модель нарушителя на основе анализа существующих классификаций нарушителей и верификация спецификаций в качестве метода тестирования защищенности устройств в процессе проектирования. Тестирование позволяет разработчику выявить потенциальные угрозы и осуществить отбор возможных типов нарушителей в зависимости от функциональности устройств и ожидаемых сценариев использования, после чего формируется список возможных атак на это устройство. Верификация включает анализ спецификаций на предмет проверки условий, необходимых для выполнения выявленных видов атак.

ABSTRACT

We proposed a generalized intruder model based on the analysis of existing intruder classifications and verification of specifications in the design process as a method of security testing of devices. Testing allows the developer to reveal potential threats and carry out the selection of possible types of intruders, depending on the functionality of the devices and the expected use cases, after that a list of possible attacks on the device is formed. Verification includes an analysis of specifications for checking conditions being necessary for realization of the revealed types of attacks.

Ключевые слова: встроенные устройства; нарушитель; верификация.

Keywords: embedded devices; intruder; verification.

Сложность разработки защищенных информационно-телекоммуникационных систем со встроенными устройствами обуславливается разнородностью устройств системы, используемых отличающихся коммуникационных протоколов, изменчивостью топологии системы во времени, мобильностью и автономностью отдельных устройства и ограничениями на аппаратные ресурсы устройств.

В современной научно-технической литературе вопросы проектирования, интеграции и верификации механизмов защиты систем со встроенными устройствами освещены в недостаточной степени. Так, в настоящее время нет единой методологии, которую могли бы использовать разработчики информационно-телекоммуникационных систем для постановки и реализации требований безопасности. На практике основная трудность, с которой сталкиваются разработчики систем, состоит в (1) сложности анализа и моделирования требований к защите и (2) недостатке опыта разработчиков в области безопасности программно-аппаратного обеспечения.

Модель нарушителя позволяет выявлять и специфицировать возможные атаки на встроенные устройства, описывать их сценарии и сформулировать возможные цели нарушителя, пытающегося скомпрометировать устройство и его сервисы. Модель будет также способствовать оценке конкретных атак с точки зрения их выполнимости, а также потребления ресурсов, которые нарушителю необходимо затратить для успешного проведения атаки. Модель нарушителя используется для разработки средств проектирования механизмов защиты от различных классов атак на встроенное устройство и тестирования устройства на предмет его подверженности тем или иным угрозам информационной безопасности.

ОБЗОР ИСТОЧНИКОВ ЛИТЕРАТУРЫ

Существует ряд работ в области анализа угроз информационной безопасности и нарушителей систем со встроенными устройствами. В [6, с. 753] и [5, с. 1] обосновывается необходимость и важность построения модели угроз как элемента процесса проектирования и разработки защищенных встроенных устройств. Kommerling и др. [7, с. 10] рассматривают вопросы противодействия несанкционированному раскрытию информации, в частности, борьбы с извлечением секретных данных и программного кода из смарт-карт. При этом авторы выделяют основные четыре типа атак: (1) программные атаки, которые базируются на использовании уязвимостей коммуникационных протоколов, шифрующих алгоритмах в сервисах; (2) прослушивание аналоговых интерфейсов и микросхем на основе анализа электромагнитного воздействия; (3) атаки типа «внесение неисправностей» (fault generation), используемые для повышения привилегий доступа; (4) микро-пробирование (microprobing) для осуществления прямого доступа к микросхемам.

Abraham и др. [3, с. 208] рассматривают классификацию нарушителя на основе уровня компетенции нарушителя и знаниях о его возможностях. При этом основное внимание уделяется следующим видам атак: (1) атаки на микросхемы, включая метод «внесения неисправностей» и прослушивание (что согласуется с классификацией атак Kommerling [7, с. 9]); (2) атака замены электронных модулей, отвечающих за функции защиты (substitution attack).

Howard [5, с. 1] предложил классификацию атак в соответствии с наиболее типичными злонамеренными воздействиями, встречающимися на практике: использованием данных профилей других пользователей; злонамеренная модификация данных; раскрытие секретной информации; отказ доступа; получение привилегий. Однако,

эта классификация в большей степени характеризует возможности нарушителя, нежели его цели.

Rae и др. [10, с. 251] разделили нарушителей на несколько групп в зависимости от уровня взаимодействия нарушителя со встроенным устройством. Ebu и др. [4, с. 221] предложили механизм по связыванию моделирования защиты в процесс разработки компонентов защиты встроенных устройств. В частности, в работе представлен инструмент для анализа защищенности, который может быть интегрирован с существующими средствами в рамках совместной среды проектирования с учетом вопросов безопасности, функциональности и архитектуры системы. Pauli и др. [9] предложили базирующийся на анализе угроз подход к проектированию и анализу архитектур защищенных информационных систем. В рамках данного подхода были промоделированы угрозы информационной безопасности с использованием специально подготовленных примеров неправильного использования (misuse cases). С другой стороны Myagmar и др. в [8] исследуют, как моделирование угроз может быть использовано в качестве основы для спецификации требований к защите информационно-телекоммуникационных систем.

Serpanos и др. [12, с. 1678] рассматривают вопросы безопасности и конфиденциальности распределенных систем интеллектуальных камер, включая требования к защите, возможные атаки, типовые риски, представляя имеющиеся решения по анализу как на уровне отдельных узлов сети, так и на уровне всей системы. В [11, с. 1] предложена экспериментальная установка, при помощи которой встроенные устройства атакуются с использованием нескольких образцов данных посредством изменения напряжения источника питания. При помощи экспериментальной установки исследуется влияние эффекта блокировки данных (latch up effect) на возможности нарушителя.

ОБОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ НАРУШИТЕЛЯ

В данном разделе предлагается обобщенная модель нарушителя встроенного устройства, которая описывает возможные типы нарушителя, пытающегося скомпрометировать устройство или его сервисы. Данная модель относится к классу аналитических моделей и может использоваться в процессах верификации и тестирования устройств. В частности, модель нарушителя может применяться для автоматизации процесса верификации спецификаций системы на предмет наличия возможных уязвимостей и разработки тестов в рамках динамического тестирования готовых программно-аппаратных реализаций встроенных устройств. Предложенная модель

нарушителя базируется на классификации нарушителя по двум направлениям: типу доступа к встроенному устройству и по возможностям нарушителя. Рассмотрим следующие классификации нарушителя.

1. Классификация нарушителя по типу доступа к встроенному устройству

Данная классификация определяет тип доступа нарушителя к встроенному устройству при помощи прямого и непрямого каналов [10, с. 251]. Данная классификация является иерархической, причем каждый следующий типа взаимодействия с устройством включает функциональные возможности предыдущих типов. Выделяются следующие основные типы нарушителей:

- тип 0: нарушитель не имеет доступа к встроенному устройству и, по сути, нарушители данного типа воздействуют на устройство опосредованно, зачастую с использованием методов социального инжиниринга;

- тип 1: нарушитель взаимодействует со встроенным устройством опосредованно, осуществляя не прямой доступ к устройству, например удаленный доступ через сеть Интернет с использованием протоколов TCP/IP;

- тип 2: нарушитель может воздействовать на встроенное устройство напрямую, находясь при этом на некотором от него расстоянии, к примеру с использованием интерфейсов Wi-Fi, IR, Bluetooth;

- тип 3: нарушитель имеет физический доступ к устройству, например с использованием интерфейсов последовательного порта и USB, но не имеет возможности исследовать и модифицировать его внутренние электронные компоненты;

- тип 4: нарушитель имеет полный доступ к встроенному устройству и всем его микросхемам и внутренним интерфейсам, таким как интерфейсы шины памяти, периферийных шин, а также отладочному интерфейсу.

2. Классификация по возможностям нарушителя

Для оценки уровня защищенности важно определить сложность возможных компрометирующих действий нарушителя с учетом возможных вовлеченных инструментов, знаний и времени. В соответствии с классификацией [3, с. 208] выделяются следующие три уровня возможностей нарушителя:

- уровень 1: нарушитель не имеет или имеет недостаточные знания о встроенном устройстве, а также может использовать программные инструменты, находящиеся в публичном доступе.

Нарушители данного уровня могут в большей степени эксплуатировать уже существующие общеизвестные уязвимости, нежели чем обнаруживать новые.

- уровень 2: нарушитель владеет информацией о встроенном устройстве и может осуществлять доступ к специализированным атакующим средствам. Нарушитель имеет достаточное время и информацию для поиска ранее неиспользовавшихся уязвимостей;

- уровень 3: нарушитель представляет собой группу нарушителей уровня 2 и способен к осуществлению глубокого анализа встроенного устройства при помощи специализированных инструментов анализа.

В соответствии с приведенными выше классификациями модель нарушителя описывает анализ возможностей нарушителя, возможные атаки на устройство, а также особенности защиты для противодействия таким атакам всех существующих типов нарушителей.

1) Нарушитель 0-го типа не могут совершать каких-либо серьезных атакующих действий напрямую, однако пытаются получить доступ к целевому встроенному устройству с возможным использованием социальной инженерии. Атаки социальной инженерии базируются на анализе поведения пользователей целевого устройства или системы, в которую оно встроено или с которой оно взаимодействует. Предполагаемая защита от атакующих данного типа включает в первую очередь обучение пользователей особенностям защиты от социально инженерных атак.

2) Для нарушителя типа 1 встроенное устройство представляет собой некоторый хост — IP-адрес в рамках некоторой сети. Поэтому его атакующие воздействия оказываются во многом аналогичными атакам на персональные компьютеры и серверные станции. Нарушитель способен прослушивать коммуникационные каналы, исследовать удаленные сервисы целевого устройства и осуществлять поиск ошибок программно-аппаратного обеспечения, затрагивающих безопасность устройства. Предполагается, но не является обязательным, чтобы нарушитель был знаком с целевой системой, тем не менее, атака может проводиться без каких-либо предварительных знаний. Фактически, нарушитель данного типа не использует каких-либо особенностей встроенных устройств, отличающих их от других видов сетевых устройств.

Основной угрозой нарушителей 1-го типа являются перехват, анализ и подделка сообщений, передаваемых по сети для выполнения сетевых атак на встроенное устройство. В соответствии с классификацией нарушителя по уровням, нарушитель уровня 1 ограничен использованием

типовых программных средств, таких как Nessus или Nmap. Применяются подходящие последовательности команд, эксплуатирующие уязвимости в программном коде (эксплойты) из открытых баз данных для сбора данных с использованием этих инструментов. Нарушители уровня 2 на основе имеющейся у них информации способны создать свои собственные эксплойты для атаки устройств. Нарушители уровня 3 могут выполнять распределенные атаки и проводить криптографический анализ протоколов, которые использованы для коммуникации встроенного устройства. Примерами атак, которые могут быть произведены нарушителем типа 1, являются

- перехват, модификация и подделка TCP/IP-сообщений от встроенного устройства — атака типа man-in-the-middle;
- классические сетевые атаки (атаки DDoS, TCP SYN Flood и другие);
- атаки на основе использования конкретных уязвимостей встроенного устройства (атаки с использованием некорректных сетевых пакетов, на основе переполнения буфера и другие);
- криптографический анализ зашифрованных сообщений;
- воздействия на систему аутентификации;
- атаки на систему обновления встроенного устройства.

3. С точки зрения нарушителя 2-го типа встроенное устройство представляет собой реальный объект, физический доступ к которому запрещен или значительно ограничен. Чтобы выполнить большинство атак нарушителю требуется открыть беспроводной интерфейс встроенного устройства, такой как Bluetooth, Wi-Fi или IR. Среди первоначальных угроз, которые могут быть реализованы, может быть также атака получения информации по сторонним каналам (например, анализ электромагнитного излучения).

Возможны атаки на типовые беспроводные интерфейсы, анализ и подделка сообщений, атаки на компоненты устройства, ответственные за обработку данных от различных сенсоров. В соответствии с классификацией нарушителей по уровням возможностей, нарушители уровня 1 практически не имеют возможности выполнять атаки, так как они не имеют достаточных знаний и технических средств. Нарушители уровня 2 могут использовать свои беспроводные модули с самостоятельно подготовленным программным обеспечением. Нарушители уровня 3 способны проводить те же атаки, что и нарушители уровня 2, включая удаленное воздействие на встроенное устройство высокочастотным излучением. Примерами атак, которые может быть выполнены нарушителем типа 2, является

- атака по стороннему каналу на основе параметров удаленного доступа (например, световые характеристики или электромагнитное излучение);
- перехват, модификация и подделка сообщений от устройств через Bluetooth, Wi-Fi, InfraRed и другие типы удаленных соединений, а также криптографический анализ сообщений;
- атаки с использованием сенсоров встроенного устройства (здесь имеются в виду только сенсоры, предполагающие удаленный доступ, например воздействие лазером на светочувствительные сенсоры);
- атаки на интерфейсы встроенного устройства, которые позволяют получить удаленный доступ на устройство;
- удаленные атаки на устройства посредством прямого воздействия на их аппаратные компоненты (к примеру, радиочастотные атаки).

4. С точки зрения нарушителя 3-го типа встроенное устройство рассматривается как «черный ящик» с неограниченным физическим доступом к внешним интерфейсам. Нарушители данного типа могут подсоединяться напрямую ко всем открытым интерфейсам устройства. Возможности нарушителя 3-го типа включают возможности нарушителя 2-го типа и расширены возможностью создания полностью контролируемой среды для исследования различных характеристик устройства (в том числе энергопотребления, производительности и других).

В соответствии с классификацией по уровням нарушителя, нарушитель уровня 1 может эксплуатировать известные уязвимости в процессе легитимного соединения между персональным компьютером и встроенным устройством в процессе реализации угрозы. Нарушители уровня 2 могут использовать специальное оборудование для прямого подсоединения к портам устройства. Нарушители уровня 3 могут осуществлять любые атаки, включающие помещение устройства в полностью контролируемую среду, что значительно увеличивает их возможности в сравнении с нарушителями 2-го типа. Примерами атак, которые могут выполняться нарушителями типа 3, являются атаки по сторонним каналам на основе различных характеристик с использованием прямого доступа; атаки на интерфейсы встроенного устройства с использованием прямого доступа к ним; помещение поддельного встроенного устройства в систему вместо оригинального; атаки с использованием данных от сенсоров встроенного устройства (путем помещения устройства в полностью контролируемую среду); компрометация или замена сенсоров.

5. Для нарушителя 4-го типа устройство представляет собой множество взаимосвязанных микросхем, причем атакующий имеет неограниченный доступ к ним. Нарушитель может проводить дизассемблирование устройства и использовать аппаратные эксплойты: внутренние интерфейсы, скрытые порты, а также осуществлять нелегитимные воздействия с использованием межкомпонентной коммуникации. Нарушитель данного типа может осуществлять чтение или модификацию данных, расположенных внутри электронных компонентов устройства, в том числе ключей шифрования.

В соответствии с классификацией по уровням возможностей, нарушители уровня 1 и 2 практически не имеют возможностей по выполнению атак, поскольку они не имеют необходимых знаний и технических средств (кроме некоторых видов DoS-атак, не требующих специальных технических навыков). Нарушители уровня 3 могут воплощать любые из перечисленных угроз.

Примерами атак, которые могут выполняться нарушителями типа 3, являются чтение или модификация данных непосредственно с микросхем, а также неавторизованная замена аппаратных компонентов устройства.

ВЕРИФИКАЦИЯ

Модель нарушителя описывает возможные типы нарушителей и атаки, исходя из возможностей нарушителя и типа доступа к устройству. Модель нарушителя используется для тестирования встроенных устройств, которое рассматривается в качестве метода тестирования безопасности устройства и нацелено на выявление уязвимостей в процессе его проектирования. В таблице 1 приведена цепочка действий по использованию модели нарушителя.

Таблица 1.

Использование модели нарушителя

Входной элемент		Результаты
Свойства безопасности и нарушители	→	Угрозы и атаки
Свойства безопасности и тесты	→	Проверка свойств

Применяется следующий подход к тестированию, состоящий из двух этапов: статическое тестирование и динамическое тестирование. На стадии проектирования встроенного устройства статическое тестирование позволяет разработчику выявить потенциальные угрозы информационной безопасности, которым подвержено устройство. Для статического анализа требуется информация об устройстве и его

функциональности, в том числе информация о коммуникационных интерфейсах, используемых криптографических алгоритмах, длине ключей и другая. При более детальном рассмотрении статическое тестирование состоит из двух стадий.

Первая стадия представляет собой исследование спецификации встроенного устройства и выбор возможных типов нарушителей, имеющих цель его скомпрометировать в зависимости от функциональности устройства и ожидаемых сценариев использования. Полученные типы нарушителей анализируются в соответствии с моделью нарушителя, после чего формируется список возможных атак на это устройство.

На второй стадии проводится анализ спецификации устройства с целью реализации условий, необходимых для выполнения такой атаки, в том числе проверка наличия определенных аппаратных компонентов и коммуникационных интерфейсов, которые могут использоваться в качестве стартовой точки для проведения атаки. Если все эти условия выполняются, делается вывод о том, что встроенное устройство потенциально уязвимо перед данной атакой. В противном случае можно сделать однозначный вывод о невозможности такой атаки.

Динамическое тестирование, напротив, применяется на финальной стадии процесса проектирования встроенного устройства для проверки возможных атак на физической реализации устройства. Исследование реакции устройства на некорректные и граничные значения входных данных служит примером динамического тестирования. В частности, динамическое тестирование включает анализ открытых портов устройства, инсталлированных на него программных сервисов и использования средств защиты против специализированных сетевых атак. При обнаружении каких-либо нарушений, в том числе различных ошибок в программном обеспечении, связанных с функциями защиты, соответствующие итерации процесса разработки должны повторяться с последующим повторением динамического тестирования.

Тестирование как метод проверки безопасности подразумевает итеративное выполнение, причем тесты проводятся повторно после каждого изменения компонентов устройства или связей между ними. Целесообразно выполнять тесты вновь, как после устранения уязвимости, так и после любого изменения функциональности устройства. В результате автоматизация тестирования позволит ускорить процесс разработки.

ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ СЦЕНАРИЙ

Рассматриваемый сценарий представляет собой систему защищенной передачи данных между персональным компьютером с одной стороны и сервером, расположенным во внешней зоне, с другой. Вся коммуникация осуществляется через сеть Интернет с использованием специализированного устройства «Защищенного коммуникационного шлюза» (Secure Connection Gateways, SCG). SCG представляет собой встроенное устройство, которое соединяет hosts системы, и предоставляет требуемую функциональность защищенной маршрутизации. При этом на серверной стороне соединения расположена база данных, в которой сохраняется критически важная пользовательская информация (Personal Database).

Подсоединение к базе данных осуществляется с использованием аутентификации, причем аутентифицированный пользователь обменивается данными с сервером базы данных через SCG. Некоторая часть передаваемых данных временно сохраняется в SCG до их последующей отправки пользователю. Это сделано для проведения специализированного анализа и поддержки процесса защиты пользователя от вредоносного программного обеспечения. На рис. 1 показан данный сценарий — его элементы и процедуры передачи данных в системе.

Определены следующие требования к защите системы: аутентификация пользователя, целостность и конфиденциальность передаваемых пользовательских данных, целостность и конфиденциальность пользовательских данных, хранимых в базе данных. В таблице 2 приведены четыре типа нарушителей применительно к рассматриваемому сценарию в контексте статического анализа. В работе динамический анализ был проведен в большей степени для нарушителя типа 1, тогда как статический анализ был выполнен для выявления нарушителей всех описанных типов.

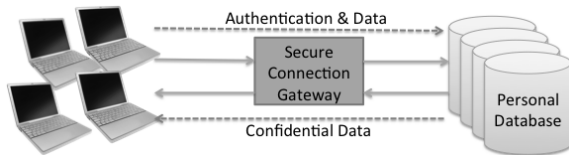


Рисунок 1. Демонстрационный сценарий

Статический анализ позволяет классифицировать все учитываемые угрозы, атаки и тесты системы в терминах свойств защиты. Мы рассмотрим данные полученные для свойства «конфиденциальность

передаваемых данных»: угрозы компрометации данных неавторизованным пользователем [1, с. 20]. При этом чтобы выполнить атаку нарушителю необходимо выполнить два следующих шага: (1) перехватить информационный поток и (2) дешифровать его или провести криптографический анализ. На первом шаге

- нарушитель типа 1 осуществляет перехватит трафик в сети (возможно для нарушителей всех уровней);
- нарушитель типа 3 способен перехватить трафик на интерфейсах шлюза (нарушители уровня 2 и 3);
- нарушитель типа 4 осуществляет перехват трафика на основе атаки по сторонним каналам, а также перехват внутри шлюза (атакующий уровня 3).

Таблица 2.

Пример статического тестирования

Тип	Цель	Пример теста
Тип 1	SCG как хост в сети Интернет	Имеется ли защита против DDoS-атак?
Тип 2	Беспроводные соединения и интерфейсы	Какие используются беспроводные протоколы? Входят ли они в список, действительно, безопасных протоколов?
Тип 3	Проводные соединения и интерфейсы	Какой протокол используется? Входят ли он в список, действительно, безопасных протоколов?
Тип 4	SCG как физический объект	Имеется ли какая-либо защита от атак по сторонним каналам?

Вне зависимости от типа нарушителя на стадии дешифрования

- нарушитель типа 1 способен нарушить свойство конфиденциальности только для незашифрованного трафика;
- нарушитель уровня 2 может использовать уязвимости в используемом протоколе шифрования, обнаруженные ранее;
- нарушитель уровня 3 может выполнять атаки, требующие значительных объемов ресурсов, как например, последовательный перебор ключей шифрования, используемых в коммуникационном протоколе.

Также нарушитель уровня 3 способен проводить криптографический анализ и осуществлять подбор достаточно длинных паролей с целью поиска новых уязвимостей. Классифицируем возможные атаки в соответствии с типом.

- Нарушитель типа 1 может перехватывать сообщения от устройств системы в рамках трафика по протоколу TCP/IP и проводить криптографический анализ зашифрованных сообщений.
- Нарушитель типа 3 может проводить атаки по сторонним каналам, атаки на интерфейсы встроенного устройства с использованием прямого доступа к ним, а также модифицировать настройки таблицы маршрутизации на шлюзе с целью перехватывать конкретные информационные потоки.
- Нарушитель типа 4 способны осуществлять съем данных непосредственно с микросхем устройства (например, данные об используемых криптографических ключах).

При рассмотрении угроз и атак для некоторого свойства защиты задаются тесты, которые необходимо выполнить для проверки защищенности системы [2, с. 116]. Для перехвата трафика применяется динамический анализ, который включает модификацию таблиц маршрутизации (как результат отсутствия шифрования в протоколе SNMP версий 1 и 2), тогда как статический анализ представляет собой анализ защиты устройства от атак по сторонним каналам.

На втором шаге для осуществления дешифрования применение динамического анализа включает передачу информации и последующий поиск заданных сигнатур в трафике (анализ наличия шифрования). Примеры динамического тестирования приведены в таблице 3. Статический анализ же представляет собой проверку спецификаций на наличие шифрования, а также криптографическую стойкость используемых протоколов и шифров.

Таблица 3.

Примеры динамического тестирования

Тип	Цель	Пример теста
Тип 1	SCG как хост в сети Интернет	Какого максимального уровня DDoS-атаки встроенное устройство способно выдержать без ущерба для функциональности?
Тип 2	Беспроводные соединения и интерфейсы	Какой минимальный уровень шума требуется для невозможности связи сервера базы данных и SCG?
Тип 3	Проводные соединения и интерфейсы	Может ли быть успешно выполнена атака «грубой силы» на систему аутентификации?
Тип 4	SCG как физический объект	Какое физическое воздействие должно быть оказано на устройство для успешной DoS-атаки?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Статья посвящена исследованию вопросов безопасности информационно- телекоммуникационных систем со встроенными устройствами. Задача построения среды автоматизированного тестирования встроенных устройств включает построение модели нарушителя, позволяющей сформировать систему тестов, каждый из которых ориентирован на проверку выполнимости того или иного требования к безопасности и ограничений, задаваемых для каждой категории нарушителя. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (13-01-00843, 13-07-13159, 14-07-00697, 14-07-00417), программы фундаментальных исследований ОНИТ РАН (контракт № 2.2), проекта ENGENSEC программы Европейского Сообщества TEMPUS и государственных контрактов № 14.604.21.0033 и 14.604.21.0137 .

Список литературы:

1. Десницкий В.А., Котенко И.В., Чечулин А.А. Конфигурирование защищенных систем со встроенными и мобильными устройствами // Вопросы защиты информации. — № 2. — С. 20—28. — 2012.
2. Чечулин А.А., Котенко И.В., Десницкий В.А. Анализ информационных потоков для построения защищенных систем со встроенными устройствами // Системы высокой доступности. — № 2. — С. 116—122. — 2012.
3. Abraham D.G., Dolan G.M., Double G.P., Stevens J.V. Transaction security system // IBM Systems Journal. — № 30(2). — P. 206—228. — 1991.
4. Eby M., Werner J., Karsai G., Ledecz A. Integrating Security Modeling into Embedded System Design // Proceedings of 14th Annual IEEE International Conference and Workshops on the Engineering of Computer-Based Systems (ECBS '07) . — P. 221—228. — 2007.
5. Howard M. Secure systems begin with knowing your threats // 2004 — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [http://archive.devx.com/upload/free/Features/zones/security/articles/2000/10oct00/mh1000\[1\]-1.asp](http://archive.devx.com/upload/free/Features/zones/security/articles/2000/10oct00/mh1000[1]-1.asp). — 2000 (дата обращения 12.12.2012)
6. Kocher P., Lee R., McGraw G., Ravi S. Security as a new dimension in embedded system design // Proceedings of the 41st Design Automation Conference (DAC '04). — P. 753—760. — 2004.
7. Kommerling O., Kuhn M.G. Design principles for tamper-resistant smartcard processors // Proceedings of the USENIX Workshop on Smartcard Technology. — P. 9—20. — 1999.
8. Myagmar S., Lee A.J., Yurcik W. Threat Modeling as a Basis for Security Requirements // Symposium on Requirements Engineering for Information Security (SREIS'05). 2005.

9. Pauli J., Xu D. Threat-Driven Architectural Design of Secure Information Systems // Proceedings of the International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS'05). 2005.
10. Rae A.J., Wildman L.P. A Taxonomy of Attacks on Secure Devices // Department of Information Technology and Electrical Engineering, University of Queensland. Australia. — P. 251—264. — 2003.
11. Sastry J.K.R., Bhanu J.S., SubbaRao K. Attacking embedded systems through fault injection // 2nd National Conference on Emerging Trends and Applications in Computer Science (NCETACS). — P. 1—5. — 2011.
12. Serpanos D.N., Papalambrou A. Security and Privacy in Distributed Smart Cameras // Proceedings of the IEEE. — vol. 96. — № 10. — P. 1678—1687. — 2008.

**РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ
КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ РИСКА
НЕБЛАГОПРИЯТНОГО ИСХОДА
ПРИ ОСТРОЙ ПОЧЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ**

Карякин Алексей Андреевич

канд. техн. наук, доцент

ГБОУ ВПО Северный государственный медицинский университет,

РФ, г. Архангельск

E-mail: biophysica@gmail.com

Карякина Ольга Евгеньевна

канд. биол. наук,

*доцент ФГАОУ ВПО Северный (Арктический)
федеральный университет им. М.В. Ломоносова,*

РФ, г. Архангельск

E-mail: novogil@mail.ru

DEVELOPMENT OF AUTOMATED SYSTEM OF THE QUANTITATIVE ASSESSMENT OF RISK OF THE FAILURE IN CASE OF THE SHARP RENAL FAILURE

Aleksey Karyakin

*candidate of Science, associate professor
of SBEI HVE Northern State Medical University,
Russia, Arkhangelsk*

Olga Karyakina

*candidate of Biology, associate professor
of FSAEI HVE Northern (Arctic) Federal University,
Russia, Arkhangelsk*

*Работа выполнена при поддержке Программы развития С(А)ФУ
имени М.В. Ломоносова*

АННОТАЦИЯ

В статье представлены этапы разработки и структура автоматизированной системы количественной оценки риска неблагоприятного исхода острой почечной дисфункции. Система содержит основные модули, позволяющие внести следующие сведения о пациенте: демографические (возраст, пол), эпидемиологические, методы интенсивной терапии, лабораторные данные, гидробаланс, блок прогнозирования.

ABSTRACT

In article development stages and structure of automated system of the quantitative assessment of risk of a failure of sharp renal dysfunction are provided. The system contains the main modules allowing to enter the following data on the patient: demographic (age, sex), epidemiological, methods of intensive therapy, laboratory data, hydrobalance, prediction block.

Ключевые слова: острая почечная недостаточность; риск летальности; автоматизированная система.

Keywords: acute renal failure; risk of death; automated system.

Современный этап развития медицины характеризуется важнейшими задачами, заключающимися в повышении качества диагностического процесса, что может быть достигнуто путем

снижения числа диагностических ошибок, ускорения принятия диагностического решения, позволяющего своевременно начать необходимую интенсивную терапию, экономической оптимизации диагностики с целью сокращения затрат на дорогостоящие аппаратные методы без потери качества диагностического заключения.

За последние три десятилетия разработан ряд шкал прогнозирования исхода различных критических состояний, основанных на оценке показателей органной функции, а также ряда как модифицируемых, так и немодифицируемых параметров [3; 4]. Разработанные шкалы для оценки тяжести состояния больных с острым повреждением почек (ОПП), к сожалению, основаны на устаревших критериях почечной дисфункции. Современные диагностические критерии ОПП, например, AKIN и KDIGO становится все менее «жесткими» [2]. В проведенных нами ранее исследованиях была разработана прогностическая реанимационная шкала для пациентов с ОПП с использованием методов многомерной статистической обработки, логистического регрессионного анализа и нейросетевого моделирования [1].

Следует отметить, что количественная оценка риска неблагоприятного исхода при острой почечной недостаточности с использованием разработанных математических моделей и алгоритмов достаточно сложна и неудобна для практического использования в реальных клинических ситуациях. Учитывая вышеизложенное, разработка автоматизированной системы количественной оценки риска неблагоприятного исхода при ОПП является актуальной.

Для создания программного модуля прогнозирования исхода острого повреждения почек использовали язык программирования C# в среде визуального проектирования Microsoft Visual Studio 2013 по лицензии С(А)ФУ имени М.В. Ломоносова — MICROSOFT MSDN AA (MICROSOFT DREAMSPARK PREMIUM) идентификатор подписчика — 1203689097.

Разработка программного модуля включала в себя следующие этапы:

- идентификацию решаемых задач, определение целей и формирование технических требований;
- концептуализацию — определение логических взаимоотношений между входными признаками и результирующей переменной, выбор класса математической модели и соответствующих алгоритмов;
- конструирование прогностической шкалы и системы информативных признаков;

- апробацию разработанного программного модуля на контрольной выборке.

Ядром программного модуля является информационная база данных, содержащая сведения о результатах лечения пациентов в отделении интенсивной терапии. Для разработки информационной базы записей была использована реляционная база данных MS Access. Информационное обеспечение системы включает математическое описание модели прогнозирования состояния тяжести пациентов при ОПП. Разработанный нами программный модуль имеет интуитивно понятный интерфейс, который предоставляет пользователю возможность осуществить быстрый ввод информации и оценить существующие риски.

Структурная схема представления информации в разработанной автоматизированной системе приведена на рисунке 1.

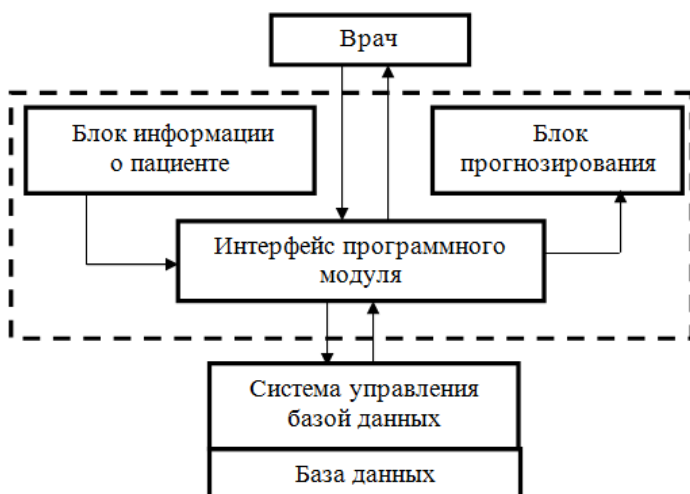


Рисунок 1. Структура автоматизированной системы оценки риска неблагоприятного исхода ОПП

В главном окне автоматизированной системы отображается базовая информация о пациенте: фамилия, имя, отчество пациента, возраст, пол, дата поступления и номер истории болезни. Информация о каждом пациенте отражена в автоматизированной системе в форме следующих основных модулей:

- «Сведения при поступлении в отделение»: демографические (возраст, пол), эпидемиологические (основное заболевание, осложнения основного, сопутствующие заболевания, длительность госпитализации);
- «Методы интенсивной терапии» (искусственная вентиляция легких, инотропная и/или вазопрессорная поддержки, проведение заместительной почечной терапии);
- «Лабораторные данные» (концентрация креатинина, мочевины, белка и альбумина, калия и натрия, количество лейкоцитов и тромбоцитов, концентрация гемоглобина в первые трое суток нахождения в отделении);
- «Гидробаланс» (диурез, водная нагрузка);
- «Блок прогнозирования».

Модуль «Сведения при поступлении в отделение» обеспечивает ввод параметров при поступлении пациента в отделение реанимации. Согласно ФЗ № 252 «О персональных данных» хранение информации о пациенте обезличено, каждому пациенту присваивается уникальный десятизначный идентификационный номер в системе. Дополнительно автоматизированная система и база данных защищены паролем.

Разделы «Методы интенсивной терапии» и «Лабораторные данные» содержат основную информацию о ходе лечения пациента в отделении реанимации.

«Блок прогнозирования» содержит результаты автоматизированной количественной оценки совокупности предикторов риска, характеризующих вероятность неблагоприятного исхода при острой почечной недостаточности. Для любого клинического случая, параметры по которому внесены в компьютерную базу данных, автоматизированная система выполняет математическую обработку содержащейся информации, и представляет результаты оценки вероятности риска летальности при ОПП у конкретного пациента (Рисунок 2).

Редактирование записи № 370445436

Фамилия: ***** Пол: Мужской Дата рождения: 1 июня 1935 г. Дата поступления: 26 мая 2014 г. Номер ИБ: 12345
 Имя: ***** Женский Возраст: 79 Гидробаланс: Водная нагрузка, мл: 3870
 Отчество: ***** Исход: Выжил Основной диагноз: Выделение: 1900
 Количество койко-дней: 2 Пневмония заболевания дыхательной систем Диурез: 3000
 Методы интенсивной терапии: ИВЛ Инотропы ЗПТ

Лабораторные данные

Креатинин	Калий	Натрий	Тромбоциты	Гемоглобин	Лейкоциты	Белок крови	Водная нагрузка	Выделение	Диурез
290	4	124	62	114	3	35	3870	1900	900
129	4	29	62	115	4	35	3830	1500	3000

Риск летальности, %: 90,42

Рисунок 2. Главное диалоговое окно автоматизированной системы

Разработанная автоматизированная система позволяет количественно оценивать риск неблагоприятного исхода, а также осложнения со стороны других функциональных систем организма у пациента с ОПП. Удобство и эффективность использования разработанной прогностической системы в клинической практике во многом определяется небольшим количеством и высокой степенью доступности входных переменных.

Список литературы:

1. Модель прогнозирования исхода острого повреждения почек в многопрофильном отделении интенсивной терапии / Н.В. Низовцев, В.В. Кузьков, О.Е. Карякина и др. // Вестник анестезиологии и реаниматологии. — № 2. — 2014. — С. 17—25.
2. Chertow G.M., Soroko S.H., Paganini E.P. et al. Mortality after acute renal failure: Models for prognostic stratification and risk adjustment // *Kidney Int.* — 2006. — Vol. 70. — P. 1120—1126.
3. Le Gall J.R., Lemeshow S., Saulnier F. A new Simplified Acute Physiology Score (SAPS II) based on a European/ North American multicenter study // *JAMA.* — 1993. — Vol. 270. — P. 2957—2963.
4. Vincent J.L., Moreno R., Takala J. et al. The SOFA (Sepsisrelated Organ Failure Assessment) score to describe organ dysfunction/failure. On behalf of the working group on sepsis-related problems of the European Society of Intensive Care Medicine // *Intens. Care Med.* — 1996. — Vol. 22. — P. 707—710.

ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОТКЛОНЕНИЯ ЛАЗЕРНОГО ЛУЧА

Кононов Сергей Николаевич

старший преподаватель

Южно-Уральский государственный университет,

РФ, г. Челябинск,

E-mail: konon@ozfil.ru

MECHANICAL DESIGN PROBLEMS OF LASER BEAM DEFLECTION

Kononov Sergey

lecturer South Ural State University,

Russia, Chelyabinsk

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются вопросы, которые могут возникнуть при проектировании системы зеркал для отклонения лазерного луча, рассматриваются возможные пути решения возникающих задач.

ABSTRACT

The problems that may arise in the design of a system of mirrors to deflect the laser beam, are considered possible solutions to the problems.

Ключевые слова: механическая система отклонения; управление углом поворота; закон управления отклонением.

Keywords: mechanical system of deflection; control of the angle of rotation; control law of deflection.

За прошедшие уже более полувека после его создания, лазер и использующие его установки превратились из единичных экземпляров, исследуемых в ведущих лабораториях в серийно изготавливаемые устройства, применяемые в различных областях жизни. Медики используют свойства лазерного луча при проведении операций и для послеоперационной реабилитации. Во всех супермаркетах лазерный луч используется для считывания штрих-кода продукта. В строительстве лазер — незаменимый помощник, вытеснивший повсеместно отвесы, заменяющий или дополняющий оптические геодезические приборы. Это далеко не полный список возможного

применения лазера. Во многих случаях лазерный луч используется исключительно совместно с оптической системой, осуществляющей отклонение луча для достижения поставленной перед устройством цели. Пожалуй даже можно говорить о том, что, кроме использования в лазерных прицелах и лазерных указках, лазер обязательно используется совместно с оптической отклоняющей системой.

Управление отклонением лазерного луча условно можно поделить на три различных способа. В лазерных принтерах, устройствах считывания штрих-кодов и инструментах чаще всего находят применения схемы с использованием вращающихся призм и зеркал, осуществляющие с помощью луча развёртку по заранее известной прямой. Такие схемы отличаются очень большим углом развёртки, высоким быстродействием, но абсолютно не подходят для создания произвольных траекторий перемещения лазерного луча.

Также отклонения лазерного луча можно осуществлять, используя рефракцию или дифракцию прозрачных для луча сред. Этот способ не позволит добиться больших углов развёртки, хотя предполагает высокое быстродействие.

Ещё один вариант оптической схемы предполагает наличие двух зеркал, угол отклонения каждого из которых задаётся приводом. Такое решение может быть использовано при отрисовке несложных изображений на близко расположенных объектах: передача информации для пилота на стекле самолёта, строительная разметка, реклама на витрине и стене магазина и другие варианты.

Последняя представленная схема интересна тем, что позволяет достигать больших углов развёртки, при этом традиционно имеет низкое быстродействие. В случае использовании этого варианта перед разработчиком возникнет ряд задач. В работе представлены вопросы проектирования описанных систем, которые можно сформулировать и хотя бы частично разрешить общим порядком. Поставив задачу визуализировать отрезками изображение на плоскости при заранее известной его точности, количестве кадров в секунду и расположения источника лазерного излучения относительно плоскости рисования, акцентируем внимание на четырёх вопросах. Считая аналоговые системы морально устаревшими, как выбрать разрядность для дискретизации угла отклонения зеркала, смоделировать закон управления, обеспечивающий заданное качество изображения, посчитать требуемую вычислительную мощность управляющей отклонением системы и рассмотреть возможности увеличения её быстродействия.

Поскольку в оптической системе используется идентичная пара зеркал для отклонения по горизонтали и вертикали, то рассматривается только один независимый канал управления зеркалом

Вопрос дискретизации угла отклонения решается пересчётом шага дискретизации по координате рисунка в угол отклонения. Дальнейшие исследования могут только уменьшить шаг дискретизации при необходимости.

В любительских решениях для управления отклонением зеркала используются быстродействующие гальванометры [3]. Возвращающая пружина гальванометра несколько уменьшает быстродействие системы, поэтому от неё необходимо избавиться несмотря на неизбежные в этом случае сложности в генерировании управляющего сигнала. Полученное устройство для поворота зеркала можно описать следующей передаточной функцией [1]:

$$W_f(p) = \frac{\Phi(p)}{U(p)} = \frac{k_p k_c}{p(pT_m+1)(pT_o+1)} = \frac{k_v}{p(pT_m+1)(pT_o+1)} \quad (1)$$

где: k_v — коэффициент усиления разомкнутой системы по скорости;

k_p — статический коэффициент передачи регулятора;

k_c — коэффициент передачи сканатора;

T_m — электромеханическая постоянная времени сканатора;

T_o — электромагнитная постоянная времени сканатора.

Электромеханическая постоянная времени приблизительно на порядок больше электромагнитной и для взятого в качестве примера сканатора фирмы «АТЕКО-ТМ» [2] с оптимальной нагрузкой на валу равна 6 мс против 0,25 мс для электромагнитной постоянной. Для примерного расчёта k_v можно задать до ста отрезков на отображаемом рисунке, 15 кадров в секунду и точность воспроизведения в 5%. Значение k_v тогда получается выше 1000 с⁻¹. Из формулы (1) видно, что система получается третьего порядка, с астатизмом первого порядка. Приблизительная логарифмическая амплитудно-частотная характеристика разомкнутой системы показана на рисунке 1.

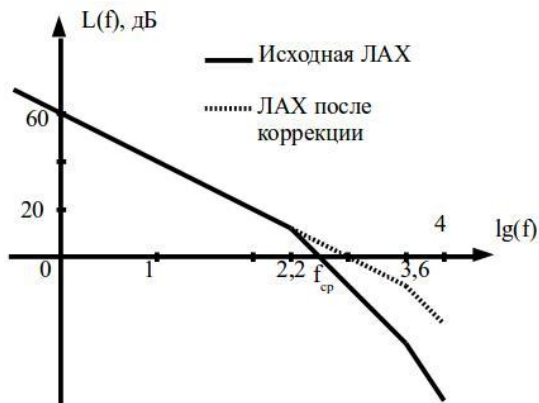


Рисунок 1. ЛАХ разомкнутой системы

Оценочный расчёт показывает, что при замыкании мы получим устойчивую систему. Однако, наклон ЛАХ на частоте среза будет -40 дБ/дек, что гарантирует колебательный переходной процесс. В системе отклонения лазерного луча колебательный процесс недопустим, поскольку ведёт к размытию краёв отрезков рисунка. Процесс должен быть аperiodическим. Широко известная в интернете схема Чена [3] для лазерного проектора тоже содержит раздел, посвящённый реализации обратной связи, обеспечивающей оптимальный переходной процесс. Очевидно, что обратную связь надо будет делать гибкой. Обратная связь по скорости поднимет наклон на частоте среза до -20 дБ/дек, что приведёт к уменьшению колебательности переходного процесса вплоть до превращения его в аperiodический. Влияние электромагнитной постоянной времени сканатора при увеличении требований к изображению может привести к необходимости вводить обратную связь и по ускорению угла поворота зеркала. Итак, оценочный анализ исходных данных позволяет утверждать, что необходима реализация пропорционально-дифференцирующего закона управления.

По скорректированной ЛАХ системы можно оценить минимальную частоту дискретизации для получаемого цифрового сигнала угла поворота зеркала. В рассматриваемом примере частота дискретизации может быть взята выше 5 кГц. В этом случае изменение ЛАХ системы под влиянием дискретизации будет на частоте выше частоты среза, что позволит не рассматривать этот эффект.

Ранее предлагалось решение вопроса о дискретизации угла поворота зеркала. Однако теперь необходимо уточнить это значение,

поскольку кроме обратной связи по углу положения необходима и обратная связь по скорости изменения этого угла. Искомая скорость может быть получена как величина, пропорциональная разности текущего и предыдущего отсчётов угла. При невысокой разрядности значения выходной величины скорость её представляется функцией с ярко выраженной ступенчатостью, объясняемой большим значением шага дискретизации по уровню. Увеличение разрядной сетки для угла отклонения может привести к неоправданному росту требований к вычислительной мощности управляющей системы, однако здесь видится простой вариант разрешения проблемы. Разрядность при оцифровке угла поворота выбирается исходя из частоты дискретизации и требований к точности по скорости системы. Для формирования пропорциональной части сигнала регулятора необходимо брать старшие биты значения сигнала обратной связи в количестве, определяемом требованиями к максимальной ошибке отрисовки, обуславливаемой дискретностью системы. Младшие же биты будут необходимы для обратной связи по скорости. Их количество определяется частотой дискретизации, максимальной скоростью в системе и заданной ошибкой дискретизации по скорости.

Вышеописанное позволяет для выбранного оборудования, при заданной сложности картинки и требованиях по её точности сделать приблизительный расчёт необходимой вычислительной мощности регулятора.

Необходимо отметить, что вопросы, возникающие перед разработчиком подобного оборудования, достаточно объёмны. Данное статья затрагивает только часть из них, может служить помощью на начальном этапе работы. Некоторые из приведённых положений можно обобщать и углублять с целью формализации подхода к проектированию.

Список литературы:

1. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. Изд. 4-е, перераб. и доп. СПб, Изд-во «Профессия», 2004. — 752 с.
2. Нестерук И.Н. Современные гальванометрические сканаторы. Лазер-информ, — № 5 (356) — март 2007, — с. 9—10.
3. Home built laser projector / The Electronic Lives Manufacturing — presented by ChaN [Электронный ресурс]. —Режим доступа. — URL: http://elmannchan.org/works/vlp/report_e.html (дата обращения 15.10.2014).

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ДИСПЕТЧЕРОВ ЗАДАЧ СО СТРАТЕГИЕЙ
РАЗДЕЛЕНИЯ В ПРОСТРАНСТВЕ
ДЛЯ МНОГОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ
СЕТЕЙ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ**

Мартышкин Алексей Иванович

*канд. техн. наук,
доцент кафедры Вычислительных машин и систем
Пензенского государственного технологического университета,
РФ, г. Пенза
E-mail: Alexey314@yandex.ru*

**NUMERICAL SIMULATION OF TASK MANAGER
WITH THE STRATEGY OF SEPARATED
IN SPACE FOR MULTIPROCESSOR SYSTEMS BASED
ON QUEUEING NETWORKS**

Alexey Martyshkin

*candidate of Science, assistant professor
Department of Computational Systems and Machines
of Penza State Technological University,
Russia, Penza*

*Работа выполнена при финансовой поддержке стипендии
Президента РФ молодым ученым и аспирантам на 2012—2014 гг.
(СП-1172.2012.5).*

АННОТАЦИЯ

Целью статьи является проведение моделирования для анализа производительности диспетчера задач со стратегией разделения в пространстве в многопроцессорной системе. Методы исследования основаны на положениях теории систем и сетей массового обслуживания и теории вероятностей. В статье приводится численное моделирование диспетчеров задач для многопроцессорных систем на основе разомкнутых сетей массового обслуживания. Результатами работы являются выражения для расчета характеристик представленной

системы: для каждого класса задач в отдельности и для суммарного потока задач. Сделаны выводы.

ABSTRACT

The purpose of the article is to conduct modeling for analyze the performance of Task Manager with the strategy of separation in space in a multiprocessor system. Research methods based on the provisions theory of systems and networks, queuing theory and probability theory. The article provides a numerical simulation of Task Managers for multiprocessor systems based on open queuing networks. Result is the expression for calculating the characteristics of the present system: for each class of tasks separately and for a total stream problems. The conclusions made.

Ключевые слова: математическая модель; диспетчер задач; разделение в пространстве; случайный процесс; система массового обслуживания; приоритет; вероятность.

Keywords: mathematical model; task manager; space division; the stochastic process; queuing system; priority; probability.

Изучая сложные системы со случайным характером функционирования, полезной математической моделью является стохастический процесс, который развивается в зависимости от ряда случайных факторов.

Примером случайных процессов могут служить процессы, связанные с диспетчеризацией задач в многопроцессорных системах. Большая часть моделей систем со стохастическим характером функционирования строится на основе моделей массового обслуживания, процессы в которых являются случайными и, зачастую, марковскими, либо каким-то образом связанные с марковскими процессами, применение которых оказывается особенно эффективным и результативным при исследовании систем и сетей массового обслуживания с накопителями ограниченной емкости.

Математическая модель диспетчера задач (ДЗ) со стратегией разделения в пространстве [2, 4] состоит из n -одноканальных СМО (S_1, \dots, S_m) (см. рис. 1). Каждая такая СМО моделирует обслуживание в ДЗ и центральном процессоре (ЦП) (S_1, S_2, \dots, S_m). Источник S_0 моделирует потоки заявок λ_0 и поглощает обслуженные заявки. Перед ДЗ формируются очереди с ограничением числа мест. В систему поступает неоднородный поток задач. Ожидающие обслуживания задачи разнесены по очередям ограниченной емкости. Между задачами разных классов установлены относительные приоритеты (ОП), означающие, что всякий раз из очередей на обслуживание

выбирается задача с самым высоким приоритетом. При этом при поступлении в систему высокоприоритетной задачи обслуживание низкоприоритетной не прерывается. При заполненных очередях поступившая задача теряется. ДЗ и ЦП представляются в виде одноканальной СМО.

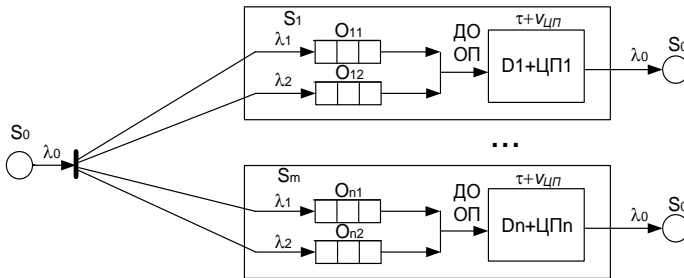


Рисунок 1. Схема математической модели n-процессорной системы с индивидуальными диспетчерами

Рассматриваемая система является одноканальной. Входящий поток задач — неоднородный: в систему поступает два потока пользовательских задач разного приоритета. Очереди для задач каждого класса являются ограниченными по длине. Для примера, в данной работе длина очередей принята одинаковой и равной $r_1 = r_2 = 1$

Дисциплина буферизации — без вытеснения задач: если при поступлении в систему задачи любого класса соответствующая очередь заполнена до конца, то задача теряется. Дисциплина обслуживания — с относительными приоритетами: задачи первого класса имеют высший приоритет по отношению к задачам второго класса [1, 5].

Поступающие в систему задачи двух классов образуют простейшие потоки с интенсивностями λ_1 и λ_2 соответственно.

Длительности обслуживания задач каждого класса распределены

$$\mu_1 = 1/b_1$$

по экспоненциальному закону с интенсивностями

и $\mu_2 = 1/b_2$, где b_1 и b_2 соответственно средние длительности обслуживания задач класса 1 и 2.

Для описания состояний марковского процесса будем использовать распределение задач между ДЗ и очередями. Закодируем состояния следующим образом: X_i : (Д/О₁, О₂), где Д= {0, 1, 2} — состояние ДЗ, задаваемое классом задачи, находящейся на обслуживании («0» — ДЗ; «1» или «2» — на обслуживании находится задача класса 1 или 2); О₁, О₂= {0,1} — состояние очередей 1 и 2 («0» — отсутствие задачи в очереди, «1» — наличие одной задачи в очереди соответствующего класса). При таком предложенном способе кодирования система может находиться в следующих состояниях (рис. 2):

- X_0 : (0/0,0) — в системе нет ни одной задачи;
- X_1 : (1/0,0) — на обслуживании находится задача класса 1;
- X_2 : (2/0,0) — на обслуживании находится задача класса 2;
- X_3 : (1/1,0) — на обслуживании находится задача класса 1 и одна задача класса 1 ожидает обслуживания в очереди О₁₁;
- X_4 : (1/0,1) — на обслуживании находится задача класса 1 и одна задача класса 2 ожидает обслуживания в очереди О₁₂;
- X_5 : (2/1,0) — на обслуживании находится задача класса 2 и одна задача класса 1 ожидает обслуживания в очереди О₁₁;
- X_6 : (2/0,1) — на обслуживании находится задача класса 2 и одна задача класса 2 ожидает обслуживания в очереди О₁₂;
- X_7 : (1/1,1) — на обслуживании находится задача класса 1 и по одной задачи класса 1 и 2 ожидают обслуживания в очередях О₁₁ и О₁₂;
- X_8 : (2/1,1) — на обслуживании находится задача класса 2 и по одной задачи класса 1 и 2 ожидают обслуживания в очередях О₁₁ и О₁₂;

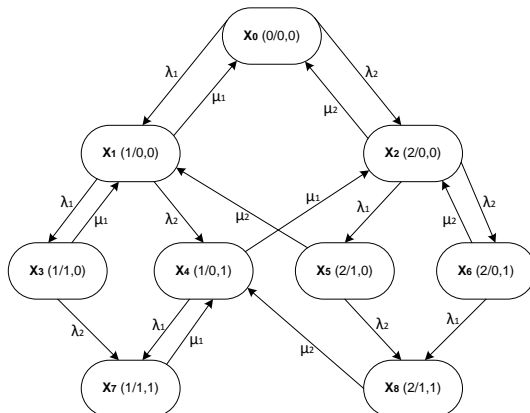


Рисунок 2. Размеченный граф переходов

В каждый момент времени происходит только одно событие: либо поступление задачи какого-либо класса, либо завершение обслуживания задачи в ДЗ, поскольку вероятность появления двух и более событий в один и тот же момент времени равна нулю [1, 3].

При наличии в очередях задач первого и второго приоритетов (состояния X_7 и X_8) после завершения обслуживания некоторой задачи в ДЗ случайный процесс переходит в состояние X_4 , означающее, что на обслуживание всегда выбирается высокоприоритетная задача класса 1.

По графу переходов составим систему уравнений для определения стационарных вероятностей:

$$\begin{cases} (\lambda_1 + \lambda_2) \cdot p_0 = \mu_1 \cdot p_1 + \mu_2 \cdot p_2 \\ (\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_1) \cdot p_1 = \lambda_1 \cdot p_0 + \mu_1 \cdot p_3 + \mu_2 \cdot p_5 \\ (\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_2) \cdot p_2 = \lambda_2 \cdot p_0 + \mu_1 \cdot p_4 + \mu_2 \cdot p_6 \\ (\lambda_2 + \mu_1) \cdot p_3 = \lambda_1 \cdot p_1 \\ (\lambda_1 + \mu_1) \cdot p_4 = \lambda_2 \cdot p_1 + \mu_1 \cdot p_7 + \mu_2 \cdot p_8 \\ (\lambda_2 + \mu_2) \cdot p_5 = \lambda_1 \cdot p_2 \\ (\lambda_1 + \mu_2) \cdot p_6 = \lambda_2 \cdot p_2 \\ \mu_1 \cdot p_7 = \lambda_2 \cdot p_8 + \lambda_1 \cdot p_4 \\ \mu_2 \cdot p_8 = \lambda_2 \cdot p_5 + \lambda_1 \cdot p_6 \\ p_0 + p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + p_6 + p_7 + p_8 = 1 \end{cases} \quad (1)$$

Расчет характеристик представленной системы будем производить двумя способами: 1) для каждого класса задач; 2) для суммарного потока задач.

Расчет характеристик обслуживания задач каждого класса (приоритета) выполняется по следующим выражениям:

а. нагрузка на ДЗ

$$y_1 = \frac{\lambda_1}{\mu_1} = \lambda_1 \cdot b_1; \quad y_2 = \frac{\lambda_2}{\mu_2} = \lambda_2 \cdot b_2 \quad (2)$$

б. загрузка, создаваемая потоком задач, которая может характеризоваться вероятностью того, что на обслуживании в ДЗ находится задача класса 1 или 2 соответственно

$$\rho_1 = p_1 + p_3 + p_4 + p_7; \rho_2 = p_2 + p_5 + p_6 + p_8 \quad (3)$$

в. среднее число задач в очередях перед ДЗ

$$l_1 = p_3 + p_5 + p_7 + p_8; l_2 = p_4 + p_6 + p_7 + p_8 \quad (4)$$

г. среднее число задач в очередях и на обслуживании

$$m_1 = l_1 + \rho_1; m_2 = l_2 + \rho_2 \quad (5)$$

д. вероятность потери задач из-за переполнения очереди

$$\zeta_1 = p_3 + p_5 + p_7 + p_8; \zeta_2 = p_4 + p_6 + p_7 + p_8 \quad (6)$$

е. производительность по каждому классу (приоритету) задач

$$\lambda_1' = \lambda_1 \cdot (1 - \zeta_1); \lambda_2' = \lambda_2 \cdot (1 - \zeta_2) \quad (7)$$

ж. среднее время ожидания задач в очередях

$$\omega_1 = \frac{l_1}{\lambda_1'}; \omega_2 = \frac{l_2}{\lambda_2'} \quad (8)$$

з. среднее время пребывания задач в системе

$$u_1 = \frac{m_1}{\lambda_1'} + v_{цп} = \omega_1 + b_1 + v_{цп};$$

$$u_2 = \frac{m_2}{\lambda_2'} + v_{цп} = \omega_2 + b_2 + v_{цп} \quad (9)$$

Расчет характеристик обслуживания задач суммарного потока выполняется по следующим выражениям:

1) суммарная нагрузка на ДЗ

$$Y = y_1 + y_2 \quad (10)$$

- 2) суммарная загрузка системы

$$P = \rho_1 + \rho_2 \quad (11)$$

- 3) коэффициент простоя системы

$$\psi = 1 - P \quad (12)$$

- 4) суммарное число задач в очередях

$$L = l_1 + l_2 \quad (13)$$

- 5) суммарное число задач в системе

$$M = m_1 + m_2 = L + P \quad (14)$$

- 6) вероятность потери задач

$$Z = \zeta_1 + \zeta_2 \quad (15)$$

- 7) производительность системы

$$\Lambda' = \lambda_1' + \lambda_2' \quad (16)$$

- 8) среднее время ожидания в очередях задач суммарного потока

$$W = \frac{(\lambda_1' \omega_1 + \lambda_2' \omega_2)}{\lambda'} = L / \lambda' \quad (17)$$

- 9) среднее время пребывания задач суммарного потока

$$U = (\lambda_1' u_1 + \lambda_2' u_2) / \lambda' = m / \lambda' = W + (b_1 + b_2) + v_{\text{цп}} \quad (18)$$

Ниже приведены полученные графики численного моделирования ДЗ со стратегией разделения в пространстве (рис. 3, рис. 4).

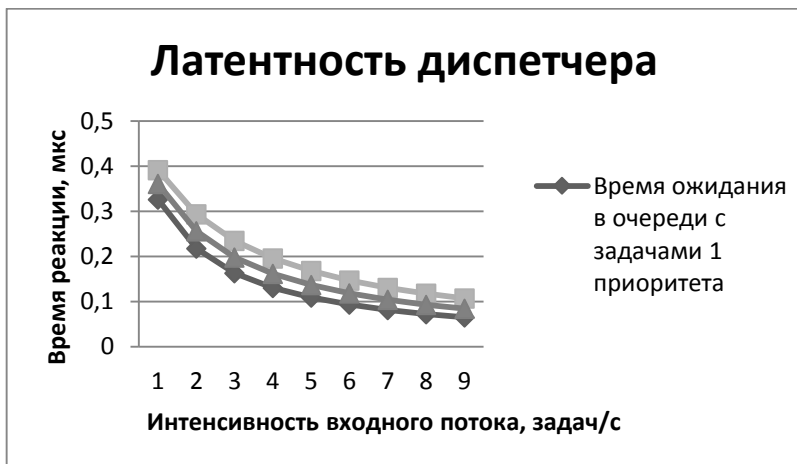


Рисунок 3. Зависимость латентности диспетчера задач от интенсивности неоднородного входного потока задач

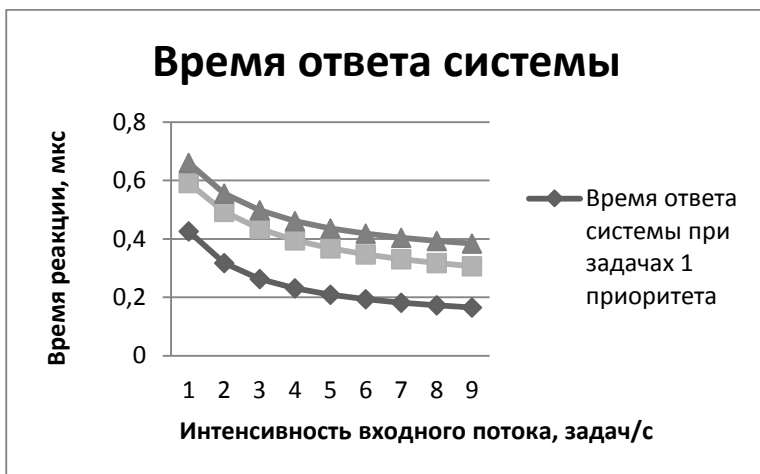


Рисунок 4. Зависимость времени ответа системы от интенсивности неоднородного входного потока задач

Были получены выражения для численного расчета основных вероятностно-временных характеристик ДЗ со стратегией разделения в пространстве. Расчет характеристик представленной системы производился двумя способами: а) для каждого класса задач; б) для суммарного потока задач.

Список литературы:

1. Алиев Т.И. Основы моделирования дискретных систем. СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. — 363 с.
2. Бикташев Р.А., Мартышкин А.И. Моделирование диспетчеров задач многопроцессорных систем // Успехи современного естествознания: Научно-теоретический журнал. — 2012. — № 6. — С. 83—85.
3. Вентцель Е.С. Введение в исследование операций. М.: "ЁЁ Медиа", 2012. — 390 с.
4. Мартышкин А.И. Исследование диспетчеров задач многопроцессорных систем на моделях массового обслуживания // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс: Научно-методический журнал. Пенза: Пенз. гос. технол. академия. — 2012. — № 5. — С. 139—146.
5. Таненбаум Э. Современные операционные системы. 3-е изд. СПб.: Питер, 2010. — 1120 с.

СЕКЦИЯ 2.

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

УЛУЧШЕНИЕ ПРОЦЕССА СБОРКИ ПЛАСТМАССОВЫХ ИЗДЕЛИЙ ПРИ ПОМОЩИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СВАРКИ

Махалин Александр Александрович

*главный инженер проекта ООО «Идеал-Пласт»,
РФ, г. Тольятти*

E-mail: aleksandr-makhalin@yandex.ru

IMPROVEMENT OF ASSEMBLY PLASTIC PRODUCTS BY ULTRASONIC WELDING

Makhalin Aleksandr

*chief project engineer "Ideal-Plast",
Russia, Togliatti*

АННОТАЦИЯ

В работе рассмотрена проблема, возникшая при сборке изделий с помощью ультразвуковой сварки в серийном производстве. Приведена схема ультразвукового станка.

ABSTRACT

The paper considers the problem that arises when assembling products using ultrasonic welding in production. Shows a diagram of the ultrasonic press.

Ключевые слова: ультразвуковая сварка; производство; сборка; пластмасса; станок; крепление.

Keywords: ultra-sonic sealing; production; assembly work; plastic material; working bench; fixture.

В последние годы можно заметить тенденцию в автомобильной промышленности по замене металла на инженерные пластмассы.

Это можно охарактеризовать следующими причинами:

1. ежегодное удорожание металлов;
2. ужесточение международных требований по безопасности;
3. снижение веса автомобиля;
4. снижение затрат на изготовление автомобиля.

Для повышения привлекательности, при отделке интерьера автомобилей все чаще применяется натуральная и искусственная кожа [1].

В предыдущей статье нами была рассмотрена проблема обеспечения качества сборки пластмассовых изделий с кожаными элементами на этапе подготовки производства при помощи ультразвуковой сварки. Цель этой статьи описать проблему, возникшую в серийной жизни изделия, а также предложить ее решение.

Кратко опишем ситуацию, возникшую на предсерийном этапе и предложение по устранению несоответствия.

Согласно конструкторской документации крепление пластиковой планки и кожи может производиться с помощью механического или пневматического степлера и скоб (1/21620/77). Но данный вид крепления имеет недостатки. При интенсивном использовании степлера происходит сбой настройки:

1. при сильном выстреле разбивается или деформируется планка;
2. при слабом выстреле скоба не полностью заходит и портит кожу.

Еще одним существенным недостатком является выступание кончиков скобки, что ведет за собой протирание кожи и неудовлетворительный внешний вид. Данный недостаток был выявлен на монтажных и ресурсных испытаниях при сборке прототипных автомобилей.

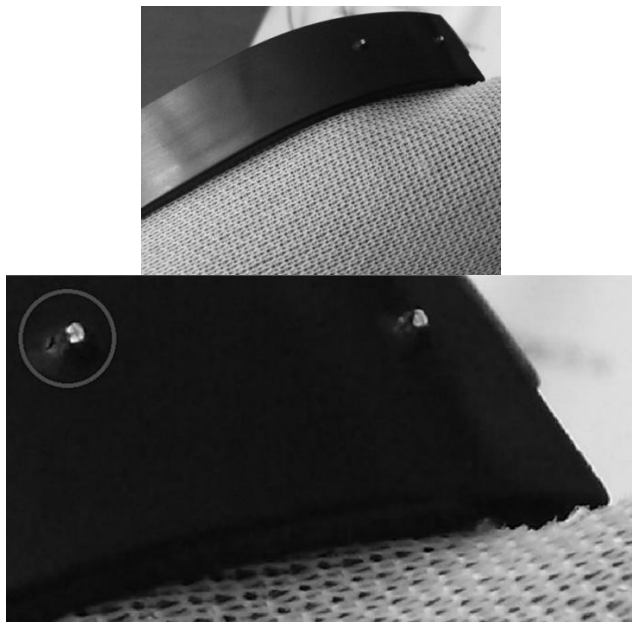


Рисунок 1. Выступание кончиков скрепки

Изучив предложения на рынке оборудования по работе с пластмассами, было предложено использовать в качестве крепления ультразвуковую сварку. Ультразвуковая сварка — это способ соединения элементов в твёрдом состоянии при помощи ультразвуковых колебаний.

Для сварки данной детали был использован универсальный инструмент для сварки HandyStar [2].



Рисунок 2. Сварочный аппарат

Монтажные, ресурсные и лабораторные испытания показали положительный результат. Что позволило официально заменить способ крепления с внесением изменений в конструкторскую документацию.



Рисунок 3. Крепление элементов деталей с помощью ультразвуковой сварки

Преимущества этой технологии:

1. качество;
2. надёжность;
3. оптимизация;
4. производительность;
5. экономия;
6. экологичность.

Проанализировав производственный процесс в серийной жизни, оказалось, что во время сборки возникает серьезная проблема — *усталость работника при использовании ручного сварочного аппарата*. Это повлекло за собой снижение производительности за смену почти в 2 раза, а при попытке ускорить процесс повышался уровень дефектности.

Для начала был организован поиск оборудования, позволяющего улучшить процесс сборки. Проанализировав предложения и каталоги разных компаний, оказалось, что нет подходящего сварочного аппарата. Большинство из них имели универсальную направленность, высокую стоимость и косвенно относились к рассматриваемой проблеме.

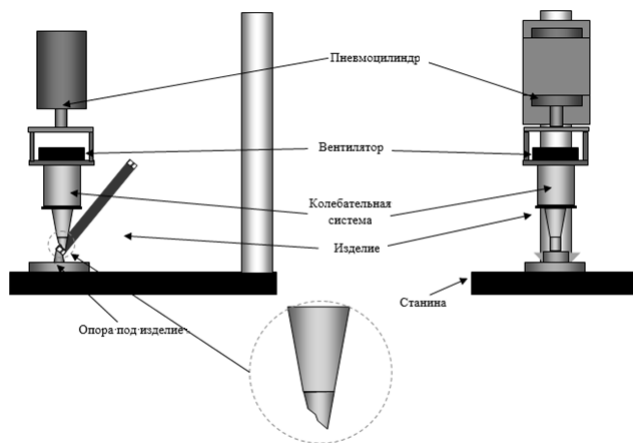


Рисунок 4. Схема ультразвукового станка

После продолжительных поисков и запросов было принято решение самостоятельно спроектировать сварочное приспособление. На рисунке 4 схематично представлен предлагаемый ультразвуковой станок.

В состав ультразвукового сварочного станка войдет ультразвуковой генератор мощностью не более 400 Вт, с возможностью регулировки выходной мощности в пределах 30—100 %. Генератор будет иметь устройство автоматического поддержания выходной мощности на установленном уровне, встроенный секундный таймер, цифровой индикатор уровня мощности и времени работы, помехозащищенную кнопку удаленного запуска (для подключения педали).

Также в конструкцию войдет ультразвуковая колебательная система со встроенным устройством принудительного воздушного охлаждения. В составе колебательной системы будет применяться сварочный инструмент с размерами наконечника 2,5x6 мм.

В данный момент найден подрядчик, способный за короткий срок изготовить сварочный станок.

Мы уверены, что использование сварочного приспособления позволит повысить производительность производства и минимизировать уровень брака.

Список литературы:

1. Махалин А.А. Контроль качества изготовления пресс-форм для литья пластмасс под давлением // Наука, техника и образования // Научн. методич жур. № 3. М.: Изд. «Проблемы науки», 2014 — С. 58—62.
2. Махалин А.А., Нахратова Г.В. Повышение качества сборки пластмассовых изделий при помощи ультразвуковой сварки // Технические науки – от теории к практике // Сб. ст. по материалам XXXIV междунар. науч.-практ. конф. № 5 (30). Новосибирск: Изд. «СибАК», 2014. — С. 76—81.
3. Нахратова Г.В. Непрерывное уменьшение отклонений // Сборник научных трудов Sworld. — 2014. — № 2. — Т. 2. — С. 12—18.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРЕВА ПЛАСТИНЫ РЕЗЦА

Омельченко Светлана Владимировна

*канд. пед. наук,
Южно-Уральский государственный университет,
РФ, г. Челябинск
E-mail: Prokhorov@bk.ru*

MODELING OF THE HEATING OF A HALF-LOG BLADE

Svetlana Omelchenko

*candidate of Pedagogic Sciences,
South Ural State University,
Russia, Chelyabinsk*

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена вопросам математического моделирования процесса нагрева пластины отрезного резца в двумерном случае с учетом теплоотдачи.

ABSTRACT

The article is devoted to questions of math modeling of the heating process of a half-log cutoff blade in a two-dimensional case with account for heat dissipation.

Ключевые слова: моделирование; теплопроводность; нагрев.
Keywords: modeling; heat conduction; heating.

Механическая обработка сопровождается значительным выделением тепла в элементах технологической системы. Большие тепловые воздействия испытывает инструмент при резании жаропрочных, коррозионностойких, тугоплавких металлов и их сплавов, а так же при резании материалов без применения СОЖ [1; 5].

Высокие температуры нагрева контактных поверхностей инструмента повышают интенсивность его изнашивания и снижают период заданной стойкости. Вследствие этого анализ теплового состояния инструмента является одним из важнейших условий научно обоснованного проектирования технологического процесса механической обработки, выбора инструмента и назначения режимов резания [5; 6].

В настоящее время широко используются экспериментальные и аналитические методы определения температуры рабочей части резцов [1; 2]. Недостатком экспериментальных способов определения температур является сложность технических средств и значительные затраты на проведение эксперимента. В ряде случаев вообще не удаётся измерить температуру в нужной части лезвия [1; 5].

Существующие расчётные методики для определения температурных полей в ограниченных пластинах при стационарном и нестационарном режимах часто основаны на моделях точечных и линейных источников тепла [4; 7]. Такое упрощение не позволяет найти температуру непосредственно в зоне действия источника. Кроме того, во многих известных исследованиях температура определяется при стационарном режиме без учёта теплообмена с окружающей средой.

В данной работе предлагается построение математической модели проходного резца (рисунок 1), которая учитывает нестационарность процесса, конечные размеры источника тепла, теплообмен с окружающей средой, форму и геометрию инструмента.

В работе [2] построена трехмерная модель отрезного резца, имеющая сложный вид и не приведенная к инженерному виду. Для упрощения модели в настоящей работе предлагается исключить влияние ширины резца на распределение температурных полей. Фактически предполагается, что резание происходит всей режущей кромкой резца, что на практике наблюдается в подавляющем большинстве случаев.

Дифференциальное уравнение теплопроводности для двумерной модели резца представляется в следующем виде [3]:

$$\frac{\partial \Theta}{\partial \tau} = a \left(\frac{\partial^2 \Theta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Theta}{\partial z^2} \right) + \varphi - \gamma \Theta$$

где: Θ — приращение температуры;

y, z — координаты;

τ — время;

a — коэффициент температуропроводности материала реза;

$$\varphi = \frac{q_V}{c\rho}$$

$c\rho$ — функция источников тепла;

q^V — плотность тепловыделения указанных источников;

c, ρ — теплоемкость и плотность материала инструмента;

γ — приведенный коэффициент теплоотдачи; $\gamma = 2\alpha/\ell_3 c\rho$.

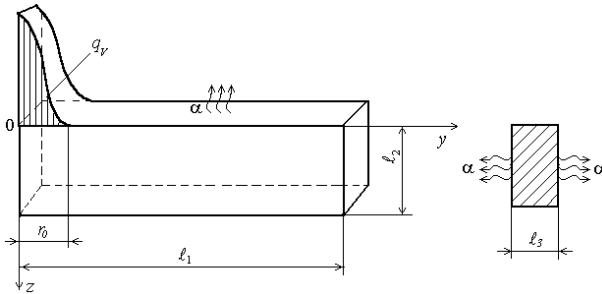


Рисунок 1. Модель отрезного реза

Внутренние источники тепла должны соответствовать мощности и форме подвода тепла к резу из зоны резания. Из этих соображений функции φ целесообразно придать вид

$$\varphi = \frac{q_{V0}}{c\rho} \exp\left(-\frac{y^2}{r_0^2} - k_1 \frac{z}{\ell_2}\right)$$

Начальное и граничные условия задаются соотношениями [2; 6; 7]:

$$\begin{aligned} \Theta|_{\tau=0} &= 0; \\ \frac{\partial \Theta}{\partial y}\Big|_{y=0} &= 0; \quad \Theta|_{y=\ell_1} = 0; \\ \frac{\partial \Theta}{\partial z}\Big|_{z=0} &= h\Theta|_{z=0}; \quad \frac{\partial \Theta}{\partial z}\Big|_{z=\ell_2} = 0. \end{aligned}$$

Первое равенство означает, что теплообмен задней поверхности реза с незначителен. Второе равенство объясняется интенсивным охлаждением нерабочей части инструмента в резцедержателе [5].

Решение уравнения теплопроводности при заданных условиях дает выражение для расчета нестационарных температурных полей:

$$\begin{aligned} \Theta(y, z, \tau) &= A \sum_{k=0}^{\infty} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{B_{k,m}}{\lambda_{k,m}^2} \left\{ 1 - \exp\left[-(a\lambda_{k,m}^2 + \gamma)\tau\right] \right\} \cos\left(\mu_k \frac{y}{\ell_1}\right) \times \\ &\times \left[\cos\left(\eta_m \frac{z}{\ell_2}\right) + \frac{h\ell_2}{\eta_m} \sin\left(\eta_m \frac{z}{\ell_2}\right) \right]. \end{aligned}$$

Здесь

$$\begin{aligned} A &= \frac{4Q}{\ell_1 \ell_2 \ell_3 \chi}; \\ B_{k,m} &= \frac{\exp\left[-\left(\frac{\mu_k r_0}{\ell_1}\right)^2\right]}{\frac{\sin 2\eta_m}{2\eta_m} + 1 + \frac{2h\ell_2}{\eta_m^2} \sin^2 \eta_m + \left(\frac{h\ell_2}{\eta_m}\right)^2 \left(1 - \frac{\sin 2\eta_m}{2\eta_m}\right)}; \end{aligned}$$

$$\lambda_{k,m} = \sqrt{\left(\frac{\mu_k}{\ell_1}\right)^2 + \left(\frac{\eta_m}{\ell_2}\right)^2}; \quad \mu_k = \frac{\pi}{2}(2k+1)$$

Тепловой поток Q , связанный с плотностью тепловыделения

$$Q = \int_V q_V dV$$

q_V зависимостью V , часто находится экспериментальным путем [1; 2].

Корни η_m определяются из уравнения, вытекающего

$$\frac{\cos \eta_m}{\sin \eta_m} = \frac{\eta_m}{h \ell_2}$$

из граничного условия

Расчет температурного поля резца можно производить для различных моментов времени τ и различных величин теплоотдачи α . При этом в качестве базовых можно использовать следующие исходные данные: материал резца — Р18; $Q = 20$ Вт; $\ell_1 = 0,05$ м; $\ell_2 = 0,03$ м; $\ell_3 = 0,005$ м; $r_0 = 0,0005$ м; $c = 400$ Дж/(кг·°С); $\rho = 8000$ кг/м³; $\chi = 32$ Вт/(м·°С); $a = 10^{-5}$ м²/с; $\tau_1 = 1$ с; $\tau_2 = 10$ с; $\tau_3 = 100$ с; $\alpha = 10$ Вт/(м²·°С).

Список литературы:

1. Макаров А.Д. Оптимизация процессов резания / А.Д. Макаров. М.: Машиностроение, 1976. — 278 с.
2. Пашацкий Н.В. Нагрев лезвия проходного резца / Н.В. Пашацкий, А.В. Прохоров В.В. Закураев, А.А. Шивырев // СТИН. — 2003. — № 4. — С. 21—23.
3. Пашацкий Н.В. Тепловые процессы при обработке предварительно нагретой стальной плиты огневой машиной / Н.В. Пашацкий, А.В. Прохоров // Известия ВУЗов. Черная металлургия. — 2001. — № 3. — С. 46—48.
4. Прохоров А.В. Моделирование движущихся приповерхностных источников тепла / А.В. Прохоров // Инновации в науке. — 2013. — № 16-1. — С. 16—20.

5. Старков В.К. Обработка резанием. Управление стабильностью и качеством в автоматизированном производстве / В.К. Старков. М.: Машиностроение, 1989. — 296 с.
6. Талантов Н.В. Физические основы процесса резания, изнашивания и разрушения режущего инструмента / Н.В. Талантов. М.: Машиностроение, 1992. — 240 с.
7. Osovets S.V. Calculation of the Unsteady Thermal State of a Slab Heated by a Moving Source / S.V. Osovets, E.V. Toropov, A.V. Prokhorov, V.L. Kirillov // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. — 2000. — V. 73, — № 4. — P. 745—748.

СЕКЦИЯ 3.

ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ

Джанишев Сергей Иванович

*канд. техн. наук,
доцент кафедры организации перевозок и безопасности движения
Национального минерально-сырьевого университета «Горный»,
РФ, г. Санкт-Петербург
E-mail: dzhanshiev@rambler.ru*

Костин Владимир Николаевич

*канд. техн. наук,
доцент кафедры электротехники, электроэнергетики, электромеханики
Национального минерально-сырьевого университета «Горный»,
РФ, г. Санкт-Петербург
E-mail: kostin_vn@mail.ru*

RELAY PROTECTION AND AUTOMATION OF A DISTRIBUTION NETWORK OF COAL MINES

Dzhanshiev Sergei

*candidate of Science, assistant professor
department organization of transport and traffic safety
National University of mineral resources «Mountain»,
Russia, St. Petersburg*

Kostin Vladimir

*candidate of Science, assistant professor
department electrical engineering, electric power, electrical engineering
National University of mineral resources «Mountain»,
Russia, St. Petersburg*

АННОТАЦИЯ

Разработаны селективная без выдержки времени защита от коротких замыканий в кабельной сети подземной части угольной шахты и алгоритмы централизованной автоматики как подсистема АСУ электроснабжением шахты.

ABSTRACT

A selective without time protection against short-circuit in the cable network of underground coal mine and centralized automation algorithms as a subsystem ACS electricity mine.

Ключевые слова: короткое замыкание; максимальная токовая защита; логическая защита; блокирующий сигнал; централизованное автоматическое повторное включение; централизованный автоматический ввод резерва.

Keywords: short circuit; overcurrent protection; logical protection; blocking the signal; centralized auto-reconnect to Switching; centralized automatic transfer.

В соответствии с [4] на линиях 3—10 кВ, отходящих от центральной подземной подстанции (ЦПП) и распределительных подземных пунктов (РПП), защита от токов короткого замыкания (КЗ) должна быть мгновенного действия. Во всех случаях отключения сети защитами допускается применение автоматического повторного включения (АПВ) однократного действия, а также применение устройств автоматического включения резерва (АВР) при условии применения аппаратуры с блокировками против подачи напряжения на линии и электроустановки при повреждении их изоляции в результате КЗ.

В случае применения традиционных автономных цифровых устройств релейной защиты, а именно максимальных токовых защит (МТЗ), отключение КЗ в схеме электроснабжения будет происходить мгновенно и неселективно, т. е. будут отключаться все силовые выключатели на пути протекания тока КЗ от ЦПП до места повреждения. Согласование защит по времени недопустимо в соответствии с [4], а согласование защит по току невозможно вследствие небольших длин (сотни метров) кабельных линий в шахтных сетях.

Таким образом, при КЗ в схеме электроснабжения подземной части угольной шахты действие традиционных автономных максимальных токовых защит приведет к массовому отключению потребителей, что существенно снижает надежность электроснабжения. Восстановление схемы оперативными переключениями в системе

электроснабжения увеличивает время простоя технологического шахтного оборудования.

Для повышения надежности электроснабжения потребителей и сокращения времени простоя технологического шахтного оборудования предлагается система двухканальной релейной защиты и централизованной автоматики как подсистема автоматизированной системы управления электроснабжением шахты (АСУ ЭС), выполненная по аналогии с алгоритмами [1 и 2].

Двухканальная защита включает:

1. логическую защиту (ЛЗ) как основную;
2. максимальную токовую защиту (МТЗ) как резервную.

Основная защита — это МТЗ мгновенного действия, селективность которой обеспечивается с помощью блокировочных сигналов, передаваемых между РПП и ЦПП по каналам связи. Резервная защита — это МТЗ мгновенного действия, осуществляющая неселективное отключение выключателя, по которому протекает ток КЗ. Исправление неселективной работы этой защиты предлагается путем централизованного автоматического или автоматизированного (с участием диспетчера) повторного включения (ЦАПВ).

В схемах с резервированием после отключения КЗ релейной защитой в ряде случаев должен осуществляться централизованный автоматический или автоматизированный ввод резервного питания (ЦАВР).

Обе защиты и централизованная автоматика требуют создания каналов для передачи данных о состоянии выключателей, срабатывании защит и для передачи команд на коммутации выключателей. Для современных систем управления технологическими процессами такое оборудование разработано и широко применяется [3].

Рассмотрим применение предлагаемых решений для участка схемы электроснабжения, приведенного на рисунке 1 и включающего шины ЦПП и двух РПП, соединенных кабельными линиями W .

Релейная защита

Для отключения КЗ целесообразно использовать функцию логической защиты шин (ЛЗШ), реализуемую во всех современных микропроцессорных защитах и широко используемую в распределительных устройствах подстанций.

Принцип действия ЛЗШ заключается в следующем. На выключателях распредустройства токовую защиту выполняют двумя комплектами:

- первый «быстрый» комплект, имеющий выдержку времени 0,15—0,2 с, срабатывает, если через защиту протекает ток КЗ и нет блокирующего сигнала;
- второй «медленный» комплект работает с обычной селективной выдержкой времени, резервируя первую защиту.

В распределительных устройствах подстанций блокирующий сигнал передается от защит отходящих линий к комплекту защиты вводного выключателя с помощью общей шинки блокировки, расположенной вдоль всех ячеек отходящих линий.

Применительно к схеме рисунке 1 при повреждении отходящей линии (точка $K1$) сработает «быстрый» комплект защиты этой линии, отключая выключатель $Q7$. Защита на вводе блокируется сигналом x (пунктирная линия на рисунке 1), а второй «медленный» комплект этой защиты с обычной селективной выдержкой времени резервирует защиту отходящей линии.

Если повреждены шины (точка $K2$ на рисунке 1), блокирующий сигнал со стороны отходящих линий отсутствует. В этом случае срабатывает «быстрый» комплект защиты на вводе, отключая выключатель $Q5$. Второй «медленный» комплект этой защиты с обычной селективной выдержкой времени резервирует защиту ввода.

Однако, использование функции ЛЗШ автономно внутри каждого РПП шахтной магистральной сети не обеспечит блокировку отключения выключателей других РПП. Так, например, при КЗ в точке $K1$ (рисунок 1) произойдет отключение выключателей $Q1$ и $Q3$ и потребители РПП1 и РПП2 останутся без питания. Для предотвращения отключения этих выключателей следует создать *дополнительные каналы* передачи блокирующего сигнала x к защитам на выключателях $Q1$ и $Q3$ (штрихпунктирная линия на рисунке 1), т. е. расширить функции автономной ЛЗШ до логической защиты сети.

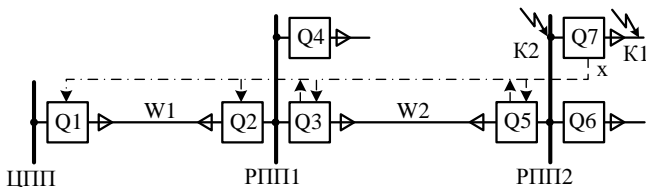


Рисунок 1. Схема участка сети

Резервная защита работает при отказе основной или используется как основная защита при отсутствии каналов связи между РПП и ЦПП.

Однако непосредственное использование здесь второго «медленного» комплекта ЛЗШ с обычной селективной выдержкой времени противоречит требованиям [4]. Поэтому и резервная защита должна работать без выдержки времени.

В частности, при отсутствии каналов связи между РПП и ЦПП и КЗ в точке $K1$ (рисунок 1) произойдет мгновенное отключение выключателей $Q7$, $Q5$, $Q3$, $Q2$ и $Q1$. Защита минимального напряжения по факту его исчезновения отключит остальные выключатели схемы. Все потребители РПП1 и РПП2 останутся без питания. При КЗ в точке $K2$ (рисунок 1) произойдет мгновенное отключение выключателей $Q5$, $Q3$, $Q2$ и $Q1$. Защита минимального напряжения отключит остальные выключатели. Как и в первом случае, все потребители РПП1 и РПП2 останутся без питания.

Восстановление схемы после КЗ следует реализовать с помощью ЦАПВ и ЦАВР, алгоритмы работы которых будут рассмотрены ниже.

Таким образом, для надежного, быстрого и селективного отключения КЗ и уменьшения времени простоя технологического шахтного оборудования целесообразно применение двухканальной релейной защиты с правильно организованным их взаимодействием. Покажем на примере участка сети (рисунок 1) варианты такого взаимодействия.

На всех выключателях схемы устанавливаются по два комплекта защит: ЛЗ и МТЗ, а между ЦПП, РПП1 и РПП2 прокладываются каналы передачи блокирующего сигнала x (штрихпунктирная линия на рисунок 1).

При КЗ, например, в точке $K1$ (рисунок 1) аварийный ток будет протекать через выключатели $Q1$, $Q2$, $Q3$, $Q5$ и $Q7$. Блокирующий сигнал x не должен позволить отключиться выключателям $Q1$, $Q2$, $Q3$ и $Q5$. Следовательно, при КЗ в точке $K1$ (рисунок 1) логической защитой отключится только один выключатель $Q7$.

При КЗ на шинах РПП2 (точка $K2$ на рисунке 1) логическая защита должна отключить выключатель $Q5$ и дать блокирующий сигнал x на выключатели $Q1$, $Q2$ и $Q3$.

В случае отказа логической защиты на каком-либо выключателе должна сработать резервная МТЗ и отключить этот выключатель без выдержки времени.

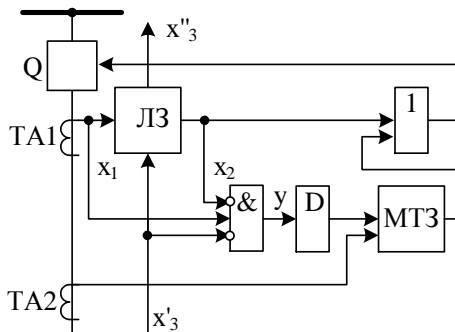


Рисунок 2. Принципиальная схема двухканальной защиты

Указанная логика работы защит на выключателе Q реализуется схемой, приведенной на рисунке 2, где приняты следующие обозначения: ЛЗ — логическая защита (основная); МТЗ — максимальная токовая защита (резервная); x_1 — сигнал тока КЗ присоединения; x_2 — сигнал отключения присоединения; x_3 — сигнал блокировки, приходящий от защит, расположенных ниже; x_3'' — сигнал блокировки, посылаемый защитами, расположенным выше; $\&$ и 1 — логические элементы (конъюнктор и дизъюнктор); y — выходной сигнал конъюнктора; $TA1$ и $TA2$ — трансформаторы тока; D — задержка сигнала, требуемая для отстройки от времени срабатывания логических защит.

Для повышения надежности комплекты ЛЗ и МТЗ должны получать сигналы от разных трансформаторов тока.

Основной канал защиты (ЛЗ) обеспечивает селективное отключение выключателя Q без выдержки времени. Резервный канал защиты (МТЗ) обеспечивает без выдержки времени отключение выключателя Q при отказе основного канала защиты. Логика запуска МТЗ описывается булевым выражением

$$y = x_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3. \quad (1)$$

Выходной сигнал конъюнктора y через задержку D поступает на вход блока МТЗ и является сигналом запуска этой защиты. Запуск и срабатывание МТЗ будет при выходном сигнале конъюнктора $y = 1$.

Из таблицы истинности (таблица 1), составленной для выражения (1), видно, что любое сочетание входных сигналов (1, 2, 3, 4, 6, 7, 8) кроме сочетания 5, не обеспечивает запуск МТЗ. Во всех случаях

кроме случая 5 будет работать ЛЗ. Отказ ЛЗ характеризуется состоянием 5, в котором есть сигнал тока КЗ ($x_1 = 1$), сигнал блокировки отсутствует ($x'_3 = 0$), сигнал срабатывания ЛЗ отсутствует ($x_2 = 0$). При этом выходной сигнал конъюнктора $y = 1$ и осуществляет запуск МТЗ.

Таблица 1.

Таблица истинности

№ состояния	1	2	3	4	5	6	7	8
x_1	0	0	0	0	1	1	1	1
x_2	0	0	1	1	0	0	1	1
x'_3	0	1	0	1	0	1	0	1
y	0	0	0	0	1	0	0	0

Универсальная система представления электрической схемы

Правильная работа системы защиты и автоматики возможна только при адекватном представлении топологии исходной схемы сети. Такое представление должно быть универсальным, и в то же время точно отражающим структуру сети. Для получения адекватного представления следует все выключатели разделить на структурные и фидерные. Структурные выключатели определяют структуру схемы — связи между ЦПП и РПП. Это головные выключатели линий между ЦПП и РПП и выключатели ввода в РПП.

Фидерные выключатели показывают присоединения отдельных потребителей к шинам ЦПП и РПП.

Применительно к рисунку 1 структурными выключателями будут $Q1, Q2, Q3, Q5$, а фидерными — $Q4, Q6, Q7$.

Кроме того, все выключатели должны делиться по уровню присоединения (ЦПП, РПП1, РПП2 ...).

Алгоритм ЦАПВ

Автоматика повторного включения широко используется в системах электроснабжения для повышения надежности электроснабжения. Для шахтной кабельной сети, имеющей свою специфику, повторное включение выключателей следует использовать для исправления неселективного отключения КЗ релейной защитой.

Как было отмечено выше, при КЗ в схеме электроснабжения подземной части угольной шахты действие традиционных автономных максимальных токовых защит приведет к массовому отключению потребителей, что существенно снижает надежность электроснабжения. Восстановление схемы оперативными переключениями в системе

электроснабжения увеличивает время простоя технологического шахтного оборудования.

Для сокращения времени простоя технологического шахтного оборудования все переключения должны осуществляться централизованно с автоматизированного рабочего места (АРМ) энергодиспетчера, как это предусматривается, например, в подсистеме управления энергоснабжением шахт АСОДУ «Энерго» [3], в которой на экране главного компьютера АРМ-диспетчера отображается состояние всех выключателей, входящих в состав ЦПП и РПП, и контроль срабатывания защит.

Включение выключателей может осуществляться дистанционно диспетчером или, с согласия диспетчера, автоматически по заданному алгоритму. В последнем случае реализуются функции ЦАПВ, однако, с блокировкой включения выключателей поврежденного элемента системы электроснабжения.

Следует отметить, что повторное включение может оказаться недопустимым для некоторых потребителей угольной шахты. В частности, пуск конвейера с загруженной ходовой частью влечет за собой увеличение инерционных усилий, перегрузку тяговых цепей и привода. Особенно это важно для конвейеров большой протяженности, у которых существует опасность пробуксовки и опасность возникновения колебательного переходного процесса сбегавшей ветви ленты. В таких случаях требуется блокировка соответствующего выключателя от включения и предварительная подготовка конвейера к пуску.

Алгоритм восстановления схемы после ее распада в результате отключения КЗ комплектами МТЗ может быть описан матрицей сигналов защит на выключателях ($x_i = 0$ — защита не сработала, $x_i = 1$ — защита сработала). В общем виде эта матрица содержит m столбцов и n строк, где m — число выключателей в цепи от ЦПП до точки КЗ, n — число состояний поля сигналов от релейных защит.

Возможность централизованного АПВ оценивается сигналом y ($y = 1$ — АПВ допустимо, $y = 0$ — АПВ недопустимо), получаемым по булевому выражению

$$y = x_1 x_2 x_3 \dots x_m \vee \bar{x}_1 x_2 x_3 \dots x_m \vee x_1 \bar{x}_2 x_3 \dots x_m \vee x_1 x_2 \bar{x}_3 \dots x_m \vee \dots \vee x_1 x_2 x_3 \dots \bar{x}_m. \quad (2)$$

Выражение (2) учитывает возможный отказ в срабатывании одной какой-то защиты. При $y = 1$ выполняется ЦАПВ — централизованно включаются все структурные выключатели за исключением последнего выключателя Q_m . Из выражения (2) следует, что только

при отказе защиты, ближайшей к месту КЗ, будет осуществляться «неполное» ЦАПВ.

Что касается фидерных выключателей, отключенных по факту исчезновения напряжения на шинах РПП, то их включение осуществляется также централизованно с учетом характера конкретных электроприемников.

Для пояснения вышеизложенного рассмотрим схему сети напряжением 3—10 кВ (рисунок 3), в которой реализуются функции автономных МТЗ и ЦАПВ. Источниками питания служат разные секции шин ЦПП (ЦПП1 и ЦПП2), от которых питаются три РПП. Выключатель Q13 на РПП3 нормально отключен. Структура схемы определяется выключателями Q1, Q3, Q5, Q7, Q9, Q13, Q10, Q14, Q6, Q4, Q2. Остальные выключатели фидерные.

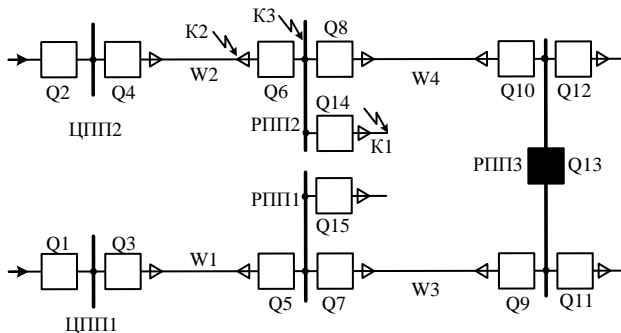


Рисунок 3. Схема сети

При КЗ за фидерным выключателем (точка К1) отключатся без выдержки времени выключатели Q14, Q6, Q4, Q2. Сигналы, приходящие от защит на этих выключателях, образуют следующую матрицу сигналов защит (таблица 2).

Таблица 2.

Матрица сигналов защит

№	Q2(x ₂)	Q4(x ₄)	Q6(x ₆)	Q14(x ₁₄)	y
1	1	1	1	1	1
2	0	1	1	1	1
3	1	0	1	1	1
4	1	1	0	1	1
5	1	1	1	0	1

Единицы в клетках матрицы означают наличие сигнала от защиты, нули — отсутствие сигнала. Строки матрицы показывают возможные сочетания сигналов при наличии одной ошибки (отказе одной защиты).

Возможность централизованного АПВ оценивается сигналом y ($y = 1$ — АПВ допустимо, $y = 0$ — АПВ недопустимо), получаемым по булевому выражению

$$y = x_2 x_4 x_6 x_{14} \vee \bar{x}_2 x_4 x_6 x_{14} \vee x_2 \bar{x}_4 x_6 x_{14} \vee x_2 x_4 \bar{x}_6 x_{14} \vee x_2 x_4 x_6 \bar{x}_{14}. \quad (3)$$

При $y = 1$ централизованно должны включаться выключатели $Q2$, $Q4$, $Q6$. Однако в случае 5 (отказ защиты на выключателе $Q14$) будет рекомендовано включить только выключатели $Q2$ и $Q4$.

Алгоритм ЦАВР

Автоматика ввода резервного питания широко используется в распределительных устройствах подстанций при электроснабжении ответственных потребителей от двух и более независимых источников питания.

Рассмотрим централизованный запуск этой автоматики для шахтной распределительной кабельной сети.

Алгоритм работы ЦАВР зависит от места КЗ в схеме электро-снабжения шахты и месторасположения выключателя, размыкающего схему, потребители которой получают питание от двух источников. В соответствии с [4] запрещается для подземных условий применение кольцевых схем электроснабжения.

ЦАВР должен срабатывать после таких КЗ, в результате отключения которых даже после АПВ часть РПП остаются без питания, т.е. при КЗ на линиях, связывающих отдельные РПП или при КЗ на шинах РПП (например точки $K2$ и $K3$ на рисунке 3).

Стандартный алгоритм ввода резервного питания при КЗ в точке $K2$ (рисунок 3): отключение ввода $Q10$ по исчезновению напряжения на шинах и включение секционного выключателя $Q13$ — оставит потребителей РПП2 без питания. Поэтому алгоритм ЦАВР следует построить по аналогии с алгоритмом ЦАПВ — включение всех выключателей, кроме последнего перед местом повреждения. Отличие будет в направлении включения выключателей. Если при ЦАПВ включение структурных выключателей осуществляется в направлении от источника питания (шин ЦПП) к месту повреждения, то при ЦАВР направление включения должно осуществляться от выключателя, нормально размыкающего схему, к месту повреждения.

Применительно к схеме рисунка 3 при КЗ в точке К2 после срабатывания релейной защиты (отключения выключателя Q4) по факту исчезновения напряжения отключатся структурные выключатели Q6, Q8 и Q10. В этом случае следует централизованно включить выключатели Q13, Q10 и Q8 и не включать выключатель Q6, ближайший к месту повреждения.

При КЗ в точке К3 после отключения выключателя Q6 следует централизованно включить выключатели Q13 и Q10 и не включать выключатель Q8.

Включение фидерных выключателей отключившихся по факту исчезновения напряжения следует включать, как и при ЦАПВ с учетом характера конкретных электроприемников.

Заключение:

1. Предложена двухканальная система защиты от КЗ подземной части системы электроснабжения угольной шахты, включающая логическую и максимальную токовую защиты и обеспечивающая без выдержки времени селективное отключение поврежденного элемента.

2. С целью уменьшения времени простоя технологического шахтного оборудования из-за повреждений в системе электроснабжения разработаны алгоритмы централизованной автоматики, позволяющие реализовать функции автоматического повторного включения и ввода резерва. Показано, что функции централизованной автоматики реализуются даже при отказе одной защиты в схеме электроснабжения шахты.

Список литературы:

1. Зайцев А.В. Автоматика ограничения частоты при аварийном выделении энергорайона с избытком генерируемой мощности / А.В. Зайцев, В.Н. Костин // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Серия «Наука и образование». — 2012. — № 4 (195). — С. 69—72.
2. Карпов А.С. Принципы построения автоматизированной системы контроля эффективности действия ЧДА / А.С. Карпов, В.Н. Костин, И.В. Кравченко, Е.Н. Попков // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Серия «Наука и образование». — 2011. — № 4 (135). — С. 94—99.
3. Компания ДЕП. Горношахтная автоматика. АСОДУ «Энерго». [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: http://www.dep.ru/page/gornavt_energo/, свободный. — Загл. с экрана.
4. Правила безопасности в угольных шахтах. ПБ 05-618-03, 2004 г.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
ВЛИЯНИЯ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ
НА ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ТОПОЧНОГО МАЗУТА**

Ткач Надежда Сергеевна

*аспирант кафедры Инженерных систем зданий и сооружений,
Дальневосточный Федеральный Университет,
РФ, г. Владивосток
E-mail: tkach.ns@dvfu.ru*

Еськин Антон Андреевич

*преподаватель кафедры Инженерных систем зданий и сооружений,
Дальневосточный Федеральный Университет,
РФ, г. Владивосток*

Рудинков Александр Сергеевич

*студент 3-го курса кафедры Инженерных систем зданий
и сооружений, Дальневосточный Федеральный Университет,
РФ, г. Владивосток*

**EXPERIMENTAL RESEARCH THE INFLUENCE
OF MOISTURE CONTENT ON FUEL OIL THERMAL
CHARACTERISTICS**

Tkach Nadezhda

*postgraduate student of department
Engineering systems of buildings and constructions, FEFU,
Russia, Vladivostok*

Eskin Anton

*lecturer of department
Engineering systems of buildings and constructions, FEFU,
Russia, Vladivostok*

Rudinkov Alexander

*Student of department
Engineering systems of buildings and constructions, FEFU,
Russia, Vladivostok*

Исследование выполнено при поддержке Программы «Научный фонд» ДВФУ, грант № 12-08-13023-м-18/13.

АННОТАЦИЯ

Проведено экспериментальное исследование физических и тепло-технических свойств обводненных мазутов. Представлена графическая зависимость влияния влагосодержания на теплотворную способность топлива. Определено, что при обводнённости водомазутных шламов до 50—60 % возможна их утилизация при совместном сжигании с топочным мазутом в соотношении 7—8 % присадки на массу эталонного мазута с влагосодержанием 1 %.

ABSTRACT

The experimental research of the physical and thermal characteristics of fuel oil flooded is conducted. Graphical depiction of the influence of moisture content on the calorific value of fuel presented. Determined that the water content of water-oil sludge to 50—60 % of the possible utilization when co-firing with fuel oil at a ratio of 7—8 % by weight of additives reference oil with moisture content 1 %.

Ключевые слова: водомазутные шламы; флотопена; влаго-содержание; мазут; утилизация.

Keywords: water-oil sludge; flotation foam; moisture content; oil; recycle.

В последние десятилетия вопросам охраны окружающей среды уделяется все большее внимание. Одним из сложных для утилизации видом отходов являются водомазутные шламы промышленных предприятий, полученные в ходе тонкослойного отстаивания или флотации сточных вод. Одним из возможных способов утилизации такого вида отходов является их совместное сжигание с мазутом в топках котлов. Однако присутствие воды в топочном мазуте снижает теплоту сгорания и увеличивает его расход, а также уменьшает КПД котельной установки, нарушает режим горения топлива [5]. Неравномерное распределение воды в массе топлива (послойно или отдельными гнездами) может привести к пульсации факела, затуханию форсунок и к взрывам в топке, что приводит к повреждению форсунок (эрозионное или взрывное разрушение) вследствие быстрого расширения водяного пара в горячем сопле форсунки.

При применении обводненных мазутов, особенно сернистых, повышается коррозия оборудования мазутного хозяйства и хвостовых поверхностей нагрева котельной установки дымовыми газами вследствие

увеличения их влажности. Также большое количество влаги в топливе может вызывать коррозию резервуаров и оборудования и активизирует процесс накопления осадков на дне топливных цистерн.

Конечное влагосодержание водомазутных шламов может составлять до 80%, в то время как техническими условиями на эксплуатацию котельных установок содержание воды ограничено до 5 % в топочных мазутах [5]. Из этого условия может быть определена количественная величина присадок к эталонному мазуту.

Отбор пробы эталонного мазута был произведен на котельной № 61 Артёмовского КГУП ПТЭ через пробоотборный патрубок на боковой поверхности резервуара № 4, проба водомазутного шлама взята на каскадной нефтеловушке-отстойнике, проба флотопены получена на экспериментальной установке флотационной очистки.

Анализ проб топочного мазута и нефтешламов.

В работе [8] представлены эмпирические зависимости, позволяющие определить теплотворную способность мазута, на основании полученных в ходе экспериментальных исследований параметров влаги, золы, серы, температуры вспышки, кинематической вязкости, плотности.

Определение количества влаги.

Определение количества влаги в мазуте проводилось методом Дина-Старка [2]. Пробу эталонного мазута подогрели в сушильном шкафу при 100 °С в течение 20 минут. К 100 мл пробы добавили 200 мл растворителя Нефрас и перелили в круглодонную колбу. Колбу установили в колбоподогреватель и соединили с ловушкой и холодильником. Пары воды, образующиеся при нагреве колбы, поднимаются в холодильник, где остывают и конденсируются. Конденсат стекает в мерную ловушку. Отгонку проводят, пока количество воды в ловушке не перестанет изменяться. Объем отгона составил 7,2 мл, значит обводненность топочного мазута 7,2 %.

Для приближения значения влагосодержания топочного мазута к нормативному [5] лишняя влага была удалена путем термоотстоя с NaCl в течение 4-х часов, после чего опыт был повторен. Итоговая обводненность мазута составила 1 %.

Определение обводненности проб нефтешлама, отобранного на нефтеловушке, и флотопены, полученной на экспериментальной установке флотационной очистки, проводили аналогично с топочным мазутом. Обводненность пробы с нефтеловушки составила 48,8 %, а пробы флотопены — 62,2 %.

Определение зольности.

Определение зольности проводилось по ГОСТ 1461-75 [1]. Тигли прокалили в муфельной печи при температуре 800—850 °С до постоянной массы. На дно тиглей поместили фильтровальную бумагу, затем добавили навески исследуемых проб:

- эталонный мазут — навеска 3,2013 гр.
- нефтешлам с нефтеловушки — навеска 4,0340 гр.
- флотопена — навеска 4,1220 гр.

Навески закрыли фильтровальной бумагой, сложенной конусом, и поставили на подогреватель в вытяжном шкафу, чтобы конусы пропитались пробой, после чего конусы подожгли. Тигли с прогоревшими фильтрами переставили в муфельную печь на 2 часа и довели до постоянного веса.

Зольность испытуемого продукта в процентах определяется формулой:

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m} \cdot 100 \quad (1)$$

где: m — масса испытуемого продукта, г;

m_1 — масса золы, г;

m_2 — масса золы двух бумажных фильтров (масса золы фильтра указана на упаковке фильтра), г.

Результаты вычислений представлены диаграммой (Рис. 1).

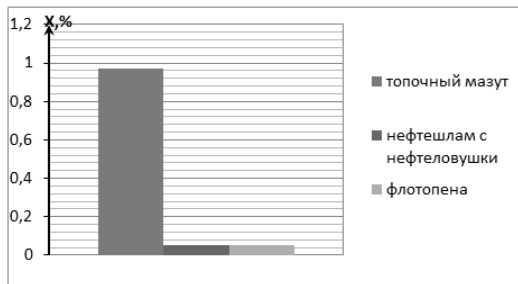


Рисунок 1. Содержание золы в топочном мазуте и нефтешламах

Определение сернистости.

Сернистые соединения нефтей являются нежелательными из-за их способности вызывать коррозию [7].

Определение сернистости мазута проводилось на Атомно-Эмиссионном Рентгеновском Спектрометре. Образец мазута перелили в кювету, которую устанавливают в Атомно-Эмиссионный Спектрометр АСЭ-1. Режим облучения «Сера 1—5 %» происходит облучение пробы рентгеновскими лучами. После звукового сигнала на экране отображается готовое значение. Содержание серы в пробе мазута составило 0,93 %.

Содержание серы S до 1 % говорит о хорошем качестве мазута: горение будет происходить с минимальным загрязнением атмосферы и наименьшим вредом для рабочих поверхностей котла.

Содержание серы проб нефтешламов принимается равным аналогичному показателю эталонного мазута, так как при создании водонефтяной эмульсии эта характеристика практически не изменяется.

Определение температуры вспышки и температуры воспламенения.

Температура вспышки — параметр, характеризующий пожароопасность топлива, безопасность его применения и условия хранения [7]. Температурой вспышки называется температура, при которой нефтепродукт, нагреваемый в определенных условиях, выделяет такое количество паров, которое образует с окружающим воздухом смесь, вспыхивающую при поднесении к ней пламени [3].

Определение температуры вспышки и температуры воспламенения проводилось по методу Кливленда [3]. Проба переливается в тигель, который устанавливается на рабочую поверхность. Температура мазута измерялась контактным термометром. При температурах выше 70 °С наблюдалось активное кипение и испарение водной части. После 145 °С кипение уменьшилось, после 150 °С к пробе подносилась зажженная спичка с интервалом 2 °С. Температура вспышки $t_{всп}$ составила 168 °С.

После повышения температуры мазута на 10 °С к пробе снова подносилась зажженная спичка с интервалом 2 °С.

Температура, при которой продукт при поднесении пламени загорается и продолжает спокойно гореть не менее 5 с., называется температурой воспламенения [3]. Температура воспламенения $t_{воспл}$ составила 190 °С.

Определение плотности.

Пробу помещают в мерный цилиндр, избегая разбрызгивания мазута и попадания пузырьков воздуха. В пробу помещают ареометр

и оставляют его в положении равновесия, обеспечивают медленное погружение ареометра в пробу. Через некоторое время, когда погружение ареометра прекращается, считывают показания по плотности. После этого вынимают ареометр и считывают показания температуры испытываемой пробы [4].

Показания ареометра: 977 г/см^3 при температуре $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Вводится поправка на мениск, которая составляет $0,0014$. Так как температура испытания составила $20 \text{ }^\circ\text{C}$, что и требуется по технологии, то поправка на температуру не вводилась. Итоговое значение плотности мазута составило $978,4 \text{ г/см}^3$.

Определение кинематической вязкости

Определение вязкости мазута проводилось на вискозиметре VISCOMAR при $50 \text{ }^\circ\text{C}$. В цилиндр опускался металлический шар соответствующего калибра и заливалась проба. Цилиндр установили в прибор, через 15 минут плотно закрыли крышкой. При установившемся режиме переворачиваем цилиндр, устройство измеряет вязкость, значение которой отображается на экране. Испытание проводили 6 раз. Из 3 ближайших значений определили среднее.

Среднее значение показаний вискозиметра составило $497,3 \text{ сСт}$. Полученное значение необходимо разделить на плотность:

$$\mu' = \frac{\mu}{\rho} \quad (2)$$

где: μ — показания вискозиметра, сСт;

μ' — действительная вязкость, сСт;

ρ — плотность мазута, г/см^3 .

$$\mu' = \frac{497,3}{978,4} = 0.508279 = 508.28 \text{ сСт}$$

По номограмме перевели полученную вязкость при $50 \text{ }^\circ\text{C}$ в вязкость при $80 \text{ }^\circ\text{C}$. Итоговое значение составило 94 сСт .

Определение максимально допустимого количества присадок к топочному мазуту.

При утилизации обводненных нефтеотходов важно чтобы их количество не оказывало существенного отрицательного влияния на процессы горения. Для определения максимально допустимого количества присадок к топочному мазуту, необходимо решить задачу на смешение растворов с разной концентрацией.

Тогда к 100 мл эталонного мазута необходимо добавить:

- пробы с нефтеловушки:

$$V_2 = \frac{100 \text{ мл} \cdot (5\% - 1\%)}{48,8\% - 5\%} = 9,13 \text{ мл}$$

- пробы флотопены:

$$V_2 = \frac{100 \text{ мл} \cdot (5\% - 1\%)}{62,2\% - 5\%} = 6,99 \text{ мл}$$

Были приготовлены две смеси:

- к 100 мл эталонного мазута добавили 10 мл пробы с нефтеловушки;
- к 100 мл эталонного мазута добавили 7 мл пробы флотошлама;

Обе смеси нагревали в сушильном шкафу при температуре 100 °С в течение 2 часов, перемешали на смешивающем устройстве ЛАБ-ПУ-02 в течение 4 часов, после чего снова поставили в сушильный шкаф на ночь.

Итоговое влагосодержание смесей, определенное по методу Дина-Сатарка, составило:

- 100 мл эталонного мазута + 10 мл пробы с нефтеловушки — 4,4 %;
- 100 мл эталонного мазута + 7 мл пробы флотошлама — 3,6 % .

Теплотворная способность мазута.

Оценка влияния влагосодержания на низшую теплоту сгорания топливатоплива с поправкой на содержание серы, воды и золы проводилась по зависимости [6]:

$$Q_H^p = (46,423 - 8,792\rho^2 \cdot 10^{-6}) + 3,170\rho \cdot 10^{-3} [1 - (x + y + s)] + 0,420s - 2,449x, \text{ ккал/кг} \quad (3)$$

где: Q_H^p — низшая теплота сгорания, ккал/кг;

ρ — плотность топлива при 20 °С, кг/м³;

x — массовая доля воды;

y — массовая доля золы;

S — массовая доля серы.

По результатам расчета построена графическая зависимость (Рис. 2).

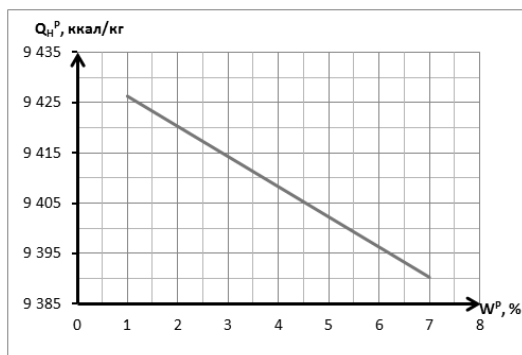


Рисунок 2. Влияние влагосодержания W^P на теплотворную способность топлива $Q_{н}^P$

Вывод

Для определения максимально допустимого количества присадок к топочному мазуту были проведены лабораторные исследования характеристик эталонного мазута и нефтешлама, отобранного на каскадной нефтеловушке-отстойнике, и флотошлама, полученного на экспериментальной установке флотационной очистки нефтесодержащих сточных вод.

При обводненности водомазутных шламов на 50—60 % возможна их утилизация при совместном сжигании с топочным мазутом в соотношении 7—8 % присадки на массу топлива.

Список литературы:

1. ГОСТ 1461-75 Нефть и нефтепродукты. Метод определения зольности. Введ. 1997-07-01. М.: Изд-во стандартов, 1997. — 5 с.
2. ГОСТ 2477-65 Нефть и нефтепродукты. Метод определения содержания воды. Введ. 1966-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1965. — 7 с.
3. ГОСТ 4333-87 Нефтепродукты. Методы определения температур вспышки и воспламенения в открытом тигле. Введ. 1988-07-01. М.: Стандартформ, 2005. — 8 с.
4. ГОСТ 3900-85 Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности. Введ. 1987-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1985. — 36 с.

5. Лосиков Б.В. Нефтепродукты. Свойства, качество, применение. М. Издательство "Химия", 1966 г. — 776 с.
6. Ранд С.Дж. Анализ нефтепродуктов. Методы, их назначение и выполнение Пер. с англ. 8-го изд. (2010 г., Significance of Tests for Petroleum Products) под ред. Новикова Е.А., Нехамкиной Л.Г. 2012 г. — 664 стр.
7. Школьников В.М. (ред.) Горючие смазочные материалы Энциклопедический толковый словарь-справочник. Изд. 2-е. / М.: ООО «Издательский центр «Техинформ» Международной Академии Информатизации», 2010. — 756 с.
8. Щеголев М.М., Гусев Ю.Л., Иванова М.С. Котельные установки/Учебник для ВУЗов. М. Стройиздат, 1972 — 384 с.

СЕКЦИЯ 4.

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ СОСТАВАМИ ХОЛОДНОТВЕРДЕЮЩИХ ФОРМОВОЧНЫХ СМЕСЕЙ

Бакиров Рашид Бакирович

*д-р техн. наук, профессор
Таразского государственного университета им. М.Х. Дулати,
Республика Казахстан, г. Тараз
E-mail: bakirov_rashid@mail.ru*

Сон Инесса Александровна

*студент 3 курса
Таразского государственного университета им. М.Х. Дулати,
ФНГиМ, специальности «Машиностроение»,
Республика Казахстан, г. Тараз
E-mail: inna06.02@mail.ru*

Жумат Раиса Ғалымжанқызы

*студент 3 курса Таразского государственного
университета им. М.Х. Дулати, ФНГиМ, специальности
«Технологические машины и оборудование нефтегазовой отрасли»,
Республика Казахстан, г. Тараз
E-mail: raisa315@mail.ru*

THERMODYNAMIC METHODS OF MANAGEMENT OF COMPOSITIONS BASED COLD-SOLIDIFICATION FORMING MIXES

Rashid Bakirov

*doctor of science, professor of Taraz State University,
Republic of Kazakhstan, Taraz*

Inessa Son

*student of the Taraz State University, oil, gas and mechanics faculty,
speciality mechanical engineering,
Republic of Kazakhstan, Taraz*

Raisa Zhumat

*student of the Taraz State University, oil, gas and mechanics faculty,
speciality technological machines and equipment of oil and gas branch,
Republic of Kazakhstan, Taraz*

АННОТАЦИЯ

Выполнен термодинамический расчет взаимодействия компонентов холоднотвердеющих формовочных смесей с целью оптимизации составов смесей и управления их технологическими свойствами. Компонентами ХТС являются местные формовочные материалы и производственные отходы.

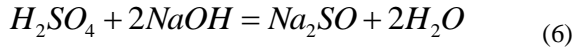
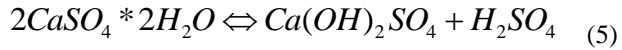
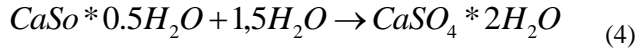
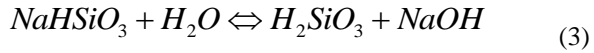
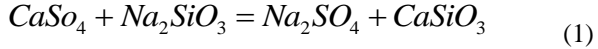
ABSTRACT

The Thermodynamic calculation of the cold-solidification forming mixes interaction components has been performed for the purpose of compositions mixes optimization and its technological properties management. The CSM components are local forming materials and production waste.

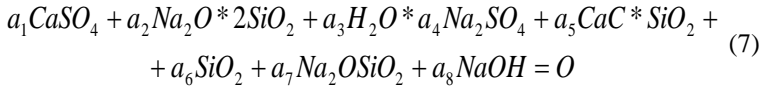
Ключевые слова: термодинамический расчет; холоднотвердеющие формовочные смеси; производственные отходы.

Keywords: thermodynamic calculation; cold-solidification forming mixes; production waste.

Взаимодействия между фосфогипсом, жидким стеклом и водой можно представить через реакции:



Суммарная реакция между указанными компонентами имеет вид:



Атомная матрица для этой реакции может быть представлена так:

$$\begin{array}{c|cccccc} Ca & S & O & Na & Si & H \\ \hline 1 & 1 & 4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 5 & 2 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 4 & 2 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 3 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 2 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{array} \quad (8)$$

Для нахождения стехиометрических коэффициентов составим следующую систему уравнения:

$$\left| \begin{array}{cccccc}
 1 & 1 & 4 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 5 & 2 & 2 & 0 \\
 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 2 \\
 0 & 1 & 4 & 2 & 0 & 0 \\
 1 & 0 & 3 & 0 & 1 & 0 \\
 0 & 0 & 2 & 2 & 1 & 0 \\
 0 & 0 & 3 & 2 & 1 & 0 \\
 a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1
 \end{array} \right| = 0 \quad (9)$$

Или

$$\begin{cases}
 a_1 + a_5 = 0 \\
 a_1 + a_4 = 0 \\
 4a_1 + 5a_2 + a_3 + 4a_4 + 3a_5 + 2a_6 + 3a_1 + a_8 = 0 \\
 2a_2 + 2a_4 + 2a_7 + a_8 = 0 \\
 2a_2 + a_8 + a_6 + a_7 = 0 \\
 2a_3 + a = 0
 \end{cases} \quad (10)$$

Откуда после упрощений имеем:

$$\begin{cases}
 4a_1 + 5a_2 - a_3 + 7a_5 + 2a_6 + 3a_3 = 0 \\
 a_2 - a_3 + a_5 + a_7 = 0 \\
 2a_2 + a_5 + a_6 + a_7 = 0
 \end{cases} \quad (11)$$

Ранг атомной матрицы равен 6, а $G=M-m=8-6=2$. Следовательно, между данным набором компонентов существует лишь две базисные реакции.

Поскольку для шести переменных выходят лишь три уравнения, на систему необходимо наложить три дополнительных ограничения. Допустим, что коэффициенты a_1 и a_2 могут быть заданы, исходя

из экспериментальных данных. Решим последнюю систему относительно a_1 , a_6 и a_7 .

$$\begin{cases} -7a_5 - 2a_6 - 3a_7 = 4a_1 + 5a_2 - a_3 = b_1 \\ -a_5 - a_7 - a_2 - a_3 = b_2 \\ -a_5 - a_6 - a_7 - 2a_2 = b_3 \end{cases} \quad (12)$$

Для решения систем уравнений используем формулу Крамера.

$$\begin{vmatrix} -7 & -2 & -3 \\ -1 & 0 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{vmatrix} = -2+3+2+7=4 \quad (13)$$

$$\begin{vmatrix} -7 & b_1 & -3 \\ -1 & b_2 & -1 \\ -1 & b_3 & -1 \end{vmatrix} = \frac{1}{4}(7b_2 + b_1 + 3b_3 - 3b_2 - b_1 - 7b_3) = -a_2 - a_3 \quad (14)$$

$$\begin{vmatrix} -7 & -2 & b_1 \\ -1 & 0 & b_2 \\ -1 & -1 & b_3 \end{vmatrix} = \frac{1}{4}(2b_2 + b_1 - 2b_3 - 7b_2) = a_1 - a_2 + a_3 \quad (15)$$

Окончательно имеем

$$\begin{aligned} a_5 &= -a_1 \\ a_6 &= -a_2 - a_3 \\ a_7 &= a_1 - a_2 + a_3 \end{aligned} \quad (16)$$

Из экспериментальных данных можно принять $n\text{CaSO}_4:n\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2:n\text{H}_2\text{O} = 1,1:1:0,1$ или $a_1=1,1$ $a_3=0,1$. процентный состав компонентов смеси и, меняя их величины и соотношения, определим изменение свободной энтальпии при 298 к.

Установлено, что при постоянном содержании воды (2 %) механизм упрочнения смеси протекает в направлении увеличения

содержания фосфогипса и заметно ускоряется при достижении его 1,9 % ($a \geq 1,75$).

Действительно, жидкостекольная смесь с добавкой фосфогипса 1,9 % и более обладает минимальной живучестью до 3—5 или, очень быстро затвердевает и теряет свои технологические свойства.

Решая систему при значениях $a_1 = 0,8; 1,5; 2,2$ и $a_2 = 3; 5; 7$; получим стехиометрические коэффициенты. Кальций, увеличивая термодинамическую активность фосфогипса в смеси, ускоряет процесс твердения жидкостекольной смеси при постоянном содержании жидкого стекла. При постоянном содержании фосфогипса и при увеличении количества жидкого стекла активность реакции взаимодействия компонентов смеси падает.

В конечном виде аналитическая зависимость для расчета термодинамической активности фосфогипса, жидкого стекла и едкого натра имеет вид:

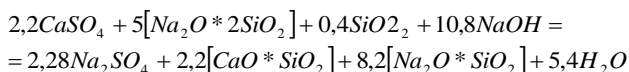
$$\Delta G = -90,367 - 13,125a_1 + 10,031a_2 - 0,094a_8 \quad (17)$$

Из этой зависимости видно, что изменение свободной энтальпии процесса идет в направлении повышения при одновременном уменьшении содержания фосфогипса и гидрата окиси натрия и при увеличении содержания жидкого стекла.

При увеличении содержания фосфогипса более 1,9 %, или при увеличении числа молей кальция, содержащего в отвердителе до 1,9, интенсивность реакции повышается.

В связи с тем, что увеличение содержания фосфогипса более 1,9 способствует повышению осыпаемости и ускорению процесса твердения смеси, то необходимо ограничивать верхний предел содержания отвердителя.

После расчета стехиометрических коэффициентов можно составить систему уравнений, одно из которых имеет следующий вид;



Редкий натр образован в результате гидролиза жидкого стекла, протекающего согласно реакциям (2 и 3).

Вода, полученная в результате реакции, в свободном виде не находится, оно образует соединение с силикатами натрия и кальция.

Таким образом, образование сульфата натрия, установленного рентгенографическим анализом, и гидросиликата кальция, определенного термографическим анализом, подтверждается термодинамическим расчетом основных реакций взаимодействия компонентов холодно-твердеющих смесей.

Список литературы:

1. Бакиров Р.Б. Машина жасау технологиясы. Алматы: Эверо, 2011. — 402 с.
2. Бакиров Р.Б. Местные формовочные материалы и холоднотвердеющие смеси. Жамбыл: областная типография 1994. — 289 с.
3. Лясс А.М. Быстротвердеющие формовочные смеси. М.: Машиностроение, 1965. — 332 с.

СЕКЦИЯ 5.

АЭРОКОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

О РЕШЕНИИ ЗАДАЧ БОРТОВОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ С ПОМОЩЬЮ РЕКОНФИГУРИРУЕМЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Савкин Леонид Васильевич

*аспирант ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина»,
начальник бюро Филиала ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина»,*

РФ, г. Калуга

E-mail: android4.1@mail.ru

ABOUT THE SOLUTION OF TASKS OF ONBOARD DIAGNOSING OF SPACECRAFTS BY MEANS OF RECONFIGURABLE COMPUTING SYSTEMS

Leonid Savkin

*graduate student, chief of bureau,
The Branch of Federal Enterprise "Lavochkin Association",
Russia, Kaluga*

АННОТАЦИЯ

Предложен способ повышения эффективности диагностического обеспечения бортовой аппаратуры космических аппаратов с помощью реконфигурируемых вычислительных систем. Процедуру диагностики бортовых систем предлагается рассматривать в виде решения задач графоаналитическими методами. Приведен пример распределения ресурсов реконфигурируемого вычислительного поля для решения задач диагностики бортовых систем.

ABSTRACT

The method of increase of efficiency of diagnostic support of onboard equipment spacecraft's by means of reconfigurable computing systems is offered. Diagnostics of onboard systems is offered to be considered

in the form of the solution of tasks by graphic-analytical methods. The example of distribution of resources a reconfigurable computing field for the solution of tasks of diagnostics of onboard systems is given.

Ключевые слова: диагностика; реконфигурация; программируемая логическая интегральная схема (ПЛИС).

Keywords: diagnostics; reconfiguration; programmable logic device (PLD).

Непрерывное совершенствование служебной и целевой бортовой аппаратуры современных космических аппаратов (КА) как в отношении надежности, так и в отношении общего числа решаемых задач, требует и соответствующего усложнения их аппаратно-программного построения.

Благодаря стремительному развитию радиационностойкой высокоинтегрированной электронной компонентной базы (ЭКБ), рост объема функциональных задач, решаемых служебной и целевой аппаратурой КА, успешно сочетается сегодня с параллельной тенденцией к минимизации габаритно-массовых параметров, предъявляемых к данным типам аппаратуры.

В соответствии с наблюдаемым ростом сложности аппаратно-программного построения функциональной электронной аппаратуры бортовых систем, совершенствуются методы и средства проведения бортового диагностирования служебной и целевой аппаратуры эксплуатируемых КА. Данная задача важна не только с точки зрения выяснения причин, приведших к возникновению неисправности или отказа той или иной бортовой системы КА раньше установленного срока его активного существования. Ее актуальность заключается, в первую очередь, в необходимости повышения эффективности методов контроля и диагностики технического состояния эксплуатируемого КА с целью своевременной и максимально точной локализации неисправностей с возможностью их последующего устранения или изолирования, что является важнейшей составляющей обеспечения безотказного функционирования систем КА и его надежности в целом. Кроме того, знание причин, приведших к возникновению неисправности в бортовой аппаратуре и условий, благоприятствующих их появлению, позволит не допустить их появление вновь или хотя бы снизить их число в последующих разработках новых КА.

Не смотря на то, что вычислительные ресурсы бортовых цифровых вычислительных машин (БЦВМ) обеспечивают решение всех известных на сегодняшний день функциональных задач, стоящих

перед современными КА с определенными технологическими запасами по памяти и быстродействию, некоторые сбои и неисправности, возникающие в служебной и целевой аппаратуре КА, не всегда удается локализовать с высокой степенью точности.

Сложные типы ЭКБ аппаратуры КА, такие как центральные процессоры (ЦП), микроконтроллеры (МК), программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС), при возникновении в них неисправностей, очень часто не выходят из строя полностью, а продолжают работать некорректно. Бортовая система контроля и диагностики (СКД) после фиксации неисправности или отказа производит переключение неисправной подсистемы на резервную. При этом, не редко, остается так и невыясненной точная причина неисправности тех же ЦП, МК или ПЛИС на периферийных участках, не говоря уже об уровнях аппаратного ядра, памяти и элементов низкого аппаратного уровня (логические вентили, триггеры, коммутаторы).

Данную проблему можно рассматривать в двух аспектах. Первый аспект связан с недостаточным уровнем контролепригодности бортовых средств, что должно учитываться еще на начальных этапах проектирования аппаратуры КА. Второй аспект заключается в несовершенстве диагностических моделей штатного диагностического обеспечения СКД КА, что связано с недостаточной гибкостью и невозможностью адаптации алгоритмов диагностики к аппаратным и программным неисправностям сложного вида, возникающим в условиях внешних воздействующих факторов (ВВФ), характерных условиям эксплуатации КА.

Необходимость в высокой степени локализации отказавшего элемента может потребовать кардинального перестроения диагностической модели СКД, что, как показывает многочисленная практика, не всегда удается реализовать из-за недостаточной гибкости и невозможности глубокой реконфигурации штатных диагностических алгоритмов.

Кроме того, в процессе диагностирования бортовой аппаратуры, для более качественной оценки ее технического состояния, может потребоваться ввести новый функциональный элемент или аппаратное устройство, которое не предусмотрено составом бортовой аппаратуры.

Данные проблемы предлагается решать, используя диагностическое обеспечение КА, построенное на базе реконфигурируемых вычислительных систем (РВС).

РВС являются сегодня одним из успешно развивающихся направлений в области создания суперкомпьютеров и позволяют

решать широкий спектр трудоемких вычислительных задач с высокой производительностью, которая значительно превышает производительность ЭВМ с постоянной архитектурой.

Здесь необходимо отметить работы таких отечественных исследователей, как А.В. Каляев [6], Э.В. Евреинов [4; 5], И.В. Прангишвили [8] и В.Г. Хорошевский [5], которые заложили многие фундаментальные принципы для формирования концепции РВС и позволили ей успешно развиваться во многих научных и прикладных областях по сегодняшний день.

Наиболее распространенные типы РВС строятся на базе ПЛИС, которые, в свою очередь, являются сложной высокоинтегрированной микросхемой, способной менять свою внутреннюю структуру в зависимости от программы. Управление соединениями в ПЛИС осуществляется с помощью низкоуровневых языков описания аппаратуры (Hardware Description Language, HDL), основными представителями которых являются языки VHDL и Verilog.

ПЛИС, как правило, состоит из матричной структуры, элементами которой являются коммутируемые логические блоки (КЛБ). Матричная структура обеспечивает возможность распределения вычислений в виде графа, топология которого соответствует информационной структуре решаемой задачи и соответствующим образом «накладывается» на реконфигурируемое вычислительное поле.

Ключевой особенностью РВС является возможность топологической адаптации своей архитектуры к информационной структуре решаемой вычислительной задачи. Это, в свою очередь, наделяет свойством гибкости алгоритмы вычислений при изменении условий задачи или уточнении ее параметров (значения исходных данных, значения коэффициентов, типы связей между переменными и т. д.). Данное свойство и предлагается использовать в диагностическом обеспечении бортовых систем КА, представляя при этом любой диагностический алгоритм в виде графа $G(F, X)$ (рисунок 1).

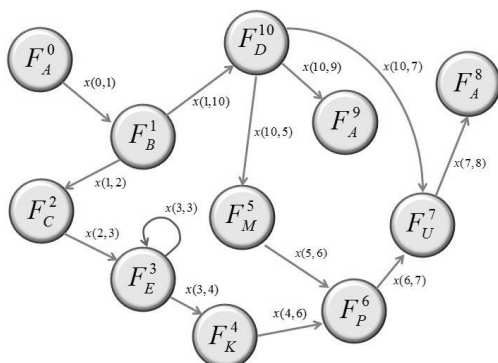


Рисунок 1. Представление задач диагностики в виде графа

Вершинами данного графа являются базовые функциональные блоки F_k^m , реализуемые посредством КЛБ, где m — порядковый номер КЛБ-вершины, а k — базовая арифметико-логическая функция, многократно перестраиваемая за счет программы и зависящая от характеристик КЛБ, т. е. используемого типа ПЛИС.

Дуга $x(m_i, m_{i+1}) \in X$ определяет направление и последовательность вычислительных операций внутри графа, или, иными словами, определяет алгоритм вычислений на основе базовых арифметико-логических функций реконфигурируемого вычислительного поля ПЛИС.

Характеристики функционального ресурса диагностического обеспечения в этом случае будут определяться в основном площадью реконфигурируемого вычислительного поля, а также функциональными и коммутационными возможностями КЛБ, что будет зависеть опять же от параметров выбранной ПЛИС.

Помимо вышесказанного, использование РВС позволит осуществлять проведение диагностики некоторых элементов бортовых систем КА методом дублирования, создавая при этом дублирующие элементы непосредственно в СКД.

На рисунке 2 показан пример реализации диагностического алгоритма методом дублирования с помощью базовых логических элементов: «Исключающее ИЛИ» и «ИЛИ».

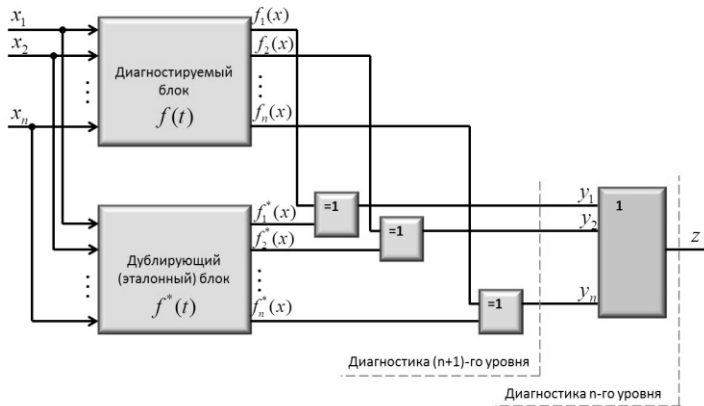


Рисунок 2. К принципу диагностики методом дублирования

Диагностика блока, нормальное функционирование которого описывается набором функций $f_i(x), x = \overline{1, n}$, осуществляется с помощью дублирующего (эталонного) блока, характеристики которого аналогичны диагностируемому и описываются набором функций $f_i^*(x), x = \overline{1, n}$, где i — номер канала тестирования.

При подаче на входы диагностируемого и дублирующего блока тестовый сигнал $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, на выходе диагностируемого блока, при его исправном состоянии ожидается получение тех же откликов, что и в дублирующем, т. е.

$$f_i(x) = f_i^*(x), i = \overline{1, n}.$$

С помощью логических элементов «Исключающее ИЛИ» реализуется операция сложения по модулю два функций откликов диагностируемого и дублирующего блока, т. е.

$$y_i = f_i(x) \oplus f_i^*(x), i = \overline{1, n},$$

где y_i — выходное значение сигнала на i -ом элементе «Исключающее ИЛИ».

В случае поступления на вход логического элемента «Исключающее ИЛИ» разных функций от диагностируемого и дублирующего блоков, т. е.

$$f_i(x) \neq f_i^*(x), i = \overline{1, n},$$

на его выходе сформируется логическая единица, что будет свидетельствовать от неисправности диагностируемого блока на его $(n+1)$ - ом диагностическом уровне.

Здесь на логическом элементе «ИЛИ» реализуется функция общей оценки состояния Z диагностируемого блока $f(x)$, которая может принимать только два значения: «0» или «1». Состояние диагностируемого блока можно описать с помощью функции Z следующим образом:

$$Z = y_1 \vee y_2 \vee \dots \vee y_n = \begin{cases} 0, (f(x) - \text{исправно}); \\ 1, (f(x) - \text{неисправно}), \end{cases}$$

где y_1, y_2, \dots, y_n - сигналы на выходах логических элементов «Исключающее ИЛИ» в каждом из каналов тестирования.

Показанный пример иллюстрирует проявление двух уровней диагностики следующим образом.

Первый диагностический уровень достигается с помощью функции Z , показывающей нам общее состояние диагностируемой системы, т. е. сам факт наличия или отсутствия в ней неисправностей. Повышение же диагностического уровня на единицу позволяет нам локализовать неисправность до конкретного функционального участка (i -го канала) диагностируемого блока.

Самым важным свойством РВС, применительно к данному примеру, является то, что дублирующий блок со всеми его функциями, не говоря уже о логических элементах «Исключающее ИЛИ» и «ИЛИ», мы можем реализовать с помощью одной только РВС непосредственно в бортовой СКД.

На рисунке 3 показан пример условного распределения реконфигурируемого вычислительного поля на три части для СКД, реализуемой посредством РВС.

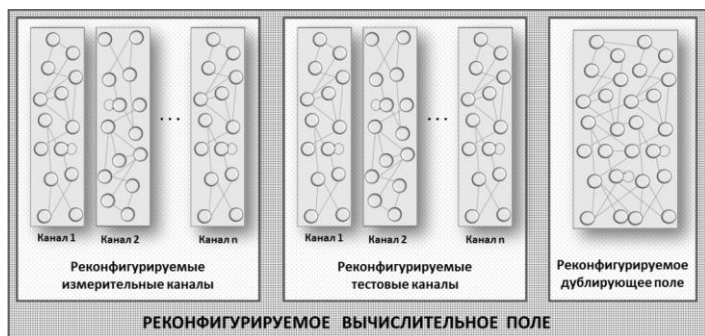


Рисунок 3. Распределение диагностических задач в реконфигурируемом вычислительном поле

Первая часть отведена для измерительных каналов, каждый из которых требует самостоятельного алгоритма опроса контрольных точек диагностируемой бортовой аппаратуры.

Во второй части поля формируются независимые тестовые сигналы, посредством которых осуществляется тестирование и проверка функционирования служебной и целевой аппаратуры КА.

Третья часть представляет собой реконфигурируемое дублирующее поле, за счет которого можно формировать необходимые аппаратные устройства для дублирования, а значит, и восстанавливать некоторые вышедшие из строя элементы аппаратуры КА. Безусловно, данные возможности реконфигурируемой СКД должны определяться еще и уровнем контролепригодности диагностируемой аппаратуры.

Т. о., каждый из участков реконфигурируемого вычислительного поля может кардинальным образом менять свою конфигурацию, меняя, тем самым, диагностические модели СКД и являясь, в свою очередь, мощным вычислительным инструментом, предназначенным для поиска неисправностей с высокой степенью точности в бортовой аппаратуре КА.

Выводы:

1. Диагностическое обеспечение, построенное на базе РВС, позволяет перестраивать и создавать новые диагностические модели, используя один и тот же вычислительный ресурс СКД;

2. РВС позволяют осуществлять диагностику сложных элементов бортовых систем КА методом дублирования, создавая необходимую дублирующую аппаратуру непосредственно на борту КА.

3. Свойства РВС в диагностическом обеспечении КА можно использовать для восстановления отдельных элементов бортовой аппаратуры, если это заранее предусматривать в аппаратно-программном построении функциональной части бортовых систем.

Список литературы:

1. Алексеев А.А., Кораблев Ю.А., Шестопалов М.Ю. Идентификация и диагностика систем. М.: Издательский центр «Академия», 2009. — 352 с.
2. Бровкин А.Г., Бурдыгов Б.Г., Гордийко С.В. и др. Бортовые системы управления космическими аппаратами. /Под ред. проф. А.С. Сырова М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2010. — 304 с.
3. Глущенко П.В. Техническая диагностика: Моделирование в диагностировании и прогнозировании состояния технических объектов. М.: Вузовская книга, 2004. — 248 с.
4. Евреинов Э.В. Однородные вычислительные системы, структуры и среды. М.: Радио и связь, 1981. — 208 с.
5. Евреинов Э.В., Хорошевский В.Г. Однородные вычислительные системы. Новосибирск: Наука, 1978.
6. Каляев А.В. Многопроцессорные системы с программируемой архитектурой. М.: Радио и связь, 1984, — 240 с.
7. Каляев И.А., Левин И.И., Семерников Е.А., Шмойлов В.И. Реконфигурируемые мультиконвейерные вычислительные структуры /Изд. 2-е, перераб. и доп. / Под общ. Ред. И.А. Каляева. Ростов-н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2009. — 344 с.
8. Прангишвили И.В., Абрамова Н.А., Бабичева Б.В., Игнатушенко В.В. Микроэлектроника и однородные структуры для построения логических и вычислительных устройств. М.: Наука, 1967. — 228 с.

ВЛИЯНИЕ УГЛА РАСКРЫТИЯ КОНИЧЕСКОГО СОПЛА И ЕГО РАЗМЕРА НА ТЯГУ ЛАЗЕРНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Сочнев Александр Владимирович

аспирант

*кафедры реактивные двигатели и энергетические установки
Казанского национального исследовательского технического
университета, ассистент кафедры технологического оборудования
медицинской и легкой промышленности Казанского национального
исследовательского технологического университета,*

РФ, г. Казань

E-mail: sochnev.aleksandr@inbox.ru

THE INFLUENCE OF THE OPENING ANGLE OF THE CONICAL NOZZLE AND SIZE FOR THRUST LASER ROCKET ENGINE

Sochnev Aleksandr

*Postgraduate department of jet engines and power plants
of Kazan National Research Technical University, assistant
of the department of technological equipment medical and light industry
Kazan National Research Technological University,
Russia, Kazan*

АННОТАЦИЯ

В данной работе представлены результаты полного факторного эксперимент типа 2^K по измерению тяги конического сопла импульсного лазерного ракетного двигателя. Изучалось одновременное влияние угла раскрытия конического сопла и его размера на тягу в атмосфере. Показано преимущественное влияние угла раскрытия конического сопла.

ABSTRACT

This paper presents the results of the full factorial experiment type 2^K to measure the thrust of conical nozzle pulsed laser rocket engine. We investigated the simultaneous influence of the opening angle of the conical nozzle and size for thrust in the atmosphere. Significant effect the opening angle of the conical nozzle.

Ключевые слова: лазерный ракетный двигатель; тяга; коническое сопло; полный факторный эксперимент типа 2^K .

Keywords: laser rocket engine; thrust; conical nozzle; full factorial experiment type 2^K .

Введение

Для реализации лазерной реактивной тяги очень важно получить максимум тяги с каждого джоуля лазерной энергии. Делоне Н.Б. (младший) показал, что у металлов и диэлектриков есть оптимальная интенсивность лазерного излучения, в зависимости от их теплофизических свойств, и отклонение от нее приводит к увеличению затрачиваемой энергии на каждую единицу испаренного вещества [2]. Ученые из Японии получали тягу при помощи лазерной абляции фторопластовых порошков [6]. Их экспериментальные данные согласуются с зависимостью Н.Б. Делоне. В статье Бункина Ф.В., Прохорова А.М. оценен максимальный удельный импульс лазерного ракетного двигателя с испарительным механизмом тяги [1]. Он равен порядка 6000 м/с. Удельный импульс лазерного ракетного двигателя (ЛРД) на оптическом разряде может значительно превысить 10—15 тыс. м/с, причём с увеличением энергии в импульсе эффективность энерговыклада в оптический разряд только растет, достигая 75 % при энергии в импульсе 50 Дж и длительности импульса 10^{-6} с. При непрерывной работе ЛРД возникают сложности с непрерывным, устойчивым «горением» плазмы в камере [1]. Поэтому организовать рабочий процесс в импульсном ЛРД проще. В данной работе исследуются влияние геометрического размера сопла импульсного лазерного ракетного двигателя на величину тяги.

Экспериментальная часть

На рис. 1 показана схема экспериментальной установки. Исследовательский стенд работает следующим образом, лазерный луч фокусируется в линзе 5, попадает в основание исследуемой модели сопла экспериментального образца. Оптический пробой нагревает воздух, который расширяясь, создает тягу. Для увеличения чувствительности электрического динамометра экспериментальный образец соединен с тензодатчиком 1 через рычаг 3, который вращается на оси 2 через подшипник. Плечи рычага соотносятся как 1:5. Сигнал тензодатчика обрабатывается АЦП 4 и выводится на компьютер. На рис. 2 представлена схема экспериментального образца, который состоит из корпуса камеры 3, внутри которой находятся сменные сопла. Линза 1 выставляется так, чтобы лазерный луч 2 фокусировался и образовывал оптический разряд в 2..3 мм от стенки. Производился

замер постоянной тяги при частоте работы лазера 20 Гц, энергии в одном импульсе 0,35 Дж, продолжительность импульса 10 нс.

Для полного факторного эксперимента данного типа общее число испытаний по двум факторам составит: $N = 2^2 = 4$.

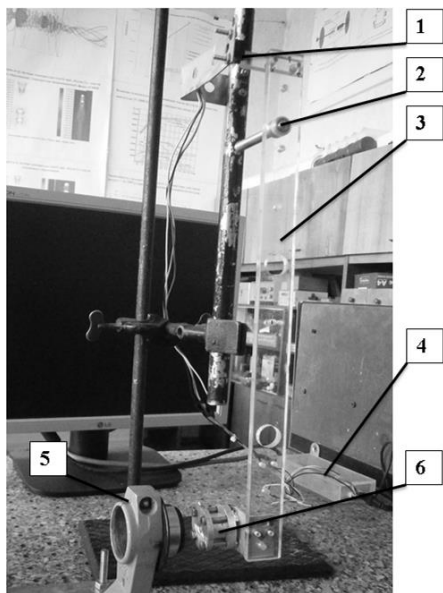


Рисунок 1. Общий вид исследовательского стенда:
1 — тензодатчик, 2 — ось вращения, 3 — рычаг, 4 — аналого-цифровой преобразователь, 5 — держатель фокусирующей линзы, 6 — экспериментальная модель

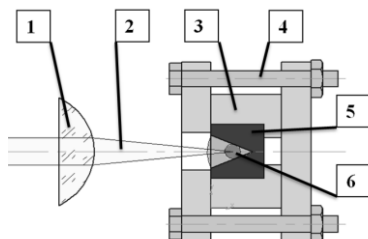


Рисунок 2. Схема экспериментального образца: *1 — линза, 2 — лазерный луч, 3 — корпус камеры, 4 — стягивающие болты, 5 — сменные модели сопел, 6 — оптический разряд*

Для полного факторного эксперимента с учетом эффекта взаимодействия модель матрицы будет выглядеть следующим образом:

$$y = b_0x_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 \quad (1)$$

Фактор x_1 — диаметр выходного сечения сопла, фактор x_2 — угол полураствора сопла (при угол полураствора сопла 0° имеем цилиндр). Было произведено 30 замеров. Полученные экспериментальные данные представлены в табл.1

Таблица 1.

Экспериментальные данные

номер опыта	фактор x_1 , мм	фактор x_2 , градусы	тяга экспериментального образца, мН	σ , среднеквадратическое отклонение	доверительный интервал, мН (при 90 % вероятности)
1	3 (-1)	0 (-1)	2,24	0,234	0,479
2	9 (+1)	0 (-1)	2,45	0,212	0,433
3	3 (-1)	12 (+1)	1,93	0,256	0,523
4	9 (+1)	32,5 (+1)	3,83	0,244	0,499

Используя данные таблицы 1 находим по следующие коэффициенты [3]:

$$b_0 = 2,61, b_1 = 0,53, b_2 = 0,27, b_{12} = 0,42;$$

Тогда уравнение (1) будет иметь следующий вид:

$$y = 2,61 + 0,53 \cdot x_1 + 0,27 \cdot x_2 + 0,42 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (2)$$

Оценим ошибку воспроизводимости опыта по критерию Кохрена. Для нашего случая критерий Кохрена $G=0,152$. Ближайшее меньшее табличное значение $G_T=0,2$ [4, с. 99], следовательно, дисперсии однородны и воспроизводимы. Принимается нулевая гипотеза о незначимости полученных коэффициентов и отсутствии влияния соответствующих им базисных функций на функцию отклика. Проверка гипотезы осуществляется с использованием t-критерия Стьюдента. Результаты проверки сведены в табл. 2.

Таблица 2.

Проверка значимости коэффициентов регрессии

коэффициент регрессии	<i>t</i> -критерий Стьюдента	Табличное значение	Значимость
b_0	12,324	1,98	значим
b_1	2,481	1,98	значим
b_2	1,260	1,98	условно значим
b_{12}	1,99	1,98	значим

Выводы

По полученному уравнению (2), в пределах экспериментальных варьирования факторов (табл. 1), можно сделать вывод о преимущественном влиянии угла полураствора сопла на величину тяги лазерного ракетного двигателя. Линейной математическая модель эксперимента может дать значительные отклонения при значениях факторов, выходящих за экспериментальную область. Поэтому имеет смысл построения более сложной модели эксперимента и широкой экспериментальной областью.

Список литературы:

1. Бункин Ф.В., Прохоров А.М. Использование лазерного источника энергии для создания реактивной тяги // Успехи физических наук — 1976 — Т. 119, — № 3. — С. 425—446.
2. Делоне Н.Б. Взаимодействие лазерного излучения с веществом: курс лекций: учеб. руководство. М.: Наука, 1989. — 280 с.
3. Любченко Е.А., Чуднова О.А. Планирование и организация эксперимента: учеб. пособие. Ч. 1. Владивосток: Изд-во ТГЭУ, 2010. — 156 с.
4. Радоуцкий В.Ю., Шульженко В.Н., Носатова Е.А. Основы научных исследований: учеб. пособие. Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. — 133 с.
5. Саттаров А.Г. Лазерный ракетный двигатель на основе непрерывного оптического разряда// Известия высших учебных заведений. Авиационная техника — 2008, — № 2 — С. 46—49.
6. Sasoh A., Ogita N., Sinkob J.E. Usage of polyacetal powders as laser ablation propulsion propellants // beamed energy propulsion: proc. of the 6th international symposium edited by C. Phipps, K. Komurasaki, J.Sinko. Scottsdale, Arizona, 2009 — P. 163—167.

СЕКЦИЯ 6.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

ОПТИМИЗАЦИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВРЕМЕННОЙ СХЕМЫ

Вотякова Ольга Николаевна

аспирант кафедры

*«Технологии и организации строительного производства»
Московского государственного строительного университета,*

РФ, г. Москва

E-mail: votyakovaolga@mail.ru

OPTIMIZATION OF ORGANIZATIONAL- TECHNOLOGICAL SOLUTIONS USED FOR RECONSTRUCTION OF POWER LINES USING A TEMPORARY SCHEMES

Votyakova Olga

graduate student

*of "Technology and building organization of production"
of the Moscow State University of Civil Engineering,*

Russia, Moscow

АННОТАЦИЯ

Рассмотрена технологическая последовательность реконструкции участка линии электропередач с использованием временной схемы.

ABSTRACT

We consider the sequence of process reconstruction of power lines using a temporary scheme.

Ключевые слова: временная схема; реконструкция участка; технологическая последовательность.

Keywords: short circuit; reconstruction of the section; technological sequence.

Процесс реконструкции линий электропередач 110 кВ и выше является достаточно сложной задачей в современных условиях.

Сложность заключается в том, что переустройство линий электропередач происходит зачастую в сложившихся стесненных условиях городов, посёлков, где присутствует огромное количество существующих коммуникаций и жилых строений. Так в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 24 февраля 2009 г. № 160 [2] охранная зона линий электропередач 110 кВ составляет 20 м от крайнего провода, при этом в данной зоне запрещается размещение жилых зданий, детских и спортивных площадок, стадионов, рынков, гаражей и автостоянок.

Увеличение срока реализации проекта происходит также за счёт продолжительного периода согласования проектных решений. Пересечение трассы воздушной линии с такими магистралями как МКАД (Московская кольцевая автодорога), Варшавское шоссе в г. Москве требует проработки и согласования решений по интервальной остановке транспорта в период подвеса провода на линии.

Особые требования к проектным решениям и технологии производства работ по реконструкции воздушных линий (ВЛ) предъявляются в зонах особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Проектная документация проходит обязательную экологическую экспертизу с расчётом ущерба животному и растительному миру таких территорий.

Невозможность согласования акта выбора трассы в связи с отказом собственников земельных участков также увеличивает период реализации проекта.

Возникновение технологических перерывов в период проведения работ по реконструкции в связи с отказом эксплуатирующих организаций предоставить периоды отключений также увеличивает общую продолжительность переустройства линий.

Проблема длительных отключений существующих линий электропередач может быть решена за счёт использования временных схем.

Сущность временной схемы заключается в том, что поэтапно осуществляется процесс переустройства существующей линии, при этом отключение требуется только на период подвеса провода.

- На первом этапе осуществляется устройство элементов временной схемы (устройство фундаментов, монтаж опор, провода);

- На втором этапе внедрение временной схемы в электро-снабжение линии и выведение из цепи реконструируемого участка;
- На третьем этапе проведение работ по демонтажу существующего участка и монтажу нового;
- На четвёртом этапе внедрение реконструируемого участка в общую линию;
- На пятом этапе демонтаж временной схемы.

Для общего понимания процесса работ по реконструкции линии электропередачи с использованием временной схемы на рисунке 1 представлена технологическая последовательность производство работ.

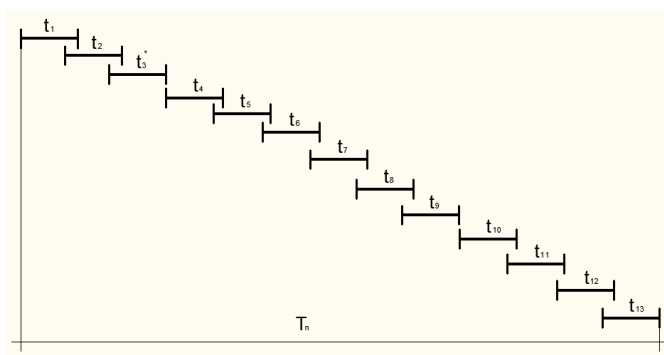


Рисунок 1. Технологическая последовательность выполнения реконструкции участка сети при выполнении работ с использованием временной схемы

где: $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7, t_8, t_9, t_{10}, t_{11}, t_{12}, t_{13}$ — продолжительность соответственно работ по устройству фундаментов опор временной схемы, монтажу опор временной схемы, демонтажу существующего провода, монтажу провода с предварительным снятием напряжения на линии, демонтажу существующих опор, фундаментов, а также работ по монтажу проектируемых фундаментов, установке опор, демонтажу провода временной схемы, подвеске провода по постоянной схеме, демонтажу опор временной схемы, демонтажу фундамента и благоустройству, дней;

При этом общая продолжительность реконструкции линии 110 кВ может быть выражена как [1]:

$$T_n = t_1 + t_2(1 - \delta) + t_3 + t_4(1 - \varepsilon) + t_5(1 - \eta) + \\ + t_6(1 - \beta) + t_7(1 - \gamma) + t_8(1 - \lambda) + t_9(1 - \theta) + \\ + t_{10}(1 - \kappa) + t_{11}(1 - \mu) + t_{12}(1 - \nu) + t_{13}(1 - \rho) \quad (1)$$

где: T_n — общая продолжительность реконструкции участка, дней;
 δ — коэффициент совмещения во времени работ по устройству фундаментов временной схемы и монтажу опор;
 ε — коэффициент совмещения во времени работ по демонтажу существующего провода и монтажу провода временной схемы;
 η — коэффициент совмещения во времени работ по демонтажу существующих опор и монтажу провода временной схемы;
 β — коэффициент совмещения во времени работ по демонтажу существующих опор и фундаментов;
 γ — коэффициент совмещения во времени работ по устройству проектируемых фундаментов и демонтажу существующих;
 λ — коэффициент совмещения во времени работ по установке опор и устройству фундаментов;
 θ — коэффициент совмещения во времени работ по демонтажу провода временной схемы и установке опор основной схемы;
 κ — коэффициент совмещения во времени работ по монтажу провода по постоянной схеме и демонтажу провода по временной схеме;
 μ — коэффициент совмещения во времени работ по демонтажу опор временной схемы и подвеске провода по постоянной схеме;
 ν — коэффициент совмещения во времени работ по демонтажу фундаментов временной схемы и демонтажу опор временной схемы;
 ρ — коэффициент совмещения во времени работ по благоустройству и демонтажу фундаментов временной схемы.
Значения коэффициентов совмещения вычисляются как:

$$\delta, \varepsilon, \eta, \beta, \gamma, \lambda, \theta, \kappa, \mu, \nu, \rho = \frac{t'_x - t_y}{t_z - t_y} \quad ; \quad (2)$$

где: t'_x — продолжительность предыдущей работы (дней);
 t_y — начало последующей работы (дней);
 t_z — окончание последующей работы (дней).

Список литературы:

1. Вотякова О.Н., Григорьев В.А. Основные направления оптимизации календарных планов //Потенциал современной науки. — 2014. — № 2. — с. 20—22.
2. Постановление Правительства РФ от 24 февраля 2009 г. № 160 «О порядке установления охранных зон объектов электросетевого хозяйства и особых условий использования земельных участков, расположенных в границах таких зон» (с изменениями и дополнениями). [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: <http://base.garant.ru/12165555/>. (дата обращения 13.10.2014).

СЕКЦИЯ 7.

СЕЛЬСКОЕ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АГРОИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ

ПОДГОТОВКА ПОЛЯ К ПОЛИВУ ПО ПОЛОСАМ

Высочкина Любовь Игоревна

канд. техн. наук,

*доцент кафедры «Процессы и машины в агробизнесе»
Ставропольский государственный аграрный университет,*

РФ, г. Ставрополь

E-mail: lubasha_vis_67@list.ru

FIELD PREPARATION FOR IRRIGATION ALONG THE STRIP

Vysochkina Lyubov

Ph.D.,

*associate professor of "Processes and machines in agribusiness"
Stavropol State Agrarian University,*

Russia, Stavropol

АННОТАЦИЯ

Целью статьи является обоснование объема выполняемых работ при подготовке поля к поливу по полосам. Автором приводится расчет объема земляных работ на выполнение планировки поверхности поля, позволяющий минимизировать объем перемещаемого грунта.

ABSTRACT

The aim of the article is to validate the amount of work at the sub-field preparation for irrigation of the bands. The author provides a calculation of volume of earth-tion work on the implementation of planning surface of the field, allowing mini-mize the amount of transported soil.

Ключевые слова: планировка поля; объем срезки; уклон; грунт; водоудерживающий валик.

Keywords: field leveling; cutting volume; slope; soil; water-retaining roller.

Одним из распространенных способов полива в мире, имеющий такой существенный недостаток, как неравномерность увлажнения почвы, остается поверхностный полив по бороздам. Для устранения этого недостатка или существенного его снижения необходимо тщательно подготовить поле. Основными технологическими операциями для подготовки поля к поливу по полосам являются планировка поля и нарезка водоудерживающих валиков.

При проектировании планировочных работ существенное значение с точки зрения энергоемкости процесса имеет глубина срезки почвы. Глубокие срезки почвы приводят не только к удорожанию работ и увеличению объема, но и оказывают вредное влияние на развитие и урожайность зерновых культур и трав снижается с увеличением глубины срезки различных почв следующим образом: при срезках в 10 см урожай колеблется в пределах 67—92 % контроля; при срезках в 20 см урожай составляет 34—69 % контроля и при срезках в 30 см — 20—44 % [1; 2].

Выполнение планировочных работ занимает примерно 50% общего объема земляных работ в мелиорации, частности в орошаемом земледелии. Отсюда, правильный расчет объемов земляных работ позволит выбрать наиболее простые, экономичные и точные способы планировки, подобрать всё необходимое для этого оборудование. От точности расчетов объемов земли в значительной степени зависит стоимость всей оросительной системы в целом. Правильный расчет объемов планировочных работ имеет значение и для нормирования труда, а также заработной платы механизаторов, занятых в мелиоративном строительстве.

В практике подсчетов объемов используют различные приближенные способы, так как сложные формы рельефа земной поверхности не позволяют точно подсчитать объемы земли, топографическую поверхность нельзя выразить строгой математической формулой.

Самым экономичным по затратам времени является способ суммирования рабочих отметок центров тяжести квадратов. Он выгоднее способа квадратных призм для спокойного микрорельефа в два раза, для сложного микрорельефа в 2,5 раза. Он также значительно экономичнее способа горизонтальных пластов — для спокойного микрорельефа в 3,5 раза, для сложного микрорельефа в 4,2 раза. Объем земли по этому способу находим по формуле

$$V = a^2 \sum H_{ц}, \quad (1)$$

где: $\sum H_{ц}$ — сумма рабочих отметок центров тяжести квадратов.

В большинстве методик проектирования планировочных работ первым шагом является нахождение средних уклонов естественной поверхности участка. Для этой цели сначала вычисляют разности отметок крайних точек по створам продольного и поперечного направлений.

$$i_{0_{пр}} = \frac{\sum H_{l_{пр}} - \sum H_{k_{пр}}}{\sum l}; \quad (2)$$

$$i_{0_{пп}} = \frac{\sum H_{l_{пп}} - \sum H_{k_{пп}}}{\sum l}. \quad (3)$$

После этого путем регрессии находят оптимальные уклоны. Вторым шагом является вычисление объема срезки для данного уклона поля. Объем срезки может соответствовать или не соответствовать минимальному в этом проекте, так как объем срезки не сразу оптимизируется.

При проектировании планировки почвы должны быть решены следующие зависимости: начальная функция; способность к оптимизации в обоих направлениях уклонов; ограничение.

Начальной функцией является минимум объема срезок

$$f(i_{пр}, i_{пп}, Z), \quad (4)$$

где: $i_{пр}, i_{пп}$ — уклоны вдоль и поперек поля соответственно;

Z — отношение срезки к насыпи.

Ограничением являются верхняя и нижняя граница уклона и отношение срезки к насыпи.

$$i_{\min} \leq i_i \leq i_{\max}; \quad (5)$$

$$i_{\min} = \frac{4 \cdot i_{ср}}{3 + \frac{i_{\max}}{i_{\min}}} \quad (6)$$

$$i_{\max} = 6 \cdot i_{\min} \quad (7)$$

Анализ литературных источников [3] показал, что при планировке территории со сложным микрорельефом происходит уплотнение как естественных, так и подсыпных грунтов в разной степени. Это приводит к неодинаковой осадке и, следовательно, к получению некачественной поверхности. Осадка поверхности подсыпного горизонта зависит от коэффициента уплотнения (отношение плотности скелета грунта после планировки к ее значению в естественном состоянии). Для типа почвы "Изобильненского" ОПХ Ставропольского края (где проводились опыты) выбираем

$$z = \frac{V_{\text{срез}}}{V_{\text{нас}}} = 1,2 \quad (8)$$

Процесс оптимизации заключается в следующем:

Для заданных начальных колебаний уклонов ($i_{0\text{пр}}$, $i_{0\text{пн}}$) поля, градиент начальной функции равен:

$$\frac{\partial V}{\partial i_{0\text{пр}}} = \lim_{\Delta i_{0\text{пр}} \rightarrow 0} \frac{V(i_{0\text{пр}} + \Delta i_{0\text{пр}}; i_{0\text{пн}}) - V(i_{0\text{пр}}, i_{0\text{пн}})}{\Delta i_{0\text{пр}}}; \quad (9)$$

$$\frac{\partial V}{\partial i_{0\text{пн}}} = \lim_{\Delta i_{0\text{пн}} \rightarrow 0} \frac{V(i_{0\text{пр}}; i_{0\text{пн}} + \Delta i_{0\text{пн}}) - V(i_{0\text{пр}}, i_{0\text{пн}})}{\Delta i_{0\text{пн}}}, \quad (10)$$

где: $\Delta i_{0\text{пр}}$, $\Delta i_{0\text{пн}}$ — приращение уклонов;

V — объем срезки, м³/га.

Выбираем суммирующий фактор как малую величину так, чтобы объем срезки был подсчитан с приемлемой точностью

$$\lambda = \frac{1}{B}, \quad (11)$$

$$\text{где } B = \max \left| \frac{\partial V}{\partial i_{0\text{пр}}}, \left| \frac{\partial V}{\partial i_{0\text{пн}}} \right| \right|$$

Отсюда получаем значения уклонов в продольном и поперечном направлении

$$i_{\text{пр}} = i_{0_{\text{пр}}} + \lambda \frac{\partial V}{\partial i_{0_{\text{пр}}}} ; \quad (12)$$

$$i_{\text{пнп}} = i_{0_{\text{пнп}}} + \lambda \frac{\partial V}{\partial i_{0_{\text{пнп}}}} . \quad (13)$$

При малых приращениях независимых переменных полное приращение функции приближенно равно сумме ее частных приращений

$$dV \approx \frac{\partial V}{\partial i_{\text{пр}}} + \frac{\partial V}{\partial i_{\text{пнп}}} . \quad (14)$$

Отсюда целевая функция оптимизации уклона может быть представлена следующим уравнением

$$V = f \left(i_{0_{\text{пр}}} + \lambda \frac{\partial V}{\partial i_{\text{пр}}} ; i_{0_{\text{пнп}}} + \lambda \frac{\partial V}{\partial i_{\text{пнп}}} \right) . \quad (15)$$

Величина целевой функции на линии уклона вычисляется при повышении величины последовательно вплоть до значения, когда будет достигнут минимум. Практически это достигается, когда в вышеуказанном процессе различие между последующим объемом срезки и предыдущим — отрицательная величина ($i_{0_{\text{пр}}}$, $i_{0_{\text{пнп}}}$). Процесс повторяется до тех пор, пока минимум достигнет нулевого значения.

Вторым этапом подготовки поля является формирование водоудерживающих валиков.

Существуют различные конструкции машин [4; 5; 6], одним из которых является нарезка с помощью КЗУ-0,3Б; ПР-0,5; КПУ-2000А. Для другого способа формирования валиков используется машина свального типа, состоящая из двух отвалов, установленных таким образом, чтобы ширина захвата одного отвала была равна половине ширины полосы. В третьем случае используется полосообразователь развального типа и технология нарезки заключается в следующем: при нарезке полос полосообразователь передним углом

врезается в почву и перемещает грунт вдоль боковых досок и формирует два полувалика. Следующим проходом полосообразователь одной боковой доской идет по образованному полувалику, а вторым формирует новый полувалик с выравниванием новой полосы.

Одним из устройств для формирования водоудерживающего валика является выравниватель-планировщик [5], состоит из двух продольных балок, соединенных впереди под углом и планирующего бруса, представляющего собой сектор трубы с образующим углом 120° , с вырезанными разгрузочными окнами.

У каждого из существующих способов и устройств для их осуществления имеются свои преимущества, но для снижения энергозатрат на подготовку поля к поливу необходимым условием является то, что конструкция устройства должна обеспечивать следующие принципы:

- формирование валиков с одновременной планировкой полос;
- возможность формирования валиков различных размеров;
- получение оптимальной плотности почвы на валике и в полосе.

Таким образом, рационально обоснованный объем планировочных работ и подбор необходимого оборудования для выполнения выравнивания поверхности поля и формирования водоудерживающих валиков позволит сократить затраты труда, энергии и не нанести экологический ущерб от выполняемых механизированных работ.

Список литературы:

1. Высочкина Л.И. Разработка способов и технических средств перевода оросительных систем с дождевания на поверхностный полив [Текст]: автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук:05.20.01/Л.И. Высочкина. Нальчик, 2000. — 21 с.: ил.
2. Высочкина Л.И. Современное состояние и развитие механизации поверхностного полива / Механизация и электрификация сельского хозяйства. — 2007. — № 7, — С. 8—9.
3. Салимов Т.О. Баланс земляных работ при планировке орошаемых земель со сложным микрорельефом // Перспективные технологии строительства и эксплуатации мелиоративных систем: Сб. науч. тр. М.: ВО Агропромиздат, 1990. — С. 90—94.
4. Пат. № 2136127 Российская Федерация, МКИЗ А01В13/16. Валикообразователь [Текст] /заявители и патентообладатели: Высочкина Л.И., Кокурин И.С., Малюченко Б.В. № 98111541/13; заявл. 08.06.98; опубл. 10.09.99, Бюл. № 6; — 6 с.; ил.

5. Пат. 2430497 Российская Федерация, МПК А01В 13/16. Полосообразователь-выравниватель [Текст] / заявители и патенто-обладатели: Высочкина Л.И., Кокурин И.С., Малюченко Б.В. № 2010105586/21; заявл. 16.02.10; опубл. 10.10.2011, Бюл. № 28. — 3 с.; ил.
6. Патент на полезную модель 108911 РФ, МПК7 А01G25/00. Устройство для нарезания водопоглощающих щелей / Л.И. Высочкина, И.С. Кокурин (Россия). № 2011113098/13; Заявлено 05.04.2011; Опубл. 10.10.2011, Бюл. № 28. — 4 с.: ил.

ГРЕБНЕВАЯ СЕЯЛКА-КУЛЬТИВАТОР

Курдюмов Владимир Иванович

*д-р техн. наук, профессор,
ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина»,
РФ, г. Ульяновск
E-mail: vik@ugsha.ru*

Зыкин Евгений Сергеевич

*канд. техн. наук, доцент,
ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина»,
РФ, г. Ульяновск*

Шаронов Иван Александрович

*канд. техн. наук, доцент,
ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина»,
РФ, г. Ульяновск*

Татаров Григорий Львович

*аспирант,
ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина»,
РФ, г. Ульяновск
E-mail: tatarovgl@gmail.com*

Мартынов Виталий Владимирович

*студент,
ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина»,
РФ, г. Ульяновск*

RAISED BED PLANTER-CULTIVATOR

Kurdiumov Vladimir

*professor,
"Ulyanovsk State Agricultural Academy in the name of P.A. Stolypin",
Russia, Ulyanovsk*

Zykin Evgueni

*Ph.D., Associate Professor,
"Ulyanovsk State Agricultural in the name of P.A. Stolypin",
Russia, Ulyanovsk*

Sharon Ivan

*Ph.D., Associate Professor,
"Ulyanovsk State Agricultural in the name of P.A. Stolypin",
Russia, Ulyanovsk*

Tatars Gregory

*postgraduate
"Ulyanovsk State Agricultural in the name of P.A. Stolypin",
Russia, Ulyanovsk*

Vitali Martynov

*student
"Ulyanovsk State Agricultural in the name of P.A. Stolypin",
Russia, Ulyanovsk*

Работа выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых — кандидатов наук МК-1955.2014.8

АННОТАЦИЯ

В настоящее время активно ведется разработка новых способов посева и совершенствование существующих. Наибольший интерес ученые всего мира проявляют к гребневому способу возделывания, так как он открывает широкие возможности возделывания сельскохозяйственных культур и позволяет максимально использовать их потенциал.

ABSTRACT

Currently being actively developed new ways of planting and improving existing ones. The most interesting scientists around the world are growing in raised bed method, as it opens up opportunities cropping and allows maximum use of their potential.

Ключевые слова: посев; ресурсосбережение; пропашные культуры; гребень.

Keywords: planting; resource; row crops; comb.

Гребневая технология возделывания сельскохозяйственных культур является одной из наиболее перспективных. Ее преимущества: получение стабильных высоких урожаев, возможность раннего посева, уменьшение потерь урожая при уборке, сокращение эксплуатационных затрат и расходов на гербициды. На сегодняшний день создано огромное количество средств механизации гребневого посева, которые, несмотря на их многочисленные достоинства, имеют и недостатки: неравномерность высева, некачественное формирование семенного ложа и гребней и другие. Поэтому задача разработки сеялки для пропашных культур, обеспечивающей полное выполнение агротехнических требований к посеву, является важной и актуальной.

Для осуществления гребневой технологии посева А.Ф. Кислов, В.А. Пресняков и А.Н. Кочешков [7] разработали сеялку-культиватор (рисунок 1). Для образования семенного ложа у нее служит каток-ложеобразователь 7, а заделку семян почвой осуществляют сферические диски 11 и загортачи 12, выравнивающие верхнее основание гребня почвы.

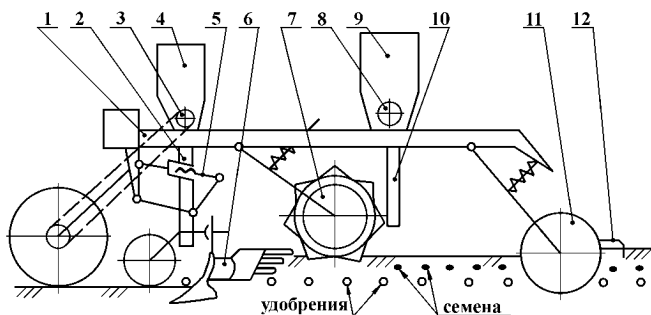


Рисунок 1. Гребневая сеялка-культиватор: 1 — рама; 2 — тукопровод; 3, 8 — высевальные аппараты; 4 — туковый бункер; 5 — параллелограммный механизм; 6 — окучник-гребнеобразователь; 7 — ложеобразующий каток; 9 — семенной бункер; 10 — семяпровод; 11 — сферический диск; 12 — загортач

В конструкции этой сеялки отсутствуют устройства для прикатывания всей поверхности гребня почвы, что может привести к его разрушению и к уменьшению глубины заделки семян. К другим недостаткам можно отнести неравномерное распределение семян по глубине заделки и необходимость использования катка-ложеобразователя с различным числом выступов при возделывании культур с разной нормой высева.

При осуществлении предложенного Салдаевым А.М. и др. [8] широкорядного гребневого посева используют гребневую сеялку-культиватор, оснащенную дополнительными гребнеобразователями, которые смещают почву из междурядий к центру рядка, образуя над ним гребень почвы. Затем гребень почвы прикатывают уплотняющим и катками. Данный способ и устройство обеспечивают качественную заделку семян в почву. Однако уплотняющий каток воздействует только на вершину гребня, в результате чего гребень постепенно разрушается, осыпаясь с боков.

Известен гребневой способ посева зерновых культур (рисунок 2), при котором семена высевают в гребни с расстоянием между рядками 7...8 см. Однако конструкция катков сеялки, разработанной для реализации этого способа в Кыргызском аграрном университете, не позволяет формировать гребни различной геометрической формы.

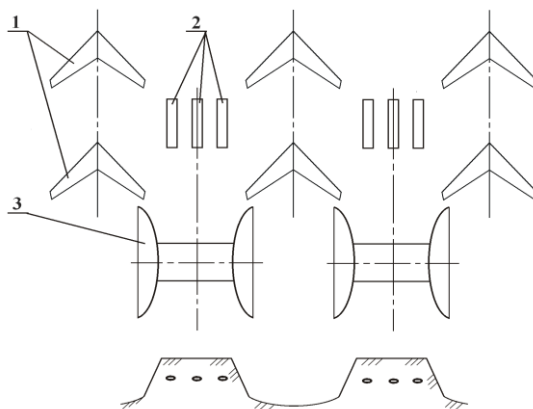


Рисунок 2. Технологическая схема сеялки для гребневого посева:
1 — окучники-гребнеобразователи; 2 — сошники; 3 — каток

С целью улучшения водно-воздушного режима почвы и борьбы с водной и ветровой эрозией А.В. Полупудновым, В.В. Мальцевым и Н.Д. Лыхенко [1] разработана сеялка с сошниками в виде стрелчатой лапы, расположенными в шахматном порядке. Катки, расположенные за сошниками выполнены с клинообразными сегментами для нарезки щелей, в которую стекают дождевые воды. Однако наличие этих щелей ухудшает прогревание почвы и замедляет прорастание семян.

На основе анализа гребневых технологий возделывания пропашных культур и средств механизации для их осуществления выявлено, что наиболее перспективной технологией является посев с одновременным формированием гребней комбинированным агрегатом. Однако существующие средства механизации такого посева имеют сложные технические решения, что ограничивает их применение, а также. ряд средств механизации не обеспечивают требуемого качества посева и формирования гребня, требуют применения гербицидов, что наносит существенный вред окружающей среде.

Для исключения указанных выше недостатков нами разработана гребневая сеялка-культиватор [2—6] (рисунок 3). Она позволяет за один проход выполнить предпосевную культивацию, образование влажного уплотненного ложа, высев семян и удобрений, образование бугорка почвы над высеянными семенами и окончательное формирование гребня почвы с одновременным его прикатыванием. Сеялка оборудована сошником для двухуровневого высева семян и удобрений. Следующие за сошником окучники сдвигают почву из междурядий, присыпая

семена рыхлым слоем почвы, образуя гребень высотой 6...8 см. Затем каток-гребнеобразователь формирует и прикатывает почву в гребне, улучшая контакт семян с почвой.

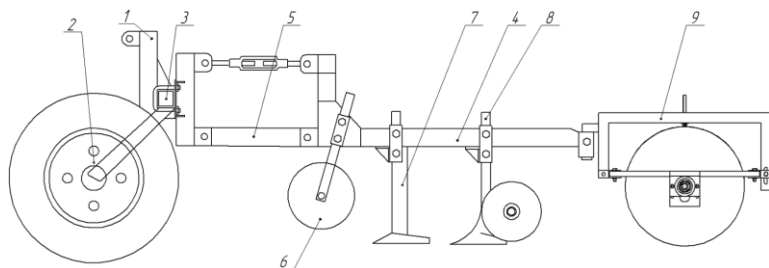


Рисунок 3 - Схема гребневой сеялки-культиватора: 1 — сеялка; 2 — приводное колесо; 3 — рама; 4 — секция; 5 — параллелограммный механизм; 6 — копирующее колесо; 7 — сошник двухуровневого высева семян и удобрений; 8 — орудники; 9 — каток-гребнеобразователь

Применение разработанной сеялки-культиватора позволяет повысить урожайность пропашных культур до 30 % и снизить эксплуатационные затраты до 40 %. Экономический эффект от внедрения сеялки достигает 5000 руб. на 1 га посева.

Список литературы:

1. А.с. SU № 873923. Сеялка / А.В. Полупуднов, В.В. Мальцев, Н.Д. Лыхенко. Опубл. 23.10.1981; Бюл. № 39.
2. Курдюмов В.И. Новый рабочий орган культиватора / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, И.А. Шаронов // Сельский механизатор. — 2012. — № 11. — С. 12.
3. Курдюмов В.И. К обоснованию расположения оси колец катка-гребнеобразователя / В.И. Курдюмов, И.А. Шаронов // Нива Поволжья. — 2010. — № 1(14). — С. 49—54.
4. Курдюмов В.И. Обоснование режимов работы катка-гребнеобразователя / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин // Нива Поволжья. — 2010. — № 1(14). — С. 44—49.
5. Курдюмов В.И. Экспериментальное исследование гребневой сеялки, оснащенной комбинированными сошниками / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, И.А. Шаронов, Бирюков И.В. // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. — 2012. — № 11. — С. 55—60.

6. Курдюмов В.И., Зыкин Е.С., Татаров Г.Л. Каток-гребнеобразователь // Патент на полезную модель № 129330. 2013. Бюл. № 18 от 27.06.2013.
7. Пат. RU № 2162628. Гребневая сеялка-культиватор / А.Ф. Кислов, В.А. Пресняков, А.Н. Кочешков; Оpubл. 10.02.2001; Бюл. № 8.
8. Пат. RU № 2086087. Способ посева и устройство для его осуществления / А.М. Салдаев, Ж.В. Кружилина, В.И. Пындак; Оpubл. 10.08.1997; Бюл. № 29.

СЕКЦИЯ 8.

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ ФИЛЬТРУЮЩЕ-СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Генис Александр Викторович

*д-р техн. наук,
заместитель директора по научной работе, Всероссийский
научно-исследовательский институт синтетического волокна,
РФ, г. Тверь*

E-mail: kuznetsov.vniisv@mail.ru

Синдеев Анатолий Алексеевич

*заведующий научно-производственным отделением
нетканых материалов, Всероссийский
научно-исследовательский институт синтетического волокна,
РФ, г. Тверь*

E-mail: kuznetsov.vniisv@mail.ru

Кузнецов Александр Владимирович

*ведущий научный сотрудник
сектора наполненных нетканых материалов, Всероссийский
научно-исследовательский институт синтетического волокна,
РФ, г. Тверь*

E-mail: kuznetsov.vniisv@mail.ru

Идиатулов Рафет Кутузович

*заведующий сектором наполненных нетканых материалов,
Всероссийский научно-исследовательский
институт синтетического волокна,
РФ, г. Тверь*

E-mail: kuznetsov.vniisv@mail.ru

STUDY OF PROTECTIVE PROPERTIES OF COMPOSITE FILTERING-SORPTION MATERIALS

Alexander Genis

*doctor of Sciences, Deputy Director for Science,
All-Russian Scientific Research Institute of Synthetic Fiber,
Russia, Tver*

Anatoly Sindeev

*head science-production department nonwovens,
All-Russian Scientific Research Institute of Synthetic Fiber,
Russia, Tver*

Alexander Kuznetsov

*leading Researcher sector filled nonwovens,
All-Russian Scientific Research Institute of Synthetic Fiber,
Russia, Tver*

Rafet Idiatulov

*head of Sector filled nonwovens,
All-Russian Scientific Research Institute of Synthetic Fiber,
Russia, Tver*

АННОТАЦИЯ

Целью данного исследования является оценка защитных свойств инновационных композиционных фильтрующе-сорбционных материалов, полученных способом аэродинамического формования. Для оценки защитных свойств таких материалов было проведено тестирование, применяемое для определения показателей качества средств индивидуальной защиты органов дыхания и кожи. Показана высокая эффективность использования данных видов фильтрующе-сорбционных материалов, что позволяет применять их в указанной области.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the protective properties of innovative composite filtering-sorption materials prepared by the method of aerodynamic forming. To evaluate the protective properties of these materials were tested, used for the determination of quality personal protective equipment respiratory system and skin. The high efficiency of the use of these types of filtering-sorption materials, which allows their use in this area.

Ключевые слова: ультратонкий полипропилен; угленасыщенный материал; композиционный материал; аэродинамическое формование.

Keywords: ultra-thin polypropylene; charcoal containing material; composite material; aerodynamic forming.

Для создания новых более совершенных средств защиты человека от воздействия вредных факторов окружающей среды необходимы современные технологии и материалы. К последним могут быть отнесены волокнистые фильтрующе-сорбционные нетканые материалы, полученные способом аэродинамического формования из полимерных расплавов и растворов.

Среди многообразия способов получения нетканых материалов наиболее перспективным по своим технико-экономическим показателям является аэродинамический способ формования волокнистых материалов из расплавов и растворов полимеров. Преимущество этого способа состоит в возможности объединения операций формования и вытягивания элементарных нитей, сокращение трудоемких технологических стадий и переходов при переработке волокон и холстообразований и, наконец, в возможности формирования готовых изделий [3, с. 63].

Принципиальная схема формования аэродинамическим способом, включающая основные стадии получения нетканых материалов из расплавов и растворов различных полимеров, приведена на рисунке 1 [5, с. 47].

Полученные способом аэродинамического формования нетканые материалы могут быть использованы в качестве фильтрующих и сорбционных материалов за счёт большой площади поверхности и высокой пористости. Формование растворов сополимера акрилонитрила (СПАН) или полиуретана (ПУ), содержащих в качестве наполнителя активированный уголь, даёт возможность дополнительно получать материалы с высокой сорбционной активностью, а полученный из расплава полипропиленовый нетканый материал (ППНМ), состоящий из тонких и ультратонких волокон, позволяет использовать его в качестве высокоэффективного фильтрующего материала.



Рисунок 1. Принципиальная схема способа аэродинамического формования из полимерных расплавов и растворов

За счёт комбинации нетканых материалов на основе СПАН, ПУ и ППНМ были получены новые композиционные материалы, сочетающие в себе фильтрующие и сорбционные свойства.

Композиционный фильтрующе-сорбционный пакет представляет собой два и более склеенных между собой слоёв нетканого материала (рисунок 2) [6, с. 165]. Снаружи в качестве подкладочного материала используется дублерин, необходимый для усиления полученного композиционного материала и его драпируемости. Материалы используемые в качестве слоёв и их характеристики приведены в таблице 1.

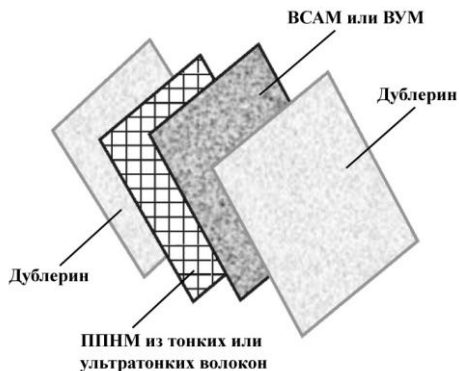


Рисунок 2. Схема пакета композиционного фильтрующе-сорбционного материала

Для придания новому композиционному материалу высоких сорбционных свойств использовался слой волокнистого сорбционно-активного материала (ВСАМ) на основе СПАН, либо волокнистый угленаполненный материал (ВУМ) на основе СПАН и ПУ. Последний применяется в качестве эластомерной добавки для улучшения физико-механических свойств нетканого холста. Оба этих материала являются угленаполненными с содержанием активированного угля порядка 50% от массы. Фильтрующие свойства композиционному материалу придаёт полипропиленовый нетканый материал (ППНМ) состоящий из тонких и ультратонких волокон.

Таблица 1.

Характеристики материалов входящих в состав пакетов

№ образца	Состав и тип образца	Поверхностная плотность, г/м ²	Толщина образца, мм	Воздухопроницаемость, дм ³ /(м ² ·сек)	Сопротивление воздушному потоку, Па	Диаметр волокон, мкм
1	ВСАМ (СПАН+уголь исходный)	300±30	2,7±0,3	210±30	3,7±0,3	40—45
2	ВСАМ (СПАН+уголь молотый)	300±30	2,85±0,3	120±18	6,1±0,6	20—25
3	ВСАМ (СПАН+уголь исходный)	200±20	1,7±0,2	340±51	2,0±0,2	40—45

4	ВУМ (ПУ+СПАН+ уголь молотый)	120±12	0,7±0,0 7	380±57	2,0±0,2	—
5	ВУМ (ПУ+СПАН+ уголь исходный)	120±12	0,6±0,0 6	310±46	2,5±0,25	—
6	ППНМ (каландрированн ый)	44,6	0,9	53	13	2,6— 7,8
7	ППНМ (некаландрирова нный)	44,6	0,2	170	4	2,6— 7,8
8	Дублерин	66	0,2	2268	—	—
9	ППНМ (ультратонкий)	200— 200	0,03— 0,1	15—1500	3,0—6,0	0,5— 2,0

Задачей данного исследования является оценка защитных свойств композиционных фильтрующе-сорбционных материалов, полученных способом аэродинамического формования. Для оценки защитных свойств таких композиционных материалов могут быть использованы методы, применяемые для определения показателей качества средств индивидуальной защиты (СИЗ).

На основании классификации СИЗ данные материалы могут применяться в средствах индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) и средствах индивидуальной защиты кожи (СИЗК). В частности в качестве СИЗОД, представляющих собой легкие противогазовые респираторы в виде воздухопроницаемых масок и полумасок без клапанов вдоха и выдоха. В качестве СИЗК — это легкая одежда фильтрующего типа в виде комбинезонов с капюшоном [1, с. 3].

Основными показателями, определяющими качество СИЗОД по ГОСТам, являются:

- сопротивление воздушному потоку;
- время защитного действия;
- коэффициент проникания через фильтрующую часть СИЗОД.

Определение сопротивления воздушному потоку на входе проводилось при расходе постоянного воздушного потока 30 дм³/мин [2, с. 16]. Для определения времени защитного действия в качестве тест-вещества использовался циклогексан с концентрацией в паровоздушной смеси 3,5 мг/дм³. Нормированное проскоковое количество циклогексана 32 мг/м³ [2, с. 14]. Коэффициент проникания

определялся как отношение концентрации тест-аэрозоля после его прохождения через фильтр к его концентрации до фильтра. В качестве тест-аэрозоля использовалось парафиновое масло с концентрацией 23 мг/м^3 , при расходе воздуха пропускаемого через фильтр $95 \text{ дм}^3/\text{мин}$ [2, с. 3].

Отечественного стандарта для оценки защитных свойств средств индивидуальной защиты кожных покровов от токсичных веществ в открытом варианте нет. Поэтому, оценивалось время защитного действия по тест-веществу в отсутствии движения воздушного потока через пакеты материалов и по тест-аэрозолю при минимальном потоке воздуха через пакеты. Это значит, что образцы предполагаемые для использования в качестве СИЗОД испытывались на просос, а образцы предполагаемые для использования в качестве СИЗК испытывались на продув. Результаты испытания пакетов состоящих из фильтрующих и сорбционных слоёв представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Результаты испытания пакетов фильтрующе-сорбционных материалов

Пакет материалов	Номера образцов входящие в пакеты	Поверхностная плотность, г/м^2	Максимальное сопротивление, Па	Время защитного действия, мин		Коэффициент проницаемости, %	
				для СИЗОД	для СИЗК	для СИЗОД	для СИЗК
Пакет 1	8, 3, 6, 8	483,3	35,3	5,5	—	76,7	—
Пакет 2	8, 1, 7, 8	500,9	41,3	11,0	—	66,7	—
Пакет 3	8, 2, 7, 8	516,1	98,0	16,0	—	66,7	—
Пакет 4	8, 4, 6, 8	318,4	101,3	—	более 240	—	15,3
Пакет 5	8, 5, 6, 8	305,2	88,3	—	более 240	—	12,2
Пакет 6	8, 7, 2, 7, 8	—	—	—	—	33,3	—
Пакет 7	8, 2, 7, 7, 8	—	—	—	—	26,7	—
Пакет 8	8, 2, 9, 8	—	—	—	—	13,3	—

В пакетах фильтрующе-сорбционных материалов с 1 по 3 в качестве фильтрующего материала используется каландрированный

и некаландрированный ППНМ, а в качестве сорбционного материала применяется ВСАМ содержащий активированный уголь с различной тониной помола. Данные пакеты предлагается использовать в качестве СИЗОД. Как видно из результатов испытаний (таблицы 1 и 2) уменьшение тонины помола активированного угля позволяет повысить время защитного действия пакета материалов, а каландрирование ППНМ приводит к значительному снижению времени защитного действия и повышению коэффициента проницаемости. По своим показателям данные пакеты не соответствуют общим техническим требованиям предъявляемым к СИЗОД по времени защитного действия (класс FFA1 не менее 70 минут) и по проницаемости (класс FFGазP1 не более 20 %) [2, с. 3].

В пакетах фильтрующе-сорбционных материалов с 4 по 5 в качестве сорбционного материала вместо ВСАМ использовался ВУМ. Данные пакеты предлагается использовать в качестве СИЗК. За счёт более высоких физико-механических свойств ВУМ лучше подходит для изготовления СИЗК. В этих пакетах используется ВУМ содержащий активированный уголь с различной тониной помола, однако, из результатов установлено, что помол угля практически не влияет на свойства материала. По своим показателям данные пакеты соответствуют общим техническим требованиям предъявляемым к СИЗК.

Пакеты материалов с 6 по 7 содержат не четыре, а пять слоёв. Помимо двух слоёв дублирина пакет содержит один слой сорбционного и два слоя фильтрующего материала расположенных в разной последовательности. Добавление второго слоя ППНМ даёт уменьшение коэффициента проницаемости в два раза, причём, два подряд расположенных слоя ППНМ дают ещё меньшее значение коэффициента проницаемости, чем слои расположенные через один.

В состав пакета 8 в качестве фильтрующего материала входит ППНМ содержащий ультратонкие волокна. Как видно из таблицы 2 этот новый материал позволяет получить самое низкое значение коэффициента проницаемости, отвечающее техническим требованиям [2, с. 3]. Происходит это за счёт того, что при уменьшении диаметра волокна увеличивается коэффициент захвата, снижается перепад давления и, следовательно, увеличивается критерий качества фильтра [4, с. 101]. Таким образом, ППНМ состоящий из ультратонких волокон обладает более высокой эффективностью улавливания субмикронных аэрозольных частиц при одинаковом сопротивлении воздушному потоку по сравнению обычными фильтрами.

Сравнивая результаты испытаний пакетов композиционных фильтрующе-сорбционных материалов с требованиями, предъявляемыми к СИЗОД и СИЗК, можно сделать следующие выводы:

- применение активированного угля с уменьшенной тониной помола позволяет увеличить время защитного действия композиционного материала;
- время защитного действия у пакетов с одним слоем ВСАМ недостаточное для использования в СИЗОД, поэтому для его увеличения необходимо использовать два и более слоёв угленасыщенного материала;
- пакеты композиционных фильтрующе-сорбционных материалов, содержащих в качестве сорбционного материала слой ВУМ, по своим показателям соответствуют общим техническим требованиям предъявляемым к СИЗК;
- использование в качестве фильтрующего материала слоя ППНМ состоящего из ультратонких волокон позволяет получить композиционный материал с наименьшим для СИЗОД коэффициентом проницаемости.

Список литературы:

1. ГОСТ 12.4.011-89. Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. М., 2004, — 8 с.
2. ГОСТ Р 12.4.192-99. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Полумаски фильтрующие с клапанами вдоха и несъемными противогазовыми и (или) комбинированными фильтрами. Общие технические условия. М., 1999, — 27 с.
3. Идиатулов Р.К., Некрасов Ю.П., Генис А.В. Влияние эластомерных добавок на получение и свойства наполненных волокнистых материалов, формируемых из растворов полимеров // Химические волокна. — 2011. — № 1. — С. 63—66.
4. Кириш А.А., Будыка А.К., Кириш В.А. Фильтрация аэрозолей волокнистыми материалами ФП // Российский Химический журнал. — 2008. — № 5. — С. 97—102.
5. Рысюк Б.Д., Генис А.В. Направления работ КЭМЗ «Стенд» и ВНИИСВа по созданию оборудования для производства волокнистых нетканых материалов // Химические волокна. — 1992. — № 4. — С. 47—54.
6. Das D., Pourdeyhimi B. Composite Nonwoven Materials. Cambridge: Woodhead Publishing is an imprint of Elsevier, 2014. — P. 253.

**ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ПОЛУЧЕНИЯ ГЕКСАМЕТИЛЕНТЕТРАМИНА
ИЗ АММОНИЙНЫХ СОЛЕЙ МИНЕРАЛЬНЫХ КИСЛОТ**

Жуманиязов Максуд Жаббиевич

*д-р техн. наук, профессор,
Ургенчский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Ургенч
E-mail: ximtex@rambler.ru*

Курамбаев Шерзод Раимбергенович

*канд. техн. наук, доцент,
Ургенчский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Ургенч
E-mail: bitum_2012@mail.ru*

Жуманиязова Дилноза Максудовна

*ассистент кафедры общей химии,
Ургенчский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Ургенч
E-mail: ximtex@rambler.ru*

**THERMODYNAMIC INVESTIGATIONS
OF HEXAMETHYLENETETRAMINE PRODUCING
FROM AMMONIUM SALTS OF MINERAL ACIDS**

Jumaniyazov Maksud

*doctor of technical sciences, prof., Urgench State University,
Republic of Uzbekistan, Urgench*

Kurambaev Sherzod

*candidate of technical sciences, docent,
Urgench State University,
Republic of Uzbekistan, Urgench*

Jumaniyazova Dilnoza

*assistant, Urgench State University,
Republic of Uzbekistan, Urgench*

АННОТАЦИЯ

В статье приводятся результаты термодинамических исследований синтеза гексаметилентетрамина из различных солей аммония, имеющихся в достаточно больших объемах, в частности, в отходах производства кальцинированной соды и капролактама.

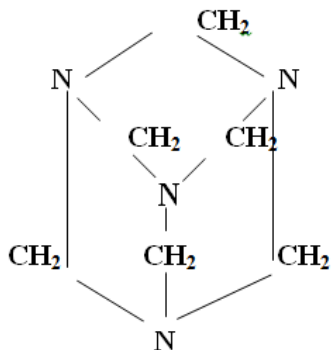
ABSTRACT

The results of thermodynamic investigations of hexamethylenetetramine synthesis from various salts of ammonium which are available in rather large volumes, in particular, in production wastes of the calcinated soda and a caprolactam, are given in the article.

Ключевые слова: гексаметилентетрамин; термодинамика; равновесная реакция; конденсация; константы равновесия; свободная энергия; тепловой эффект; энтропия.

Keywords: hexamethylenetetramine; thermodynamics; equilibrium reaction; condensation; balance constants; free energy; thermal effect; entropy.

Гексаметилентетрамин (ГМТА) обладает всеми характерными свойствами третичного амина, образует бесчисленное количество солей, продуктов присоединения и различного рода комплексов, в которых атомы углерода и азота равноценны между собой, что позволяет объяснить поведение ГМТА как одноосновного амина.



Чистый ГМТА представляет собой бесцветное, не имеющее запаха кристаллическое вещество со сладковатым привкусом. Хорошо кристаллизуется в форме ромбических додекаэдров, обладающих пьезоэлектрическими свойствами. При охлаждении насыщенного водного раствора кристаллизуется в виде гексагидрата гексаметилентетрамина — (CH₂)₆N₄ · 6H₂O, устойчивого до 13,5 °С.

В связи с этим для получения ГМТА в больших количествах возникает задача изыскания более рационального способа его получения. Одним из таких вариантов является синтез ГМТА из различных солей аммония, имеющихся в достаточно больших объемах, в частности, в отходах производства кальцинированной соды и капролактама.

Снижение себестоимости ГМТА за счёт использования вместо свободного аммиака различных отходов в виде аммонийных солей (NH_4Cl — побочный продукт содового производства, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ — отход производства капролактама) открывает новые возможности применения ГМТА, получения разнообразных материалов с его участием.

В традиционных проектах содовых заводов предусматривается регенерация аммиака из хлористого аммония. Именно этот приём порождает многотоннажные отходы дистиллерной жидкости. Предложенная нами переработка фильтровой жидкости в гексаметилен-тетрамин и HCl решает проблему ликвидации отходов, так называемых «белых морей».

В основе процесса лежит реакция взаимодействия формальдегида и хлористого аммония. Учитывая обратимый характер этой реакции и для выявления оптимальных условий и параметров, обеспечивающих высокий выход целевого продукта, нами изучена термодинамика равновесных реакций конденсации.

С целью термодинамического анализа вероятности протекания реакций конденсации аммонийных солей минеральных кислот и их общей характеристики мы провели расчеты констант равновесия $\lg K_p$, изменений свободной энергии Гиббса ΔG , тепловых эффектов и энтропии систем, образованных исходными и конечными продуктами реакции.

Важнейшей характеристикой состояния обратимых реакций являются константы их равновесия. Для определения константы равновесия используем следующее уравнение [1]:

$$\Delta G = -RT \ln K_p = -4,576 \lg K_p \quad (3.1)$$

из которого следует:

$$\lg K_p = -\frac{\Delta G}{4,576 \cdot T} \quad (3.2)$$

Здесь: ΔG — истинная мера сродства.

Различие между истинной мерой сродства ΔG и мерой сродства по Бертелло ΔH выражается уравнением:

$$-\Delta G = \Delta H + T\Delta S \quad \text{или} \quad \Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad (3.3)$$

где ΔH — тепловой эффект реакции.

По закону Гесса тепловой эффект реакции равен алгебраической сумме теплот образования реагентов из простых веществ, также сумме теплот образования продуктов реакции за вычетом суммы теплот образования исходных веществ:

$$\Delta H = \sum (\Delta H_{обр})_{прод} - \sum (\Delta H_{обр})_{исх} \quad (3.4)$$

или:

$$\Delta H_{298} = \sum \Delta H_{кон} - \sum \Delta H_{исх} \quad (3.5)$$

Здесь: ΔH_{298} — тепловой эффект реакции;

$\sum \Delta H_{кон}$ — сумма теплот образования конечных продуктов;

$\sum \Delta H_{исх}$ — сумма теплот образования исходных продуктов.

Зависимость теплового эффекта от температуры находим по уравнению:

$$\Delta H_{T_2} = \Delta H_{T_1} + \int_{T_1}^{T_2} \Delta C_p dT \quad (3.6)$$

Известные термодинамические величины взяты из справочной литературы [2] и приведены в табл. 3.1.

Для определения принципиальной возможности получения ГМТА путем конденсации аммонийных солей формальдегидом мы провели расчет термодинамических параметров следующих обратимых реакций:

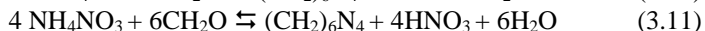
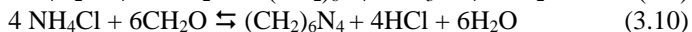
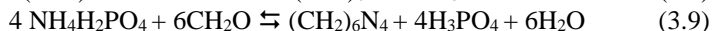
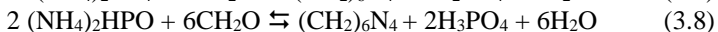
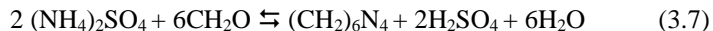


Таблица 1.

Термодинамические характеристики веществ

Наименование вещества	ΔH , кДж/моль	ΔS , Дж/моль.град
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	- 1175,0672	245,34648
CH_2O	- 115,97436	218,80216
$(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$	- 136,90836	226,2128
H_2SO_4	-909,87537	20,09664
H_2O	-286,02082	70,1289
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	-1432,0949	203,89716
$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	-1559,583	193,43016
NH_4Cl	-299,85861	169,98408
HCl	-167,27103	56,5218
NH_4NO_3	-342,60584	260,00028
HNO_3	-207,4978	146,538
H_3PO_4	-1289,1994	158,26104

1. Тепловые эффекты для каждой реакции мы нашли по уравнению (3.5):

- для реакции 3.7 :

$$\begin{aligned} \Delta H_{298} = \Delta H_{(\text{CH}_2)_6\text{N}_4} + 2\Delta H_{\text{H}_2\text{SO}_4} + 6\Delta H_{\text{H}_2\text{O}} - 2\Delta H_{(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4} - 6\Delta H_{\text{CH}_2\text{O}} = \\ - 136,90836 + 2(-909,87537) + 6(-286,02082) - 2(-1175,0672) - \\ - 6(-115,97436) = -626,8034 \text{ Дж/моль}; \end{aligned}$$

- для реакции 3.8 :

$$\begin{aligned} \Delta H_{298} = \Delta H_{(\text{CH}_2)_6\text{N}_4} + 2\Delta H_{\text{H}_3\text{PO}_4} + 6\Delta H_{\text{H}_2\text{O}} - 2\Delta H_{(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4} - 6\Delta H_{\text{CH}_2\text{O}} = \\ - 36,90836 + 2(-1289,1994) + 6(-286,02082) - 2(-1559,583) - 6(-115,97436) = \\ - 616,4199 \text{ кДж/моль}; \end{aligned}$$

- для реакции 3.9 :

$$\Delta H_{298} = \Delta H_{(CH_2)_6N_4} + 4\Delta H_{H_3PO_4} + 6\Delta H_{H_2O} - 4\Delta H_{NH_4H_2PO_4} - 6\Delta H_{CH_2O} =$$

$$-136,90836 + 4(-1289,1994) + 6(-286,02082) - 4(-1432,0949) - 6(-115,97436) = -585,6051 \text{ кДж/моль};$$

- для реакции 3.10 :

$$\Delta H_{298} = \Delta H_{(CH_2)_6N_4} + 4\Delta H_{HCl} + 6\Delta H_{H_2O} - 4\Delta H_{NH_4Cl} - 6\Delta H_{CH_2O} =$$

$$-136,90836 + 4(-167,27103) + 6(-286,02082) - 4(-299,85861) - 6(-115,97436) = -626,8368 \text{ кДж/моль};$$

- для реакции 3.11:

$$\Delta H_{298} = \Delta H_{(CH_2)_6N_4} + 4\Delta H_{HNO_3} + 6\Delta H_{H_2O} - 4\Delta H_{NH_4NO_3} - 6\Delta H_{CH_2O} =$$

$$-136,90836 + 4(-207,4978) + 6(-286,02082) - 4(-342,60584) - 6(-115,97436) = -616,755 \text{ кДж/моль}$$

II. Провели расчеты изменения энтропии каждой реакции. Изменение энтропии реакции выражается по уравнению:

$$\Delta S = \sum S_{\text{rjy}} - \sum S_{\text{bcl}} \quad (3/12)$$

- для реакции 3.7:

$$\Delta S = S_{(CH_2)_6N_4} + 2S_{H_2SO_4} + 6S_{H_2O} - 2S_{(NH_4)_2SO_4} - 6S_{CH_2O} =$$

$$226,2128 + 2 \cdot 20,09664 + 6 \cdot 70,1289 - 2 \cdot 24,34648 - 6 \cdot 218,80216 = -1137,386 \text{ Дж/моль} \cdot \text{град}.$$

- для реакции 3.8:

$$\Delta S = S_{(CH_2)_6N_4} + 2S_{H_3PO_4} + 6S_{H_2O} - 2S_{(NH_4)_2HPO_4} - 6S_{CH_2O} =$$

$$226,2128 + 2 \cdot 158,26104 + 6 \cdot 70,1289 - 2 \cdot 193,43016 - 6 \cdot 218,80216 = -736,165 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{град)}.$$

- для реакции 3.9:

$$\Delta S = S_{(CH_2)_6N_4} + 4S_{H_3PO_4} + 6S_{H_2O} - 4S_{NH_4H_2PO_4} - 6S_{CH_2O} =$$

$$226,2128 + 4 \cdot 158,26104 + 6 \cdot 70,1289 - 4 \cdot 203,89716 - 6 \cdot 218,80216 = -848,3712 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{град)}.$$

- для реакции 3.10:

$$\Delta S = S_{(CH_2)_6N_4} + 4S_{HCl} + 6S_{H_2O} - 4S_{NH_4Cl} - 6S_{CH_2O} =$$

$$226,2128 + 4 \cdot 56,5218 + 6 \cdot 70,1289 - 4 \cdot 169,96408 - 6 \cdot 218,80216 =$$

$$- 1119,6759 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{град)}.$$

- для реакции 3.11:

$$\Delta S = S_{(CH_2)_6N_4} + 4S_{HNO_3} + 6S_{H_2O} - 4S_{NH_4NO_3} - 6S_{CH_2O} =$$

$$26,212814 - 146,538 + 6 \cdot 70,1289 - 4 \cdot 260,00028 - 6 \cdot 218,80216 =$$

$$-1119,6758 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{град)}.$$

III. Изменение изобарно-изотермического потенциала мы рассчитали по формуле 3.3.

Для реакции 3.7:

$$\Delta G = -626803,4 - 298(-1137,386) = - 287862,38 \text{ Дж/моль}.$$

Соответственно K_p системы по уравнению 3.2 будет равно:

$$\lg K_p = - \frac{-287862,38}{8,31441 \cdot 298-2,303} = 50,44792; K_p = 2,8 \cdot 10^{69}$$

Для реакции 3.8:

$$\Delta G = - 616419,9 - 298(-736,165) = -397042,73 \text{ Дж/моль}$$

$$\lg K_p = \frac{-397042,72}{8,31441 \cdot 298-2,303} = 69,5818 K_p = 3,82 \cdot 10^{69}$$

Для реакции 3.9:

$$\Delta G = - 585605,1 - 298(-848,3712) = -332790,49 \text{ Дж/моль}$$

$$\lg K_p = \frac{- 332790,49}{8,31441 \cdot 298-2,303} = 58,3215 K_p = 2,096 \cdot 10^{58}$$

Для реакции 3.10:

$$\Delta G = - 626836,8 - 298 \cdot (-1119,6759) = - 293173,39 \text{ Дж/моль}$$

$$\lg K_p = \frac{293173,39}{8,31441 \cdot 298 \cdot 2,303} = 51,3786; K_p = 2,391 \cdot 10^{51}$$

Для реакции 3.11:

$$\Delta G = 616755 - 298(-1119,6758) = - 283091,61 \text{ Дж/моль}$$

$$\lg K_p = \frac{283091,61}{8,31441 \cdot 298 \cdot 2,303} = 49,6118 K_p = 4,091 \cdot 10^{49}$$

Таким образом, получены термодинамические параметры изменения энтропии, тепловых эффектов и изменения свободной энергии Гиббса реакций конденсации аммонийных солей серной, фосфорной, хлористоводородной и азотной кислот.

Отрицательные значения изобарно-изотермического потенциала рассмотренных реакций показывают вероятность их протекания в направлении образования ГМТА и соответствующих кислот. Наибольшее значение K_p имеет реакция конденсации:



В то же время относительно небольшие абсолютные значения этих потенциалов указывают на возможность их протекания и в обратных направлениях, что обуславливает установление определенного равновесия между исходными и конечными продуктами и обратимый характер реакций взаимодействия их компонентов [3].

Список литературы:

1. Карапетьянц М.Х. Примеры задач по химической термодинамике. М.: Химия, 1984. — С. 211.
2. Карапетьянц М.Х., Карапетьянц М.Л. Основные термодинамические константы неорганических и органических веществ-М.: Химия, 1968. — 470 с.
3. Жуманиязов М.Ж., Гиллабаева Д., Бабаев З.К. Органик ўғит –уротропин чикиндисиз сода ишлаб чикаришдаги истикболли йўналишдир. //Научно-практ. конф. УрГУ: Тез.докл. Урганч, 1998. — С. 74.

**ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ПОЛУЧЕНИЯ ГЕКСАМЕТИЛЕНТЕТРАМИНА
ИЗ АММОНИЙНЫХ СОЛЕЙ МИНЕРАЛЬНЫХ КИСЛОТ**

Жуманиязов Максуд Жаббиевич

*д-р техн. наук, профессор,
Ургенчский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Ургенч
E-mail: ximtex@rambler.ru*

Курамбаев Шерзод Раимбергенович

*канд. техн. наук, доцент,
Ургенчский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Ургенч
E-mail: bitum_2012@mail.ru*

Жуманиязова Дилноза Максудовна

*ассистент кафедры общей химии,
Ургенчский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Ургенч
E-mail: ximtex@rambler.ru*

**PRACTICAL BASES OF THE RECEIPT
OF HEXAMETHYLENETETRAMINE FROM AMMONIUM
SALTS OF MINERAL ACIDS**

Jumaniyazov Maksud

*doctor of technical sciences, prof. Urgench State University,
Republic of Uzbekistan, Urgench*

Kurambaev Sherzod

*candidate of technical sciences, docent, Urgench State University,
Republic of Uzbekistan, Urgench*

Jumaniyazova Dilnoza

*assistant, Urgench State University,
Republic of Uzbekistan, Urgench*

АННОТАЦИЯ

Данная статья посвящена исследованию возможности практического получения гексаметилентетрамина различными способами. В статье приводятся результаты экспериментальных исследований реакций аммонийных солей ряда минеральных кислот с формальдегидом, а также оптимальные параметры получения гексаметилентетрамина из аммонийных солей.

ABSTRACT

This article is devoted to the investigations of possibility of practical receipt of hexamethylenetetramine of different ways. The results of experimental researches of reactions of ammonium salts of number of the mineral acids with formaldehyde, and also optimal parameters of receipt of hexamethylenetetramine from ammonium salts are given in the article.

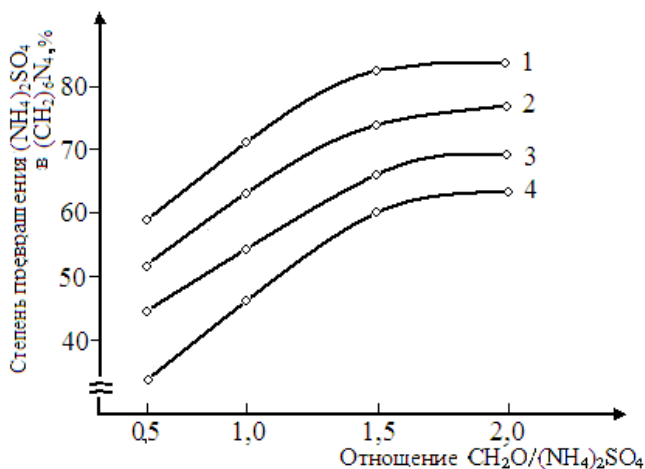
Ключевые слова: гексаметилентетрамин; обратимая реакция; формальдегид; индикатор; технический формалин; степень превращения; минеральные кислоты; сульфат аммония.

Keywords: hexamethylenetetramine; reversible reaction; formaldehyde; indicator; technical formalin; extent of transformation; mineral acids; ammonium sulfate.

Обратимые реакции конденсации аммонийных солей минеральных кислот в гексаметилентетрамин (ГМТА) с помощью формальдегида мы изучали в зависимости от стехиометрической нормы расхода формальдегида в термостатированном сосуде, снабженном мешалкой в интервале температур от 20 до 80 °С путем титрования выделяющейся кислоты 0,1N раствором NaOH в присутствии индикатора метилового красного. В работе использовали технический формалин по ГОСТ 1625-75 и аммонийные соли квалификации "ч.д.а.". Концентрация формалина составляла 37 %. Соли применяли в твердом виде и в виде растворов соответствующих концентраций [1].

Экспериментальные данные по степени превращения аммонийных солей в ГМТА (его выход) в зависимости от температуры, соотношений формальдегида и аммонийных солей представлены на рисунке 3.1 и в таблицах 3.2 и 3.3. Проведенные исследования показали, что реакции конденсации протекают с большой скоростью и равновесие достигается практически мгновенно, что является следствием больших значений рассчитанных нами констант равновесий K_p и подтверждается данными по скорости прохождения ультразвука через растворы, измеренные с помощью прибора УЗАС-7 и совпадением ее графика

с кривой потенциметрического титрования аналогичных растворов щелочью.



**Рисунок 1. Выход гексаметилентетрамина в зависимости от соотношений формальдегида и сульфата аммония при различных температурах.
Температура, °C: 1- 20; 2- 40; 3- 60; 4- 80**

Исключение составляли опыты с применением твердых солей, в которых визуально наблюдалась корреляция количества выделяющейся кислоты и скорости растворения кристаллов солей.

Как видно из приведенных данных, степень превращения аммонийных солей в ГМТА в значительной мере зависит от анионного остатка минеральной кислоты и соотношения формальдегида к соли, а также — от температуры.

В зависимости от вида кислотного остатка степень превращения аммиака в ГМТА достигает наибольшего значения для моноаммоний-фосфата, а наименьшего — для хлорида аммония, которые составляют соответственно 82 и 34 %. Изученные соли по способности к конденсации могут быть выстроены в следующий убывающий ряд:



Порядок расположения солей зависит и согласуется со степенью их диссоциации с учетом ее подавления в присутствии соответ-

ствующих кислот. При этом, чем сильнее кислота, тем меньший требуется избыток формальдегида по отношению к соли для достижения равновесного выхода ГМТА.

Учитывая, что степень диссоциации солей находится в прямой зависимости от степени или константы диссоциации кислот, можно заключить, что значение степени превращения аммонийной соли в ГМТА является следствием степени диссоциации кислот, образующих эти соли [2].

Степень превращения аммонийных солей в ГМТА в зависимости от температуры изучена на примере сульфата аммония (табл. 3.3). При этом опыты проводили при постоянных температурах в пределах от 20 до 80 °С с интервалом 10 °С. Данные, приведенные на рисунках, показывают, что с увеличением температуры степень превращения повышается. В изученном интервале повышение температуры на 1 °С приводит к увеличению степени превращения в среднем на 0,16 %.

Таблица 1.

Степень превращения аммонийных солей в гексаметиленetetрамин при pH=7, t=25 °C

Мольное отношение CH_2O : соль	Теоретический выход $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$, Моль	Степень превращения $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ %	Экспериментальный выход $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$, моль	Степень превращения NH_4NO_3 , %	Экспериментальный выход $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$, моль	Степень превращения NH_4Cl , %	Экспериментальный выход $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$, моль	Степень превращения $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, %	Экспериментальный выход $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$, моль
1	1	35,0	0,35						
1,2	1	41,0	0,41						
1,4	1	44,5	0,445	35,1	0,351			61,5	0,615
1,6	1	48,0	0,48	39,7	0,397	23,5	0,235	67,3	0,673
1,8	1	50,0	0,50	43,7	0,437	27,5	0,275	72,3	0,723
2,0	1	52,0	0,52	47,0	0,470	30,8	0,308	76,5	0,765
2,2	1	53,7	0,537	49,5	0,495	33,5	0,335	79,0	0,790
2,4	1	55,3	0,553	50,5	0,505	34,2	0,342	80,0	0,80
2,6	1	57,2	0,572	50,8	0,508	34,4	0,344	80,4	0,804
3,0	1	59,2	0,592	51,1	0,511			80,8	0,808
5,0	1	62,0	0,62						

Таблица 2.

Степень превращения сульфата аммония в гексаметиленetetрамин при различных температурах

Моль- отно- шение $\text{CH}_2\text{O} :$ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	t= 20 °С			t= 40 °С		t= 60 °С		t= 80 °С	
	Теорети- ческий выход $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$, моль	Степень превра- щения, %	Экспе- римен- тальный выход $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$, моль	Степень превра- щения, %	Экспе- римен- тальный выход $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$, моль	Степень превра- щения, %	Экспе- римен- тальный выход $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$, моль	Степень превра- щения, %	Эксперимен- тальный выход $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$, моль
0,8	0,8	49,1	0,491	55,2	0,552	59,2	0,592	64,0	0,64
1,0	I	56,0	0,56	59,6	0,5% ?	63,2	0,632	68,0	0,68
1,25	I	62,0	0,62	64,3	0,643	66,9	0,669	72,2	0,722
1,5	I	66,0	0,66	67,9	0,679	69,7	0,697	75,0	0,75
1,75	I	67,0	0,67	69,6	0,6% ?	71,5	0,715	76,1	9,761 ???
2,0	I	67,3	0,673	70,0	0,700	72,0	0,72	76,5	0,765

Таким образом, в результате экспериментально-теоретических исследований термодинамики равновесного состояния реакций конденсации аммонийных солей ряда минеральных кислот с формальдегидом, установлены оптимальные параметры получения ГМТА из аммонийных солей. Эти данные свидетельствуют о возможности получения ГМТА различными способами.

Список литературы:

1. Жуманиязов М.Ж. Удобрения пролонгированного действия, содержащие гексаметилентетрамин.: Автореф. дис....канд. тех. наук. Ташкент: 1987. — 22 с.
2. Gaillard V., Bussien V., Paciorek W., Schenk K, Chapuis G. Hexamethylenetetramine Suberate, a strongly anharmonic modulated structure // Acta Crystallogr., Sect. B: Struct. Sci. — 1996. — B52(6). — P. 1036—1047.

1,3,4,6-ТЕТРАКАРБОНИЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В ХИМИИ И ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ. СООБЩЕНИЕ 1. КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКИЕ РАСЧЁТЫ МОЛЕКУЛЫ ОКТАН-2,4,5,7-ТЕТРАОНА

Козьминых Владислав Олегович

*д-р хим. наук, профессор, зав. кафедрой химии, Пермского
государственного гуманитарно-педагогического университета,
РФ, г. Пермь
E-mail: kvoncstu@yahoo.com*

Круглова Анастасия Александровна

*студент естественнонаучного факультета, Пермского
государственного гуманитарно-педагогического университета,
РФ, г. Пермь
E-mail: anastasiya-kruglova-1994@mail.ru*

Голуб Елена Ефимовна

*ассистент кафедры химии, Пермского государственного
гуманитарно-педагогического университета,
РФ, г. Пермь
E-mail: alengolub@gmail.com*

1,3,4,6-TETRACARBONYL SYSTEMS IN CHEMISTRY AND CHEMICAL TECHNOLOGY. PART 1. QUANTUM CHEMICAL CALCULATIONS OF OCTANE-2,4,5,7-TETRONE MOLECULE

Kozminykh Vladislav

*doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of the Chemical Section
of Perm State Humanitarian Pedagogical University,
Russia, Perm*

Kruglova Anastasiya

*student of the Natural Faculty
of Perm State Humanitarian Pedagogical University,
Russia, Perm*

Golub Elena

*assistant of the Chemical Section
of Perm State Humanitarian Pedagogical University,
Russia, Perm*

Исследование выполнено в рамках проекта РФФИ «Топология координационных карбонильных систем с максимально сближенными 1,2- и 1,3-диоксозвеньями» (регистрационный номер 15-03-08038).

АННОТАЦИЯ

Представлены результаты квантово-химических расчётов двух линейных и одной кольчатой таутомерных форм начального представителя 1,3,4,6-тетракарбонильных систем — октан-2,4,5,7-тетраона.

ABSTRACT

Results of quantum chemical calculations of two linear and one ring tautomeric forms of octane-2,4,5,7-tetrone as the first representative of 1,3,4,6-tetracarbonyl systems are presented.

Ключевые слова: октан-2,4,5,7-тетраон; таутомерные формы; (3Z,5Z)-4,5-дигидрокси-3,5-октадиен-2,7-дион; 2-гидрокси-5-метил-2-(2-оксопропил)фуран-3(2H)-он; квантово-химические расчёты.

Keywords: octane-2,4,5,7-tetrone; tautomeric forms; (3Z,5Z)-4,5-dihydroxyocta-3,5-diene-2,7-dione; 2-hydroxy-5-methyl-2-(2-oxopropyl) furan-3(2H)-one; quantum chemical calculations.

Доступные и реакционноспособные 1,3,4,6-тетракарбонильные системы (1) (рис. 1) находят применение в синтетической

органической химии и химической технологии [1—9]. Особенности строения этих соединений, установленным на основании спектральных данных, посвящены статьи [1; 3; 5—8]. До наших исследований [8] квантово-химические характеристики опубликованы только для близкой кольчатой оксосистемы — метилового эфира (2-гидрокси-3-оксо-5-фенил-2,3-дигидрофуран-2-ил)уксусной кислоты (2) [10].

Нами впервые представлены результаты полуэмпирических и неэмпирических квантово-химических расчётов, выполненных с использованием пакета программ ChemOffice Ultra, двух линейных (1A), (1B) и кольчатой (1C) таутомерных форм молекулы начального представителя 1,3,4,6-тетракарбонильных систем — октан-2,4,5,7-тетраона (табл. 1). Проведено сравнение расчётных значений длин связей и валентных углов с экспериментальными величинами по данным рентгеноструктурного анализа структуры (1B) [7].

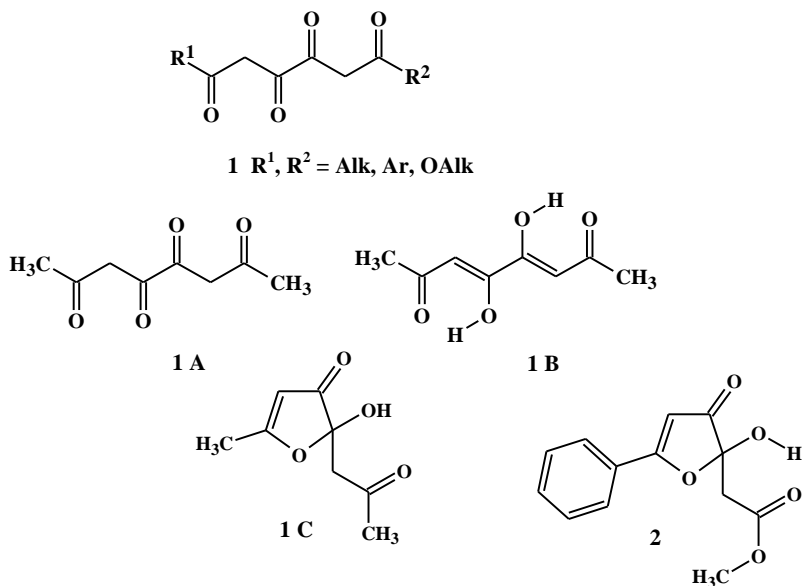
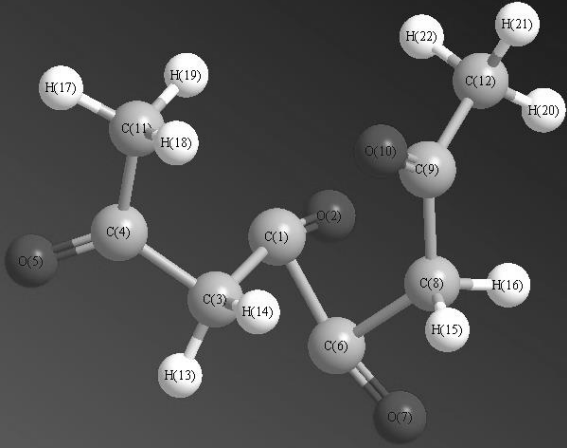


Рисунок 1. Структурное разнообразие

1,3,4,6-тетракарбонильных систем (1): линейные формы тетракетона (1: $R=\text{CH}_3$) — октан-2,4,5,7-тетраон (1A) и (3Z,5Z)-4,5-дигидрокси-3,5-октадиен-2,7-дион (1B), кольчатый таутомер — 2-гидрокси-5-метил-2-(2-оксопропил)фуран-3(2H)-он (1C); известный [9] структурный аналог – метиловый эфир (2-гидрокси-3-оксо-5-фенил-2,3-дигидрофуран-2-ил)уксусной кислоты (2)

Таблица 1.

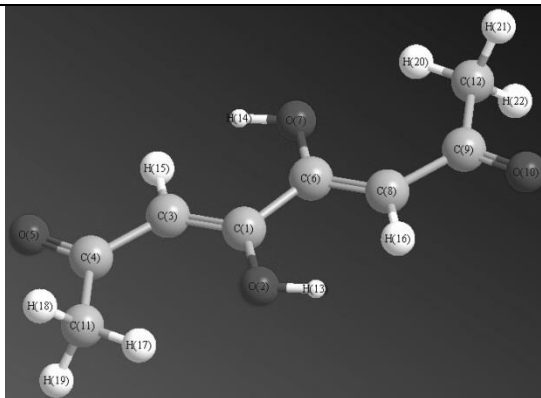
Сравнительные геометрические характеристики и квантово-химические параметры октан-2,4,5,-тетраона (1А), его линейной формы — (3Z,5Z)-4,5-дигидрокси-3,5-октадиен-2,7-диона (1В) и кольчатого таутомера — 2-гидрокси-5-метил-2-(2-оксопропил)фуран-3(2Н)-она (1С)

Структуры и фрагменты	Расчётные значения параметров	Экспериментальные величины (см. статью [7])
1А		
Длины связей (<i>d</i> , Å)		
C(1)-C(6)	1,577	
C(3)-C(1)	1,549	
C(3)-H(13)	1,120	
C(3)-H(14)	1,116	
C(4)-C(3)	1,537	
C(8)-C(6)	1,703	
C(8)-H(15)	1,125	
C(8)-H(16)	1,123	
C(11)-C(4)	1,516	
C(11)-H(17)	1,113	
C(11)-H(18)	1,112	
C(11)-H(19)	1,112	
C(12)-C(9)	1,518	

C(12)-H(20)	1,112	
C(12)-H(21)	1,113	
C(12)-H(22)	1,113	
O(2)-C(1)	1.223	
O(5)-C(4)	1,212	
O(7)-C(6)	1,223	
O(10)-C(9)	1,210	
Валентные углы (ω, град)		
C(1)-C(4)-C(6)	117,449	
C(3)-C(2)-C(1)	112,015	
C(4)-C(1)-C(2)	111,487	
C(7)-C(6)-C(4)	114,283	
C(9)-C(3)-C(2)	111,783	
C(10)-C(7)-C(6)	117,595	
C(1)-C(4)-O(5)	121,340	
C(6)-C(4)-O(5)	121,207	
C(10)-C(7)-O(8)	121,510	
H(11)-C(1)-C(2)	110,709	
H(11)-C(1)-C(4)	109,106	
H(12)-C(1)-C(2)	109,707	
H(12)-C(1)-C(4)	108,551	
H(12)-C(1)-H(11)	107,160	
H(13)-C(2)-C(1)	109,337	
H(13)-C(2)-C(3)	109,397	
H(14)-C(2)-C(1)	109,473	
H(14)-C(2)-C(3)	109,178	
H(14)-C(2)-H(13)	107,326	
H(15)-C(3)-C(2)	109,535	
H(15)-C(3)-C(9)	109,217	
H(16)-C(3)-C(2)	109,576	
H(16)-C(3)-C(9)	109,240	
H(16)-C(3)-H(15)	107,386	

H(17)-C(6)-C(4)	109,229	
H(17)-C(6)-C(7)	108,152	
H(18)-C(6)-C(4)	107,843	
H(18)-C(6)-C(7)	109,317	
H(18)-C(6)-H(17)	107,841	
H(19)-C(9)-C(3)	111,033	
H(20)-C(9)-C(3)	111,153	
H(20)-C(9)-H(19)	107,707	
H(21)-C(9)-C(3)	111,142	
H(21)-C(9)-H(19)	107,691	
H(21)-C(9)-H(20)	107,955	
H(22)-C(10)-C(7)	110,742	
H(23)-C(10)-C(7)	110,122	
H(23)-C(10)-H(22)	108,794	
H(24)-C(10)-C(7)	110,973	
H(24)-C(10)-H(22)	108,032	
H(24)-C(10)-H(23)	108,094	
O(8)-C(7)-C(6)	120,857	
Заряды на атомах (C/O, δ_{\pm})		
C(1)	0,376	
C(3)	0,047	
C(4)	0,472	
C(6)	0,685	
C(8)	0,030	
C(9)	0,423	
C(11)	-0,179	
C(12)	-0,177	
O(2)	-0,462	
O(5)	-0,566	
O(7)	-0,526	
O(10)	-0,608	

1B



Длины связей (*d*, Å)

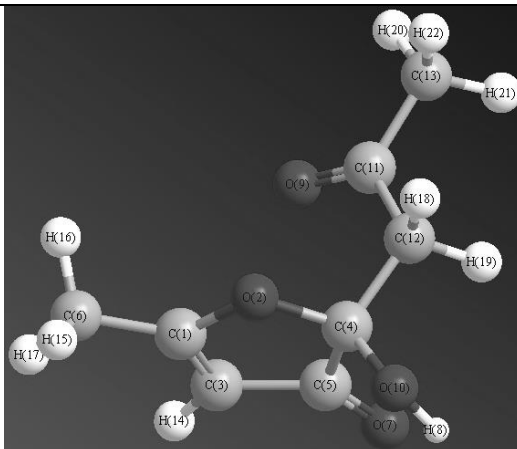
C(1)-C(7)	1,481	
C(3)-C(1)	1,359	1,452
C(5)-C(3)	1,484	0,960
C(5)-C(14)	1,518	1,503
C(9)-C(7)	1,359	
C(11)-C(9)	1,484	
C(13)-C(5)	1,519	
C(14)-C(11)	1,519	
C(14)-H(20)	1,113	0,970
C(14)-H(21)	1,111	0,930
C(14)-H(22)	1,112	0,950
H(15)-C(3)	1,102	
H(16)-C(9)	1,102	
H(17)-C(13)	1,114	
H(18)-C(13)	1,114	
H(19)-C(13)	1,113	
H(20)-C(14)	1,114	
H(21)-C(14)	1,114	
H(22)-C(14)	1,113	
H(4)-O(2)	0,967	
H(10)-O(8)	0,967	0,970
O(2)-C(1)	1,362	1,336
O(6)-C(5)	1,224	1,247
O(8)-C(7)	1,362	1,363
O(12)-C(11)	1,224	

Валентные углы (ω , град)

C(1)-C(6)-C(8)	118,517	
C(4)-C(3)-C(1)	128,888	120,200
C(6)-C(1)-C(3)	118,517	122,500
C(9)-C(8)-C(6)	128,888	

C(11)-C(4)-C(3)	126,037	119,300
C(12)-C(9)-C(8)	126,037	
C(1)-C(6)-O(7)	120,352	
C(3)-C(1)-O(2)	121,131	123,300
C(6)-C(1)-O(2)	120,352	114,260
C(8)-C(6)-O(7)	121,130	
C(11)-C(4)-O(5)	116,828	119,900
C(12)-C(9)-O(10)	116,828	
H(13)-O(2)-C(1)	111,933	103,000
H(14)-O(7)-C(6)	111,933	
H(15)-C(3)-C(1)	119,800	118,800
H(15)-C(3)-C(4)	111,312	121,000
H(16)-C(8)-C(6)	119,800	
H(16)-C(8)-C(9)	111,312	
H(17)-C(11)-C(4)	116,008	110,000
H(18)-C(11)-C(4)	109,291	112,000
H(18)-C(11)-H(17)	106,928	108,000
H(19)-C(11)-C(4)	109,292	114,000
H(19)-C(11)-H(17)	106,924	102,000
H(19)-C(11)-H(18)	108,119	110,000
H(20)-C(12)-C(9)	116,008	
H(21)-C(12)-C(9)	109,291	
H(21)-C(12)-H(20)	106,928	
H(22)-C(12)-C(9)	109,292	
H(22)-C(12)-H(20)	106,924	
H(22)-C(12)-H(21)	108,119	
O(5)-C(4)-C(3)	117,135	120,800
O(10)-C(9)-C(8)	117,135	
Заряды на атомах (C/O, δ_{\pm})		
C(1)	0,314	
C(2)	-0,246	
C(3)	0,439	
C(4)	-0,177	
O(1)	-0,146	
O(2)	-0,606	

1C



Длины связей (*d*, Å)

C(11)-O(9)	1,210	
C(3)-C(1)	1,350	
C(5)-C(3)	1,471	
C(5)-C(4)	1,522	
C(6)-C(1)	1,498	
C(12)-C(4)	1,528	
C(12)-C(11)	1,521	
C(13)-C(11)	1,517	
C(3)-H(14)	1,097	
C(6)-H(15)	1,113	
C(6)-H(16)	1,113	
C(6)-H(17)	1,113	
C(12)-H(18)	1,116	
C(12)-H(19)	1,115	
C(13)-H(20)	1,113	
C(13)-H(21)	1,113	
C(13)-H(22)	1,113	
C(3)-H(14)	1,097	
C(4)-O(2)	1,428	
C(4)-O(10)	1,419	
O(2)-C(1)	1,382	
O(7)-C(5)	1,222	
O(10)-H(8)	0,963	

Валентные углы (ω , град)

C(4)-C(5)-C(3)	105,089	
C(4)-C(12)-C(11)	115,500	
C(5)-C(3)-C(1)	108,650	
C(6)-C(1)-C(3)	125,839	

C(12)-C(4)-C(5)	113,700	
C(13)-C(11)-C(12)	116,712	
C(3)-C(1)-O(2)	111,533	
C(5)-C(4)-O(2)	104,323	
C(6)-C(1)-O(2)	122,626	
C(12)-C(4)-O(2)	110,179	
C(12)-C(4)-O(10)	109,281	
C(12)-C(11)-O(9)	121,711	
C(13)-C(11)-O(9)	121,572	
C(4)-O(10)-H(8)	108,614	
C(4)-O(2)-C(1)	110,370	
H(14)-C(3)-C(1)	124,996	
H(14)-C(3)-C(5)	126,358	
H(15)-C(6)-C(1)	109,857	
H(16)-C(6)-C(1)	109,817	
H(16)-C(6)-H(15)	108,579	
H(17)-C(6)-C(1)	111,911	
H(17)-C(6)-H(15)	108,167	
H(17)-C(6)-H(16)	108,430	
H(18)-C(12)-C(11)	107,738	
H(18)-C(12)-C(4)	108,758	
H(19)-C(12)-C(11)	107,553	
H(19)-C(12)-C(4)	109,287	
H(19)-C(12)-H(18)	107,744	
H(20)-C(13)-C(11)	111,168	
H(21)-C(13)-C(11)	110,078	
H(21)-C(13)-H(20)	108,222	
H(22)-C(13)-C(11)	110,022	
H(22)-C(13)-H(20)	108,308	
H(22)-C(13)-H(21)	108,984	
O(7)-C(5)-C(3)	130,011	
O(7)-C(5)-C(4)	124,771	
O(10)-C(4)-C(5)	107,533	
O(10)-C(4)-O(2)	111,768	
Заряды на атомах (C/O, δ +/-)		
C(1)	0,398	
C(3)	-0,292	
C(4)	0,433	
C(5)	0,383	
C(6)	-0,148	
C(11)	0,512	
C(12)	-0,115	

C(13)	-0,174	
O(2)	-0,230	
O(7)	-0,568	
O(9)	-0,518	
O(10)	-0,379	

В работе [7] представлен краткий анализ геометрических параметров молекулы (3Z,5Z)-4,5-дигидрокси-3,5-октадиен-2,7-диона (1B).

Список литературы:

1. Карманова О.Г., Козьминых В.О., Муковоз П.П., Козьминых Е.Н. Синтез и структурное разнообразие 1,6-диалкил-3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионов // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. Иваново: ИГХТУ, — 2013. — Т. 56. — № 1. — С. 13—16.
2. Карманова О.Г., Козьминых В.О., Муковоз П.П., Козьминых Е.Н. Современные достижения в области синтеза и изучения строения 1,3,4,6-тетракарбонильных систем и их ближайших аналогов // Башкирский химический журнал. — 2012. — Т. 19. — № 3. — С. 109—114.
3. Кириллова Е.А., Муковоз П.П., Виноградов А.Н., Козьминых В.О., Дворская О.Н. Синтез, особенности строения и таутомерия 1,6-дизамещённых 3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионов // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. Иваново: ИГХТУ, — 2011. — Т. 54. — № 4. — С. 18—22.
4. Козьминых В.О., Муковоз П.П., Козьминых Е.Н. Современное состояние и перспективы исследования O,N-гетеро-1,3-диеновых систем, сопряжённых с карбонильными акцепторами, их линейных и кольчатых производных: диенолов 1,3,4,6-тетраоксосистем, оксалильных аналогов поликетидов, оксолиденпроизводных пятичленных оксогетероциклов // Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия № 2. Физико-математические и естественные науки. Электронный научный журнал. Пермь: изд-во ПГГПУ, 2013. — Вып. 1. — С. 90—103 [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: http://vestnik2.pspu.ru/Series2_2014_1.pdf (дата обращения 19.10.2014).
5. Муковоз П.П., Дворская О.Н., Козьминых В.О. Синтез и особенности строения эфиров 3,4-дигидрокси-1,6-гександиовой кислоты // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. Иваново: ИГХТУ, — 2011. — Т. 54. — № 5. — С. 96—100.

6. Муковоз П.П., Козьминых В.О. Синтез, строение и свойства эфиров 3,4-диоксо-1,6-гександиовой (кетипиновой) кислоты // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. Пенза: Пензенский гос. ун-т, — 2013. — № 2 (2). — С. 88—101.
7. Муковоз П.П., Кузьмин А.В., Козьминых В.О. Синтез и строение 4,5-дигидрокси-3,5-октадиен-2,7-диола // Башкирский химический журнал. — 2014. — Т. 21. — № 4 (в печати).
8. Муковоз П.П., Тарасова В.А., Карманова О.Г., Козьминых В.О. Строение и таутомерия 1,6-диалкилзамещённых 1,3,4,6-тетраоксосистем и их ближайших азоаналогов (обзор) // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. Пенза: Пензенский гос. ун-т, — 2013. — № 4 (4). — С. 91—107.
9. Тарасова В.А., Муковоз П.П., Козьминых В.О. Синтез метиловых эфиров 3,4-дигидрокси-6-оксо-2,4-алкадиеновых кислот // Вестник Южно-Уральского гос. ун-та. Серия «Химия». Челябинск, — 2014. — Т. 6. — № 3. — С. 11—16.
10. Шуруп С.Н., Павлова Е.Ю., Ливанцова Л.И., Зайцева Г.С., Андрейчиков Ю.С. Пятичленные 2,3-диоксогетероциклы XXXV. Взаимодействие 5-арил-2,3-дигидро-2,3-фурандиононов с ацетальми кетена. Синтез, строение и реакции гетероциклизации алкиловых эфиров 5-арил-2-гидрокси-3-оксо-2,3-дигидрофуран-2-илуксусных кислот // Журнал органической химии. — 1993. — Т. 29. — № 11. — С. 2275—2289.

СЕКЦИЯ 9.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

ПРОИЗВОДСТВО ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВИДОВ ХЛЕБА С ДОБАВЛЕНИЕМ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОГО ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ ЗЕРНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ

Куликов Дмитрий Александрович

*канд. техн. наук, зав. кафедрой технологии продуктов питания, доцент
Филиала НОУ ВО Московского технологического института «ВТУ»,
РФ, г. Оренбург
E-mail: kda85@inbox.ru*

THE PRODUCTION OF THE FUNCTIONAL BREAD WITH THE ADDITION OF THE BIOLOGICALLY ACTIVE RAW MATERIAL OF THE FEED PROCESSING INDUSTRY

Dmitry Kulikov

*PhD, Head of the Food Technology Chair,
Moscow Technological Institute, assistant professor Orenburg Branch,
Russia, Orenburg*

АННОТАЦИЯ

В статье представлено научное обоснование возможности обогащения хлеба белками, витаминами, минеральными веществами, флавоноидами и другими биологически активными веществами, содержащимися во вторичном сырье зерноперерабатывающей отрасли, с целью придания ему функциональных свойств.

ABSTRACT

The article presents the scientific justification of the possibility of the bread enrichment with the usage of proteins, vitamins, minerals, flavonoids and other biologically active substances from the secondary raw

material of the feed processing industry to provide bread with functional properties.

Ключевые слова: овсяная мучка; глюканы; флавоноиды; стерины.

Keywords: oat mealy substance; glucans; flavonoids; sterols.

Научно обоснованное питание предусматривает обеспечение человеческого организма определенным количеством углеводов, белков, жиров, минеральных веществ и витаминов. В последнее время проблема повышения пищевой ценности хлеба и придания ему функциональных свойств становится все более актуальной.

В нашей стране и за рубежом широко применяется практика обогащения хлеба физиологически необходимыми веществами за счет нетрадиционного растительного сырья. Использование именно этого вида сырья составляет задачу, которую способны решить малоотходные и ресурсосберегающие технологии. Одним из перспективных решений данной проблемы является использование овсяной мучки — побочного продукта переработки овса.

Цель данной работы состояла в комплексном исследовании химического состава овсяной мучки и научном обосновании возможности ее применения для производства хлеба функционального назначения.

Согласно полученным результатам исследования химического состава, в отдельных образцах овсяной мучки содержание белков достигает 25,9 %, что в 2,4 раз выше, чем в целом зерне. Важнейшим показателем, определяющим биологическую ценность продуктов переработки овса, является аминокислотный состав белков. Белки овсяной мучки с точки зрения незаменимых аминокислот более полноценны, чем белки овса [1, с. 37].

Обращает на себя внимание высокое содержание липидов в овсяной мучке (до 14,7 %), что обусловлено наличием частиц зародыша, попадающих в мучку в процессе шелушения. Так, по количеству липидов овсяная мучка превышает зерно овса в 2,4 раза.

Как показали исследования, углеводный комплекс овсяной мучки представлен в основном крахмалом (28,5 %). Простые сахара представлены глюкозой (0,07 %) и галактозой (0,09 %), сложные сахара — сахарозой (0,4 %). Помимо крахмала и сахаров углеводы овсяной мучки включают растворимую клетчатку (до 15 %), левулёзы (до 1,1 %) и пентозаны (до 5 %), входящие в состав семенных оболочек, клеточных стенок. Указанные вещества попадают в мучку в процессе переработки зерна в крупу. Клетчатка овсяной мучки

представляет собой β -1,3 глюкан и β -1,4 глюкан. β -глюканы обладают ярко выраженными иммуномодулирующими свойствами. Их применяют при производстве лекарственных препаратов, биологически активных добавок, косметических средств, а также используют в пищевой промышленности в качестве загустителей и структурообразователей.

Проведенные исследования показали, что общее содержание стеринов овсяной муки составляет 0,68 % от суммы всех фракций липидов. В ходе работ установили, что среди стеринов овсяной муки преобладает β -ситостерин (74,96 %), обладающий наиболее высокой биологической активностью. Стигмастерин присутствует в количестве 11 %, на долю кампастерина приходится 7,86 %.

Анализ минерального состава овсяной муки свидетельствует, что по содержанию калия она превосходит зерно в 1,4 раза, по содержанию марганца в 3,0 раза, по содержанию фосфора в 1,4 раза. Овсяная мука выгодно отличается от зерна содержанием железа (63,7 мг/100 г) [2, с. 193].

Полученные данные указывают на то, что овсяная мука является источником целого ряда витаминов. По содержанию витаминов E, B₂, B₆, PP и каротиноидов овсяная мука превосходит зерно овса соответственно в 1,8; 3,6; 2,7; 3,2 и 15 раз [2, с. 195].

Изучение флавоноидов представляет большой практический интерес, так как они могут выступать в качестве биологических модификаторов реакций и сильнейших антиоксидантов. Методом тонкослойной хроматографии в овсяной муке были выделены следующие флавоноиды (мг/г): пеонидин-3-глюкозид — 0,03; апигенин — 0,02; лютеолин 0,04; гипериозид — 0,01; кемпферол-3-рутинозид — 0,01; кварцетин-3-рутинозид) рутин — 0,02; хризин — 0,01; 3,7-дигидроксифлавоон — 0,01; кварцетин — 0,03.

В связи с перспективой использования овсяной муки в качестве сырья для пищевой промышленности была проведена ее санитарно-гигиеническая экспертиза. Исследовали содержание в ней пестицидов, микотоксинов, радионуклидов и токсичных элементов. Оценка безопасности овсяной муки показала, что она соответствует требованиям СанПиН 2.3.2.1078-01. Исследования также показали, что радионуклиды (цезий-137, стронций-90) и микотоксины в овсяной муке не обнаружены.

Изучение влияния овсяной муки на качество хлеба осуществляли посредством лабораторных выпечек. Для лабораторных выпечек готовили смеси из пшеничной муки высшего сорта и овсяной муки в соотношении от 95:5 % до 50:50 % соответственно. Тесто для хлеба готовили безопарным способом. Контролем в эксперименте

служили образцы без добавления овсяной муки. Овсяную муку перед внесением в тесто измельчали до 150—200 мкм. У готовых изделий оценивали показатели удельного объема, пористости, кислотности.

Органолептическую оценку осуществляли по системе балловых оценок. Результаты исследования показывают, что овсяная мука, вносимая в рецептуру в количестве до 30 %, положительно влияет на удельный объем и пористость хлеба. Было установлено, что овсяная мука не оказывает существенного влияния на показатель кислотности хлеба. Так, кислотность образца хлеба с массовой долей овсяной муки 50 % увеличилась по сравнению с контролем с 3,0 град до 3,3 град. Интенсивность изменения этих показателей обусловлена массовой долей муки в тесте. Так, внесение муки в смесь в количестве от 5 до 10 % не оказывало существенного влияния на качество хлеба по сравнению с контрольным образцом. Увеличение массовой доли муки в смеси с 15 до 30 % положительно влияло на качество готового хлеба, так органолептические показатели хлеба были наилучшими по сравнению с контрольной пробой. Суммарная балловая оценка хлеба, содержащего 30 % муки, на 2,3 % выше, чем у контрольного образца.

В процессе лабораторных выпечек хлеба из смеси пшеничной муки и овсяной муки изучали влияние сахара. Анализ полученных данных позволяет сделать вывод о том, что внесение в рецептуру 1,5 % сахара к массе смеси положительно влияет на показатели качества хлеба. Удельный объем увеличился от 2 до 11 %, а пористость выпеченных образцов хлеба с добавлением сахара увеличивалась от 1 до 7 %. Очевидно, сахар положительно воздействует на процессы газообразования и спиртового брожения в тесте, вследствие чего улучшаются показатели удельного объема и пористости.

Полученные результаты позволяют сделать заключение о возможности использования овсяной муки в хлебопечении. Использование овсяной муки в количестве 30 % позволяет увеличить содержание витаминов в хлебе (B_1 — на 14,3 %, B_2 — на 40 %, PP — на 14,2 %, E — в 3,5 раза) и пищевых волокон в 2,2 раза.

Исследовали влияние опытных образцов хлеба на обменные процессы посредством определения уровней общего холестерина, липопротеидов высокой и низкой плотности, триацилглицеридов, глюкозы в крови, креатинина, мочевой кислоты, альбуминов и $\alpha 1$ -, $\alpha 2$ -, β -, γ -глобулинов до начала эксперимента и по истечении 14 суток. В клинических исследованиях принимали участие 16 человек, среди

которых 8 человек без отклонений в здоровье и 8 человек с сахарным диабетом первого типа.

Анализ биохимических показателей крови лиц, страдающих сахарным диабетом, показал, что употребление хлеба приводит к увеличению содержания альбуминов на 1,0 %, снижению уровня глюкозы на 10,6 %, липопротеидов низкой плотности — на 43,1 %, триацилглицеридов — на 36,7 %, креатинина — на 17,9 %, мочевой кислоты — на 16,0 %.

Таким образом, предлагаемый нами продукт обладает выраженными функциональными свойствами (гипохолестеринемическими и гипогликемизирующими), способствует нормализации белкового, липидного, углеводного обменов, обмена азотсодержащих соединений.

Список литературы:

1. Куликов Д.А. Новые тенденции использования вторичного сырья крупяного производства / Д.А. Куликов // Приволжский научный вестник: науч.-практ. журнал. — 2014. — № 5 (33). — С. 36—38.
2. Куликов Д.А. Применение вторичных сырьевых ресурсов крупяного производства для обогащения продуктов питания биологически активными веществами / Д.А. Куликов // Технические науки — от теории к практике : сб. ст. по материалам XXXIII Междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск : «СибАК», — 2014. — № 4 (29). — С. 192—196.

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НУКЛЕАЗ
МОРСКИХ ОРГАНИЗМОВ
ДЛЯ ОЧИСТКИ ОБОРУДОВАНИЯ
В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Анна Борисовна Подволоцкая

*канд. мед. наук,
доцент кафедры товароведения и экспертизы товаров
Дальневосточного федерального университета,
РФ, г. Владивосток
E-mail: apodvolot7777@mail.ru*

Лариса Анатольевна Балабанова

*канд. биол. наук,
н.с., лаборатория морской биохимии
Тихоокеанского института биоорганической химии
им. Г.Б. Елякова,
РФ, г. Владивосток
E-mail: lbalabanova@mail.ru*

Евгения Сергеевна Фищенко

*канд. техн. наук,
доцент кафедры товароведения и экспертизы товаров
Дальневосточного федерального университета,
РФ, г. Владивосток
E-mail: evgeniya_goricka@mail.ru*

PROSPECTS NUCLEASE MARINE ORGANISMS CLEANING EQUIPMENT IN THE FOOD INDUSTRY

Anna Podvolotskaya

*candidate of medical sciences, assistant professor of expertise of products
of the Far Eastern Federal University,
Russia, Vladivostok*

Larisa Balabanova

*candidate of biological sciences,
Researcher, Laboratory of Marine Biochemistry,
Pacific Institute of Bioorganic Chemistry im. G.B. Elyakova,
Russia, Vladivostok*

Evgeniya Fishchenko

*candidate of technical science,
Associate Professor of expertise of products
of the Far Eastern Federal University,
Russia, Vladivostok*

Исследование выполнено при поддержке ДВФУ, проект № 14-08-06-10-и.

АННОТАЦИЯ

Работа направлена на поиск и изучение веществ, которые могут подавлять образование биопленок и убивать бактерии внутри биопленок, а также деконтаминировать технологические линии от различных загрязнений.

ABSTRACT

This work is aimed at finding and studying substances that can inhibit the formation of biofilms and kill bacteria within biofilms, as well as decontaminated production lines of various contaminants.

Ключевые слова: бактерии; биопленки; ферменты; нуклеазы.

Keywords: bacteria; biofilm; enzymes; nucleases.

Как известно, около 99 % всех бактерий существует на Земле в sessильной фазе, т. е. в форме биопленок, состоящей из клеточного компонента — монокультур или ассоциации культур микроорганизмов, и внеклеточного матрикса, представляющего собой сложную биохимическую смесь полисахаридов, гликопептидов, нуклеиновых кислот

и липидов [1]. Поэтому не исключено, что морские организмы могут экспрессировать специфические ферменты, косвенно или непосредственно участвующие в процессе формирования и/или деградации биопленок. Более того, в морской среде, где процесс адгезии микроорганизма к субстрату может быть затруднен сильным течением, низкими температурами, высоким давлением и жесткой конкуренцией за дефицитные источники питания со стороны других организмов, обитателям моря приходится вырабатывать особые приспособления для выживания, включая уникальные ферментные системы. Морские бактерии рода *Pseudoalteromonas*, часто встречаются в моллюсках, рыбах, губках и водорослях, склонны к образованию биопленок, и могут выполнять роль как симбионтов этих эукариотических организмов, так и быть для них патогенами. Внешняя мембрана этих бактерий насыщена полисахаридами, которые играют важнейшую роль в инициации адгезии бактериальной клетки к поверхности субстрата, после которой следует фаза колонизации, которая включает все методы борьбы за выживание против других колонизирующих данную поверхность бактерий, включая синтез специфических ферментов, диспергирующих чужеродную биопленку, и даже антибиотиков [2]. Недавно было показано, что и третья стадия формирования биопленок — стадия дисперсии, или распространения. Важность этого процесса подтверждается активизацией систем клеточной сигнальной трансдукции, сенсорных систем, экспрессии эндогенных и экзогенных ферментов. Эта стадия в свою очередь имеет также три фазы: 1) отделение одиночных клеток от многоклеточной биопленки, 2) транслокация освободившихся клеток к новым поверхностям, 3) адгезия клеток на новых поверхностях. Таким образом, очевидно, что микробиальные гликозидазы могут вносить существенный вклад не только в катаболизм углеводов бактерий, но также участвовать в цикле биодеградации и биосинтеза галактоманноолигосахаридов как своих собственных, так и участников симбиотического сообщества.

Помимо гликозидаз к ферментам, деградирующим внеклеточный матрикс, относятся также нуклеазы, так как экстраклеточная геномная ДНК является важным структурным и стабилизирующим компонентом биопленок. Совсем недавно появились данные по возможности использования нуклеаз морских бактерий для разжижения слизистых биопленок в терапии верхних дыхательных путей. Выделенная и охарактеризованная нами ранее нуклеаза морского гриба *Penicillium melini*, принимающая непосредственное участие в деградации собственных природных биопленок в момент размножения, может быть успешно применена в целях разработки новых методов

предотвращение формирования биопленок, так и на разрушение уже сформированных биопленок [3].

Ферментативные способы предотвращения образования и/или сокращения биопленок были описаны, например, в РСТ заявках на патент № WO 06/031554, WO 01/98214, WO 98/26807, WO 04/041988, WO 99/14312 и WO 01/53010. Однако существует потребность в улучшенных способах и композициях для контроля биопленок в областях применения промышленности, стоматологии и охраны здоровья. Но данные патенты не включают в себя нуклеазы, а, как известно, биопленки содержат ДНК различного генеза в огромном количестве.

Использование очищенных препаратов коммерческих ДНКаз и нуклеаз экономически не выгодно, особенно для обработки больших поверхностей технологических линий в случае борьбы с биопленками. Получение рекомбинантных аналогов ферментов морского происхождения, таких как нуклеаз и других послужит не только открытию новых возможностей в пищевой промышленности, но и удешевит многие технологии получения полезных продуктов питания.

Уникальные свойства ферментов морского происхождения (высокая каталитическая эффективность, психрофильность, полиадаптируемость к субстрату, моно- и полиспецифичность и т. п.), пептидов и полисахаридов, а также возможность получения рекомбинантных ферментов позволяют использовать их для улучшения экологии производственной среды (обработка технологического оборудования для удаления и/или предупреждения образования микробиологических пленок, удаление остаточной ДНК с производственных линий), пищевых аллергенов и разработки методов контроля качества продуктов и биобезопасности среды.

Использование комплекса рекомбинантных ферментов для улучшения производственной среды в комплексе с разработанными системами контроля качества и биобезопасности производственной среды позволят использовать полученные результаты в производственных процессах, лабораторной практике при мониторинге наличия биопленок и аллергенов в продуктах питания. Это позволит усилить контроль соблюдения законодательства РФ в области маркировки продуктов питания, предотвращения фальсификации, ведущей к серьезным рискам для здоровья потребителей.

Список литературы:

1. Голуб А.В. Бактериальные биопленки — новая цель терапии? // Клин. микробиол. антимикроб. химиотер. — 2012. — Т. 14. — С. 23—29.
2. Shnit-Orland M, Sivan A, Kushmaro A. Antibacterial activity of *Pseudoalteromonas* in the coral holobiont // Microb. Ecol. — 2012. — V. 64 (4). — P. 851—859.
3. Balabanova LA, Gafurov YM, Pivkin MV, Terentyeva NA, Likhatskaya GN, Rasskazov VA. An extracellular S1-type nuclease of marine fungus *Penicillium melinii* // Mar Biotechnol (NY). — 2012. — V. 14(1). — P. 87—95.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КУРИНЫХ СУБПРОДУКТОВ В ТЕХНОЛОГИИ КОНСЕРВОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Рощина Анастасия Дмитриевна

*аспирант кафедры биотехнологии и функционального питания
Дальневосточного федерального университета,
РФ, г. Владивосток
E-mail: nastena-9-0@mail.ru*

Шульгина Лидия Васильевна

*д-р биол. наук, профессор кафедры биотехнологии
и функционального питания
Дальневосточного федерального университета,
РФ, г. Владивосток
E-mail: lvshulgina@mail.ru*

CHICKEN BY-PRODUCTS USING IN THE TECHNOLOGY OF FUNCTIONAL CANNED PRODUCTS

Anastasiya Roshchina

*graduate student of the Department of biotechnology and functional food
of the Far Eastern Federal University,
Russia, Vladivostok*

Lidia Shulgina

*Sc.D., professor of the Department of biotechnology and functional food
of the Far Eastern Federal University,
Russia, Vladivostok*

АННОТАЦИЯ

В статье приводится обоснование использования куриных субпродуктов в технологии консервированных продуктов функциональной направленности. Приведены данные по химическому составу исходного сырья и консервов. Установлено, что консервы на основе куриных субпродуктов и растительного сырья можно отнести к группе продуктов функционального назначения, так как сумма аминокислот пролина и гидроксипролина в 100 г продукта составляет 1,0 г, что удовлетворяет на 20 % суточную потребность организма человека.

ABSTRACT

The article provides a rationale for the use of chicken by-products in the technology of functional canned foods. The data on the chemical composition of the raw materials and canned food have been received. It was established that canned foods on the basis of chicken by-products and vegetable raw materials can be attributed to the group of functional products, since the sum of the amino acids proline and hydroxyproline in 100 g of the product was 1,0 g, which satisfies the 20 % daily requirement of the human body.

Ключевые слова: субпродукты куриные; желудки; сердца; консервы.

Keywords: chicken by-products; gizzards; hearts; canned foods.

Питание является одним из основных факторов, влияющих на здоровье организма человека. Вместе с пищей поступают необходимые макро- и микронутриенты, обеспечивающие нормальную жизнедеятельность организма в любом возрасте, особенно — в старческом, так как от этого зависит не только состояние здоровья,

но и продолжительность жизни. Коррекция питания в этот период жизни необходима, так как в стареющем организме уменьшается функциональная активность всех отделов пищеварения, развивается энергетический дисбаланс, снижается интенсивность обменных процессов и т. д. В связи с этим, создание продуктов, обеспечивающих снижение интенсивности процессов старения и продление жизни, является одним из важных направлений развития пищевых технологий.

Одним из перспективных видов сырья для создания продуктов питания, обеспечивающих поддержание здоровья и способствующих активному образу жизни, являются куриные субпродукты [4; 5]. К сожалению, они не являются популярным сырьем в производстве пищевых продуктов, в основном они встречаются на прилавках в замороженном или охлажденном виде. Вместе с тем, блюда из куриных желудков и сердец являются вкусными, нежными, обладают высокими товарными характеристиками, пищевой и биологической ценностью, отвечают требованиям, предъявляемым к продуктам функционального назначения.

Главным достоинством субпродуктов является наличие коллагена [1; 3], который выполняет в организме человека очень важную физиологическую функцию. Он является неполноценным белком, т. е. белком, не содержащим эссенциальные аминокислоты. Коллаген составляет одну треть от всех белков тела и 70 % — всех белков кожи. Этот белок скрепляет все ткани и органы человека, так как является структурной основой кожи, хрящей, связок, синовиальной жидкости суставов, бронхов, легочной ткани, межпозвоночных дисков, стенок кровеносных и лимфатических сосудов, пищеварительного тракта и других. Синтез коллагена сложный и многостадийный. Основными аминокислотами, обеспечивающими этот синтез, являются пролин и гидроксипролин. Их содержание составляет около 21 % от общей суммы аминокислот в составе коллагена [2].

В этой связи куриные желудки и сердца могут быть использованы как коллагенсодержащее сырье в производстве пищевых продуктов, в том числе консервов с профилактическими свойствами.

Цель данной работы состояла в обосновании использования куриных субпродуктов в технологии консервов функционального назначения.

Объектами исследований являлись куриные желудки и сердца, полученные из них консервы. В качестве дополнительных ингредиентов были использованы растительные компоненты — фасоль, лук и морковь, а также пищевая соль и пряности, по показателям качества

соответствующее требованиям технических документов и СанПиН 2.3.2.1078-01.

В работе были использованы стандартные методы исследований для определения массовой доли воды, белков, жира и минеральных веществ.

Было проведено исследование куриных субпродуктов как компонентов консервированных комбинированных продуктов функционального назначения. Результаты исследования химического состава субпродуктов приведены в таблице 1, демонстрирующей, что куриные субпродукты можно отнести к высокобелковому, но, в тоже время, среднекалорийному сырью.

Исследования аминокислотного состава показали, что белки куриных желудков и сердец являются полноценными. Сумма пролина и гидроксипролина в составе белков куриных сердец и желудков составляет 6,5—7,0 г на 100 г белков, что значительно превышает их содержание в другом мясном сырье [6].

Для получения нового вида консервов из куриных субпродуктов была подобрана композиция с наилучшей сочетаемостью компонентов. В этот состав вошли в качестве растительных компонентов фасоль, лук и морковь.

Таблица 1.

Химический состав и энергетическая ценность куриных желудков и сердец

Компоненты	Содержание	
	желудки	сердца
Вода, %	70,9 ± 1,2	72,8 ± 1,2
Белки, %	21,0 ± 0,5	15,3 ± 0,5
Жир, %	6,4 ± 0,4	10,2 ± 0,4
Углеводы, %	0,6 ± 0,04	0,5 ± 0,04
Минеральные вещества, %	1,1 ± 0,07	1,2 ± 0,07
Сумма пролина и гидроксипролина, г на 100 г белка	7,1	6,54
Энергетическая ценность, ккал	130,0	155,0

Выбор фасоли обусловлен тем, что она богата белками (до 20 %), углеводами (50 %) и минеральными веществами. Исследования аминокислотного состава фасоли показали, что ее скор приближен к шкале ВОЗ/ФАО, а сумма пролина и гидроксипролина составляет 7,5 г на 100 г белка. Лук и морковь придают продукту высокие вкусо-

ароматические свойства и обогащают его углеводами, пищевыми волокнами, минеральными веществами.

Из подготовленных компонентов составляли смесь по рецептуре, которая приведена в таблице 2.

Таблица 2.

Рецептура смеси для получения консервированных продуктов на основе куриных субпродуктов

Компоненты	Содержание, %
Куриные желудки	35,0
Куриные сердца	30,0
Фасоль бланшированная	7,0
Лук пассерованный	8,0
Морковь пассерованная	10,0
Перец чёрный молотый	0,02
Перец душистый молотый	0,02
Пищевая соль	1,3
Томат-паста	2,4
Питьевая вода	Остальное (до 100)

Далее, подготовленные по рецептуре ингредиенты тщательно перемешивали, фасовали в металлические банки № 22 массой нетто 130 г, направляли на закрутку в вакуумзакаточную машину, затем банки загружали на стерилизацию в автоклав типа АВ. Стерилизовали ~~проехали~~ паром при температуре 120°C, продолжительность составляла 30 мин, что обеспечивает промышленную стерильность продукта, далее все банки были охлаждены водой с противодавлением 0,18 МПа.

Полученные комбинированные консервы характеризуются высокими органолептическими свойствами — очень приятные на вкус и запах, сочные, обладают нежной консистенцией. Можно употреблять их как в разогретом виде, так и как холодную закуску.

Пищевая ценность продукта характеризуется следующими показателями (в 100 г продукта): белков — 14,0 г, жира — 9,2 г, углеводов — 7,0, минеральных веществ — 1,42 г. Энергетическая ценность консервов составляет 166,8 ккал.

Полученные консервы на основе куриных субпродуктов можно отнести к группе продуктов функционального назначения, так как сумма пролина и гидроксипролина в 100 г продукта составляет 1,0 г, что удовлетворяет на 20 % суточную потребность организма человека.

Таким образом, консервы на основе куриных желудков и сердец, полученные по предложенной технологии, являются продуктами с профилактическими свойствами, так как характеризуются высоким содержанием основных аминокислот, обеспечивающих в организме человека синтез коллагена, входящего в состав соединительной ткани и обеспечивающий ее регенерацию.

Список литературы:

1. Григорьева Е.В. Биологическая оценка качества консервов из мяса кур / Е.В. Григорьева, Е.В. Макарова, Г.Н. Ким. // Мясная индустрия, — 2008. — № 6 — с. 15—16.
2. Иванкин А.Н. Особенности коллагена в мясном сырье. / А.Н. Иванкин, А.Д. Неклюдов, О.П. Прошина// Мясная индустрия, — 2009. — № 1 — с. 59—63.
3. Крылова В.Б. Использование нетрадиционного животного сырья в технологии мясных и мясорастительных консервов / В.Б. Крылова, Т.В. Густова, Н.Н. Манджиева // Мясная индустрия, — 2010. — № 11 — с. 20—23.
4. Стефанова И.Л. Глубокая переработка мяса птицы для получения продуктов функционального питания / Стефанова И.Л., Мокшанцева И.В., Тимошенко Н.В. //Мясные технологии, 2005. № 1—2.
5. Стефанова И.Л. Продукты на основе мяса птицы для функционального питания / И.Л. Стефанова, Л.В. Шахназарова, Н.В. Тимошенко, Р.А. Дьяченко, О.В. Ниманихин // Мясная индустрия, — 2008. — № 6 — с. 11—14.
6. Химический состав пищевых продуктов: Книга 2. Справочные таблицы содержания аминокислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов / Под ред. И.М. Скурихина и М.Н. Волгарева. М.: Агропромиздат, 1987. — 360 с.

**МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ ОСТАТОЧНЫХ
КОЛИЧЕСТВ АНТИБИОТИКОВ
В ПРОДУКТАХ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ
НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТОРГОВЛИ
И ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ**

Станишевская Наталья Борисовна

*доцент кафедры технологии продуктов питания,
Филиала НОУ ВО Московского технологического института «ВТУ»,
РФ, г. Оренбург
E-mail: stan-natali@yandex.ru*

**THE CONTENT MONITORING ANTIBIOTIC RESIDUES
IN ANIMAL PRODUCTS AT THE ENTERPRISES
OF TRADE AND PUBLIC CATERING**

Stanishevskaya Natalia

*assistant professor
of Branch PEI VO Moscow Technological institute «WTU»,
Russia, Orenburg*

АННОТАЦИЯ

В статье представлены результаты мониторинга содержания остаточных количеств антибиотиков в продуктах животного происхождения на предприятиях торговли, общественного питания и пути повышения безопасности продукции животного происхождения.

ABSTRACT

The article presents the results of monitoring of residual amounts of antibiotics in animal products in trade, catering and the ways to improve the safety of products of animal origin.

Ключевые слова: антибиотики; продукты животного происхождения; тетрациклин; стрептомицин; пенициллин; кормовые подкислители.

Keywords: antibiotics; products of animal origin; tetracycline; streptomycin; penicillin; feed acidifiers.

В последнее десятилетие наблюдается значительное снижение эффекта от лечения антибактериальными препаратами, связанное с появлением антибиотикорезистентных форм патогенных микроорганизмов. Терапевтический эффект применяемых антибактериальных средств заключается в угнетении метаболизма возбудителя инфекционного заболевания. Процессы блокировки метаболизма происходят при связывании антибиотика со структурами клетки мишени, в качестве которых могут выступать клеточная стенка, рибосомы или генетический аппарат прокариотного организма [3, с. 75].

Массовое и беспорядочное применение антибиотиков, в частности — в животноводстве, создает благоприятные условия для быстрой эволюции патогенности и вирулентности микроорганизмов и формирования у них антибиотикорезистентности. Несмотря на введенный в Евросоюзе запрет на использование антибиотиков в кормах, практически все зарубежные компании, поставляющие сырье для производства комбикормов в РФ, добавляют в него различные противомикробные препараты для ускорения роста животных, снижения коэффициента конверсии кормов и сокращения сроков откорма, не указывая на проводимые действия в сопроводительном удостоверении [2, с. 496].

В Российской Федерации действуют санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» (СанПиН 2.3.2.1078-01), в которых регламентируется содержание ряда антибиотиков в сырье и продуктах животного происхождения.

Несмотря на актуальность и важность проблемы превышения регламентируемого содержания антибиотиков в сырье и продуктах животного происхождения, попытки оценки ее масштабности носят фрагментарный характер. В связи с чем целью работы стал мониторинг содержания остаточных количеств антибиотиков в продуктах животного происхождения на предприятиях торговли и общественного питания г. Оренбурга.

Исследованию подвергали говядину (производство РФ, Польша), печень свиную (РФ), ножки куриные (РФ, США), свинину (Германия), яйца куриные (РФ), яйца перепелиные (РФ), яичный порошок (Бразилия), молоко и молочные продукты (РФ, Литва, Украина), мед (РФ) — всего 561 образец.

В результате проведенных исследований ножек куриных (РФ, Китай, США), говядины (РФ, Польша), свинины (Германия), яиц куриных (РФ), яичного порошка (Бразилия), молока и молочных

продуктов (РФ, Литва, Украина) было выявлено 57 случаев превышения содержания антибиотиков (таблица 1).

Таблица 1.

Антибиотики, обнаруженные в продуктах животного происхождения в количествах, превышающих требования СанПиН 2.3.2.1078-01

Объект исследования и страна происхождения	Антибиотик	Количество положительных проб
Ножки куриные (США)	Тетрациклин	5
	Стрептомицин	1
Ножки куриные (РФ)	Тетрациклин	2
Печень свиная (РФ)	Тетрациклин	5
Фарш говяжий (РФ)	Тетрациклин	3
	Стрептомицин	1
Яйца куриные (РФ)	Тетрациклин	1
	Стрептомицин	1
Молоко (РФ)	Пенициллин	2
	Стрептомицин	2
	Тетрациклин	1
Сметана (РФ)	Стрептомицин	2
	Тетрациклин	2
Сыр твердый (РФ)	Тетрациклин	1
Брынза (РФ)	Пенициллин	1
	Стрептомицин	1
Консервы говяжьих (Польша)	Тетрациклин	6
Говядина замороженная (Польша)	Гризин	2
	Бацитрацин	1
Говядина (Польша)	Тетрациклин	1
Сыр твердый (Украина)	Левомецетин	1
	Тетрациклин	1
Брынза (Украина)	Тетрациклин	1
	Левомецетин	1
Сыр твердый (Литва)	Стрептомицин	1
Яичный порошок (Бразилия)	Тетрациклин	3
	Стрептомицин	3
Свинина (Германия)	Тетрациклин	1
Всего		57

Антибиотики в остаточных количествах были выявлены в говядине и свинине (Польша) и мышечной ткани птицы импортного происхождения (США). Молочная продукция и яйца куриные, содержащие антибиотики, были отечественного производства.

В куриных ножках, говядине, свинине чаще других определялись антибиотики тетрациклинового ряда. Следующим по частоте встречае-

мости был стрептомицин. Из образцов замороженной говядины импортного производства выделены комовые антибиотики гризин и бацитрацин. В куриных яйцах и яичном порошке выявлены тетрациклин и стрептомицин.

Наиболее широкий спектр антибиотиков в остаточных количествах был обнаружен в образцах молока и молочных продуктах: пенициллин, тетрациклин, стрептомицин и левомицетин.

При анализе образцов животноводческой продукции выяснилось, что чаще в пробах выявляли антибиотики тетрациклинового ряда — в 66,5 % случаев. Стрептомицин присутствовал в 21,9 % образцов говядины, субпродуктов, молока и молочных продуктов. Левомицетин встречался чаще в молоке и молочных продуктах — 3,2 % случаев. Пенициллин обнаруживался только в молочных продуктах в 5,4 % случаев. Крайне редко обнаруживались гризин и бацитрацин — в 0,3 и 0,1 % случаев.

Высокий процент обнаружения тетрациклина объясняется тем, что этот антибиотик постоянно добавляют в корма для стимуляции роста. В яйцах куриных обнаружены тетрациклин и стрептомицин, несмотря на запрет добавления антибиотиков в корма курам-несушкам. Молочные продукты содержали практически все антибиотики, добавляемые в корма.

На сегодняшний день производители сельскохозяйственной продукции не готовы отказаться от применения антибиотиков, так как это может привести к вспышкам инфекций, передающихся потребителям через зараженную продукцию животноводства и птицеводства [1, с. 7].

Наиболее простое решение проблемы — неукоснительное соблюдение существующих норм содержания антибиотиков в продуктах животного происхождения. Решение простое, но не радикальное. А таковым является разработка препаратов, составляющих альтернативу антибиотикам. Наиболее перспективными из всех направлений являются разработки соединений, представляющих смеси органических кислот, так называемые кормовые подкислители с антибактериальным эффектом в отношении различных видов шигелл, сальмонелл, патогенных сероваров кишечной палочки. Эти соединения, проникая внутрь бактериальных клеток, нарушают кислотно-щелочной баланс, приводя к гибели патогенные бактерии, но, никак не влияя на нормальную микрофлору желудочно-кишечного тракта.

Список литературы:

1. Вечеркин А.С. Нерациональное использования антибиотиков в животноводстве / А.С. Вечеркин // Ветеринария: науч.-практ. журнал. — 2004. — № 9. — С. 7—9.
2. Навашин С.М. Рациональная антибиотикотерапия / С.М. Навашин. М.: Медицина, 1982. — 496 с.
3. Светоч Э.А. Множественная лекарственная устойчивость бактерий и пути рационального применения антибиотиков в ветеринарной практик / Э.А. Светоч // Вестник с.-х. науки Казахстана: науч.-практ. журнал. — 1975. — № 4. — С. 74—77.

СЕКЦИЯ 10.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И МЕНЕДЖМЕНТ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ FMEA

Махалин Александр Александрович

*главный инженер проекта ООО «Идеал-Пласт»,
РФ, г. Тольятти*

E-mail: aleksandr-makhalin@yandex.ru

PROBLEMS OF APPLICATION PROCEDURES FMEA

Makhalin Aleksandr

*chief project engineer "Ideal-Plast",
Russia, Togliatti*

АННОТАЦИЯ

Актуальность выбранной темы обусловлена необходимостью рассматривать не только положительные стороны применения методики FMEA, но и проблемы, возникающие в ходе работы. В статье рассмотрены проблемы проведения анализа и даны рекомендации по улучшению работы с методикой.

ABSTRACT

Relevance of the topic chosen due to the need to consider not only the positive aspects of the use of techniques FMEA, but also the problems that arise in the course of work. The problems of analysis and recommendations for improvements to the procedure.

Ключевые слова: методика; анализ рисков; качество; ИСО; затраты; несоответствие.

Keywords: methods; analyze risks; quality; ISO; spend; discrepancy.

Одной из приоритетных задач в работе службы качества на любом предприятии является выявление и предотвращение появления несоответствий (брак, дефект). Для решения этой задачи

во многих компаниях применяют методику FMEA. Она расшифровывается как Failure Mode and Effect Analysis — анализ видов и последствий отказов. Целью является проведение анализа и выявление наиболее критических шагов производственных процессов. Заграницей данная методика применяется уже 65 лет и у нее так и не появилось достойного конкурента. В России FMEA начали активно применять с конца 90-х годов после прихода стандартов ISO серии 9000 и ISO/TS 16949. Методика основана на трех основных принципах: *оценка, команда и анализ*.

Для любого потенциального дефекта или отказа определяются три показателя:

- значимость, определяемая с точки зрения тяжести последствий данного отказа;
- вероятность появления данного отказа;
- возможность обнаружения данного отказа до проявления его последствий.

Особенность такого анализа в том, что он охватывает весь жизненный цикл продукции. Максимальный результат достигается за счет применения методики на этапе разработки и проектирования.

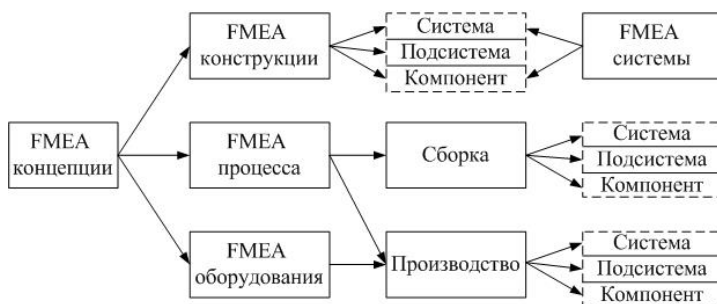


Рисунок 1. Типы FMEA анализа

В нашей стране данная методика регламентируется в «ГОСТ Р 51814.2 — Системы качества в автомобилестроении. Метод анализа видов и последствий потенциальных дефектов», а так же многие предприятия используют в работе справочное руководство «Анализ видов и последствий потенциальных отказов. FMEA. (4 изд.)» подготовленной СМЦ «Приоритет». Стоит напомнить, что применение рассматриваемой методики является обязательным требованием стандарта ISO/TS 16949 — Особые требования по применению ISO 9001:2008 в автомобильной промышленности [3].

Мы не будем подробно останавливаться на описании условий и правилах FMEA, а затронем только общие требования, так как в открытых источниках представлен большой объем информации на эту тему. Нашей основной целью будет рассмотреть проблемы возникающие при работе с методикой.

Проанализировав работу 8 компаний автомобильного сектора были выявлены общие проблемы в применении анализа, они описаны ниже.

Проблема 1. С данной методикой работают не как с мощным инструментом снижения рисков в производстве, а как с вынужденной мерой. Это происходит из-за непонимания методики в целом, что влечет за собой формальный подход к работе [2].

Многие компании до сих пор применяют метод проб и ошибок и практически не получают специализированную информацию извне (курсы, тренинги). Напомним, что главным фактором эффективности методики является своевременность. Анализ следует проводить либо до появления несоответствий, либо оперативно после выявления причин, приводящих к их возникновению, чтобы не допустить вредных последствий или максимально снизить их риск.

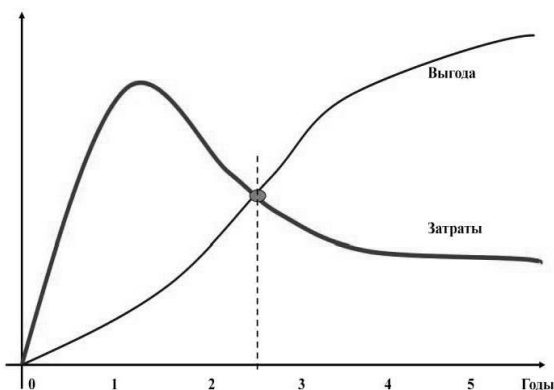


Рисунок 2. Выгода от применения методики

С финансовой точки зрения, методика очень выгодна, так как затраты на организацию работы команды минимальны. Большой эффект можно достичь если проводить анализ и внедрение корректирующих/предупреждающих действий на этапе подготовки

производства, в серии аналогичные мероприятия будут обходиться дороже.

Проблема 2. Командная работа – один из главных принципов методики. Работы ведутся специально подобранной командой специалистов и иногда привлеченных экспертов рассматриваемой области. Получаемый результат напрямую зависит от уровня подготовки и профессионального опыта задействованных специалистов.

На практике проводит анализ и ведет протокол, как правило, 1 человек, инициатор проведения FMEA. Не стоит забывать, что анализ рисков — это совместная работа специалистов разных подразделений и часто в команду для работы назначаются специалисты, не разбирающиеся в теме, не занятые или новички. Так же, в команде должен присутствовать представитель потребителя, но часто это требование игнорируют.

Приведем пример минимального состава команды:

- руководитель группы;
- технолог;
- конструктор;
- специалист по качеству;
- специалист по экономике/закупкам;
- представитель потребителя.

Многие аудиторы СМК и специалисты по FMEA рекомендуют не назначать одних и тех же специалистов в рабочие группы, так как со временем теряется объективность, непредвзятость и заинтересованность в анализе проблем.

Проблема 3. Приоритетное число риска (ПЧР) в автомобильной промышленности установлено как **100—120**, в современном автомобилестроении это очень завышенный показатель, его необходимо максимально снизить.

Решение первой и второй проблемы зависит полностью от руководства, от их заинтересованности. Решить третью проблему можно применив ступенчатую систему установки ПЧР. Данная система будет позаимствована из французского аналога FMEA-AMDEC.

Для каждой причины потенциального несоответствия осуществляется расчет и регистрация ПЧР. Оно равно произведению средних значений рангов значимости S, возникновения O и обнаружения D:
 $ПЧР=(S) \times (O) \times (D)$.

Граничное значение ПЧР устанавливается не выше, чем у потребителя (ср. 100):

- если балл значимости S равен 9 или 10, то ПЧР равно 54 (характеристики по безопасности);
- если балл значимости S равен 7 или 8, то ПЧР равно 80;
- для остальных: ПЧР равно 100.

Если значение ПЧР превышает граничное, рекомендуется разработать действия для их снижения.

Снижение значимости S достигается только изменением конструкции продукта или процесса (путем исключения одного из потенциальных последствий несоответствия).

Основными методами снижения рангов возникновения O и обнаружения D являются:

- Рока-Уока — устройства или процедуры, которые предотвращают появление дефектов в производственных процессах;
- SPC — статистический контроль качества;
- верификация наладки оборудования;
- принудительная замена оборудования/оснастки;
- контроль первой годной детали.

Для проведения анализа применяется различное программное обеспечение, но большинство из них ориентированы на иностранные рабочие группы. Российская компания АСКОН разработала приложение для автоматизации работы при проведении анализа. За последний год можно заметить повышенный интерес со стороны предприятий к данной разработке.

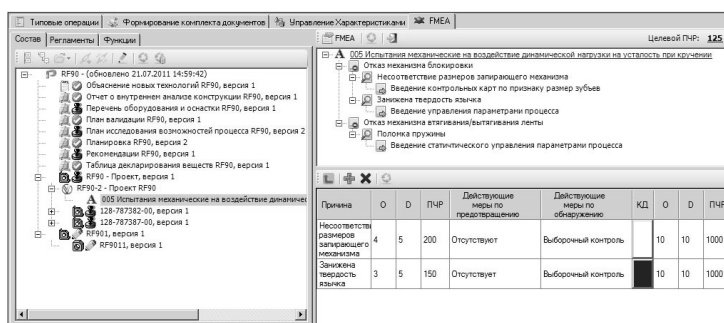


Рисунок 3. Рабочее окно приложения [1]

Решение данных проблем позволит существенно повысить качество выпускаемой продукции, сэкономить время и сократить производственные затраты.

Список литературы:

1. АСКОН (2014) // www.ascon.ru [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://machinery.ascon.ru/software/tasks/items/?prcid=170&prpid=1197> (дата обращения 23.09.2014).
2. Махалин А.А., Нахратова Г.В. Повышение качества сборки пластмассовых изделий при помощи ультразвуковой сварки // Технические науки — от теории к практике // Сб. ст. по материалам XXXIV междунар. науч.-практ. конф. № 5 (30). Новосибирск: Изд. «СибАК», 2014. — С. 76—81.
3. Нахратова Г.В. Непрерывное уменьшение отклонений // Сборник научных трудов Sworld. — 2014. — № 2. — Т. 2. — С. 12—18.

СЕКЦИЯ 11.

МЕТОДОЛОГИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПРОЦЕССЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Латышев Виктор Александрович

канд. тех. наук, доцент кафедры ЕНОТД

Ямальского нефтегазового института (филиала)

Тюменского государственного нефтегазового университета,

РФ, Ямало-Ненецкий автономный округ, г. Новый Уренгой

E-mail: viklat@yandex.ru

REALIZATION OF INTERDISCIPLINARY RESEARCH IN THE PROJECT DEVELOPMENT PROCESS OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEM

Viktor Latyshev

candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Chair,

Yamal Oil and Gas Institute (branch)

Tyumen State Oil and Gas University,

Russia, Yamalo-Nenets Autonomous Okrug, Novy Urengoy

АННОТАЦИЯ

Для создания автоматических систем управления принципиально новыми машинами и механизмами требуются специалисты, способные ориентироваться в смежных вопросах на стыке различных областей знания. Успешное обучение специалистов предполагает одновременное решение трех видов проблем: методологической, организационной и информационной. Современные специалисты должны обеспечивать дифференцированный подход к обслуживанию специфических агрегатов — механических, электрических, гидравлических, пневматических и электронных.

ABSTRACT

For the formation of automatic control system by principally new vehicles and machinery experts are required who can get oriented in related issues at the interface of different branches of knowledge. Successful education of experts presupposes simultaneous solution of three types of problems: methodological, organizational and informational. Modern specialists must provide differential approach to the maintenance of specific aggregates such as mechanical, electrical, hydraulic, pneumatic and electronic.

Ключевые слова: автоматика; метод; обучение; система управления; проектирование.

Keywords: automatics; method; education; controlling system; project development.

Автоматика — это отрасль науки и техники, охватывающая теорию и практику автоматического управления, а также принципы построения автоматических систем и образующих их технических средств. Автоматика позволяет существенно повышать эффективность ведения технологических процессов, увеличивать производительность труда, сокращать количество обслуживающего персонала и улучшать качество выпускаемой продукции, обеспечивая высокую точность ведения процессов, а также производить требуемый процесс в условиях и местах, не доступных для человека (атомное производство, освоение космоса, условия Крайнего Севера и т. д.). Современные системы автоматического управления (САУ) применяются для работы с различным специфическим оборудованием — механическим, электрическим, электромеханическим, гидравлическим, пневматическим и электронным. На стадии создания подобной техники все чаще требуются специалисты широко профиля, способные ориентироваться в смежных вопросах на стыке различных областей знания и способные самостоятельно мыслить. Особое значение приобретают теперь вопросы методологии. Методология — это наука о деятельности, наука, выделяющая в любом виде деятельности, будь то мышление, проектирование или производство, общие принципы, овладение которыми позволяет успешно осваивать любую сферу деятельности. Основной принцип методологии состоит в том, что для осуществления любой деятельности нужны прежде всего средства, поэтому любая деятельность должна начинаться с созданий адекватных средств или овладения ими [1].

Рассмотрим решение этой задачи на примере выполнения сквозного курсового проектирования по дисциплинам «Электроника»,

«Теория автоматического управления» и «Технические измерения и приборы» студентами Ямальского нефтегазового института филиала ТюмГНГУ в городе Новый Уренгой, обучающихся по направлению подготовки 220700.62 «Автоматизация технологических процессов и производств» по профилю «Автоматизация технологических процессов и производств в нефтяной и газовой промышленности», квалификация — бакалавр.

Курсовое проектирование как организационная форма обучения применяется на заключительном этапе изучения учебной дисциплины. Она позволяет осуществить обучение применению полученных знаний при решении комплексных производственно-технических или других задач, связанных со сферой действия будущих специалистов. Курсовые проекты выполняются по предметам электротехнического и специального цикла. В процессе их подготовки студенты решают технические задачи.

Курсовое проектирование выполняется по индивидуальным заданиям для решения комплексной задачи, которая состоит из трех частей.

Первая часть (курсовая работа по дисциплине «Электроника») имеет цели: практически закрепить изучаемые теоретические разделы одноименного курса; освоить методы, приемы расчета и конструкторской разработки специальных устройств автоматики на основе оптимальных критериев качества; научиться пользоваться справочниками, пособиями, реферативными журналами и другими библиографическими изданиями, выбирать необходимые материалы из накопленных в технической литературе [2].

Проектирование начинается с изучения технического задания. Техническое задание формирует требования к функциональным возможностям проектируемого устройства и условиям, в которых оно должно действовать; эти требования должны быть корректны.

Обычно имеется несколько путей построения общей функциональной схемы, значительно большее число вариантов может быть предложено для отдельных функциональных узлов. Проектируемые электронные устройства являются частью более общей системы автоматики. Очень важно четкое представление функциональной схемы всей системы, назначение и место проектируемого электронного устройства в общей структуре, предусмотреть схемные и конструктивные способы взаимного сопряжения входа и выхода с предыдущими и последующими элементами системы, разработать приемы настройки и регулировки. Необходимо самостоятельно по исходным данным уметь составлять общую функциональную

схему, указав в ней назначение и место проектируемого электронного устройства.

Содержание курсовой работы: 1. Введение; 2. Цель работы; 3. Постановка задачи; 4. Обзор литературы; 5. Структурная электрическая схема электронного блока и описание принципов его работы; 6. Функциональная электрическая схема электронного блока и расчеты основных элементов, например, выходного импульсного каскада, гальванической развязки, элементов задержки, операционного усилителя, схемы защиты от перегрузок и коротких замыканий, источников питания, выводы о качественных показателях САУ; 7. Заключение; 8. Литература.

Вторая часть (курсовая работа по дисциплине «Теория автоматического управления») включает решение задач [1]:

- расчет передаточных функций звеньев системы автоматического управления (САУ), заданных в виде четырехполосника;
- построение передаточных функций разомкнутой и замкнутой САУ по управляющему и возмущаемому воздействию;
- анализ устойчивости системы по заданному критерию и выбор коэффициента передачи САУ;
- построение частотных характеристик разомкнутой и замкнутой САУ для определения показателей качества;
- расчет настройки дискретных ПИД регуляторов, обеспечивающих заданные показатели качества и устойчивости.

Третья часть (курсовой проект по дисциплине «Технические измерения и приборы») завершает электротехнический цикл подготовки студента. Во время выполнения этого проекта студент должен освоить методику конструирования и монтажа измерительных приборов и средств автоматизации. С нашей точки зрения, для него важно умение сопоставления — по определенным критериям — конкурирующих вариантов и выбора одного из них — оптимального для заданных условий.

Основными вопросами курсового проектирования по дисциплине «Технические измерения и приборы» являются [3], [5]:

- анализ принципов действия, конструкции и характеристик технологического объекта управления;
- разработка функциональной схемы автоматизации технологического процесса и выбор технических средств автоматизации;
- разработка системы измерения температуры, давления, уровня, расхода или концентрации проектируемой САУ;
- выбор метода и средств измерения, расчет первичного преобразователя;

- расчет погрешностей измерения и выбор метода их снижения;
- монтаж средств измерения: первичного преобразователя и вторичного прибора;
- обеспечение правил техники безопасности при эксплуатации средств автоматизации, телемеханизации и вычислительной техники.

Курсовое проектирование завершается публичной защитой курсовых работ или проектов, анализ которых позволяет внести коррективы в последующий учебный процесс изучения специальных дисциплин.

Традиционная система обучения в высшей школе использует такие формы учебных занятий как лекция, лабораторные и практические занятия, консультации, самостоятельную работу и, как отмечалось ранее, курсовое проектирование. Результаты анализа организационных форм, принципов и активных методов обучения свидетельствуют о необходимости применения междисциплинарных исследований как метода новой технологии высшего профессионального образования. В настоящее время актуализируется проблема технологий профессионального образования. Основными причинами этого процесса являются:

- возрастание объема информации, приводящее к затруднениям усвоения знаний «впрок» и к необходимости реального непрерывного образования;
- техногенное направление развития современной цивилизации, заставляющее общество задуматься о том, насколько могут быть велики издержки некачественной профессиональной подготовки.

Образовательные технологии имеют целью освоение совокупности знаний и умений, которыми должен специалист овладеть в процессе обучения в вузе, т. е. в основу квалификационной характеристики специалиста положена модель его профессиональной деятельности и рассматриваются как один из видов человековедческих технологий и основываются на теоретических положениях социальной психологии, психодидактики, наук управления и менеджмента. Новые технологии открывают возможности для обновления содержания обучения и методов преподавания, а также для расширения доступа к высшему образованию.

К наиболее распространенным формулировкам понятия «технология образования» можно отнести следующие:

- область знания, связанная с определением системы предписаний, обеспечивающих оптимизацию процесса обучения;

- область научного знания, направленную на практическое изучение возможностей достижения максимальной эффективности в обучении на основе правильного учета и подбора всевозможных факторов, влияющих на процесс обучения;
- комплексный, интегративный процесс планирования, обеспечивающий управление и оценку результата обучения, охватывающий все аспекты усвоения дисциплины;
- совокупность средств и методов воспроизведения теоретически обоснованных процессов обучения и воспитания, позволяющих успешно реализовывать поставленные образовательные цели, предполагающие научное проектирование, при котором задаются эти цели и сохраняется возможность объективных измерений достигаемых результатов.

Общим в приведенных определениях является представление о том, что педагогическая технология, как часть междисциплинарных исследований, это строго научное проектирование и точное воспроизведение педагогических действий, гарантирующих успех. Более точно, по нашему мнению, понятие «педагогическая технология» определили авторы В.А. Сластенин и И.Ф. Исаков, которые рассматривают ее как последовательную взаимосвязанную систему действий преподавателя высшей школы, направленную на решение педагогических задач, или как планомерное и последовательное воплощение на практике заранее спроектированного педагогического процесса [7].

Основными критериями технологичности учебного процесса можно считать следующие:

- закономерность (опора на определенную научную концепцию, лежащую в основе проектирования данной технологии);
- целесообразность (логическая взаимосвязь структурных частей педагогической системы, придающая ей заданные качества);
- управляемость (диагностическое целеполагание, осуществление мониторинга учебного процесса, его необходимая коррекция);
- эффективность (соответствие образовательным стандартам, возможность достижения поставленных целей обучения, минимальные временные и экономические затраты);
- воспроизводимость (возможность применения другими преподавателями).

В качестве примеров наиболее известных на сегодняшний день образовательных технологий можно назвать следующие :

- развивающее обучение [4];
- проблемное обучение [7], [4];

- программированное обучение [7], [8];
- адаптивная система обучения [4], [8];
- технология полного усвоения [9].

В качестве функций образования выделяются человеко-образующая, технологическая и гуманистическая. При обучении в техническом вузе, на наш взгляд, наибольшее внимание уделяется технологической функции образования. Технологическая функция образования — это обеспечение «базы жизни»; формирование навыков и умений трудовой, общественной, хозяйственной, профессиональной деятельности; развитие коммуникативности в разных сферах жизнедеятельности и т. д. Реализация технологической функции образования осуществляется в различных организационных формах обучения, которые призваны упорядочить учебный процесс и привить студенту навыки инженерной деятельности.

Выводы:

В результате использования различных организационных форм, принципов и активных методов обучения при закреплении знаний и формировании профессиональных умений и навыков у студентов накапливается первоначальный опыт их будущей профессиональной деятельности в различных отраслях. Знакомство с существующими технологиями междисциплинарных исследований позволит использовать методологические приемы для достижения необходимых практических результатов.

Список литературы:

1. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория автоматического управления. СПб.: Профессия, 2004. — 747 с.
2. Быстров Ю.А. Электронные цепи и микросхемотехника. учеб. для вузов. М.:ОНИКС, 2012. — 384 с.
3. Исакович Р.Я., Логинов В.И., Попадько В.Е. Автоматизация технологических процессов в нефтяной и газовой промышленности. М.: Энергоатомиздат, 1996. — 376 с.
4. Климов Е.А. Психология профессионала. М. Высшая школа, 1996. — 583 с.
5. Латышев В.А. Моделирование элементов процессорных систем управления технологическим оборудованием // Технологические системы и техника. Первая электронная международная научно-техническая конференция. сб. тр. Тула, 2002. — 372 с.
6. Лернер И.Я. Процесс обучения и его закономерности. М. Мир , 1980. — 265 с.

7. Слостенин В.А., Исаев И.Ф., Шиянов Е.Н. Педагогика. М. Высшая школа , 2002. — 324 с.
8. Талызина Н.Ф., Печенюк Н.Г., Хохловский П.Б. Пути разработки профиля специалиста. Саратов, 1987. — 256 с.
9. Торндайк Е. Психология обучения взрослых. М. Мир , 1993. — 396 с.

Научное издание

**«ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ –
ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ»**

Сборник статей по материалам
XXXIX международной научно-практической конференции

№ 10 (35)

Октябрь 2014 г.

Подписано в печать 30.10.14. Формат бумаги 60x84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 11,25. Тираж 550 экз.

Издательство «СибАК»
630049, г. Новосибирск, Красный проспект, 165, офис 15
E-mail: mail@sibac.info

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии «Allprint»
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3