



МАТЕРИАЛЫ XVIII МЕЖДУНАРОДНОЙ ЗАОЧНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ –
ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ**

Новосибирск, 2013 г.

УДК 62
ББК 30
Т38

Т38 «Технические науки — от теории к практике»: материалы XVIII международной заочной научно-практической конференции. (20 февраля 2013 г.); Новосибирск: Изд. «СибАК», 2013. — 204 с.

ISBN 978-5-4379-0229-5

Сборник трудов XVIII международной заочной научно-практической конференции «Технические науки — от теории к практике» отражает результаты научных исследований, проведенных представителями различных школ и направлений современных технических наук.

Данное издание будет полезно аспирантам, студентам, исследователям в области прикладной науки и всем интересующимся актуальным состоянием и тенденциями развития технических наук.

Рецензенты:

- кандидат технических наук, Ахмеднабиев Расул Магомедович, доцент Полтавского национального технического университета имени Юрия Кондратюка;
- доктор технических наук, профессор, Ахметов Сайранбек Махсутович, ректор Казахстанского университета инновационных и телекоммуникационных систем;
- кандидат технических наук, Елисеев Дмитрий Викторович, бизнес-консультант, Академия менеджмента и рынка.

ISBN 978-5-4379-0229-5

ББК 30

© НП «СибАК», 2013 г.

Оглавление

Секция 1. Информатика, вычислительная техника и управление 7

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРЕССА НА ОСНОВЕ
ПРОГРАММИРУЕМОГО ЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА 7

Андреев Иван Александрович
Андреев Владимир Александрович
Кузичкин Алексей Анатольевич

ВЕРОЯТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ РЕКОМЕНДАЦИИ
КАНДИДАТОВ ДЛЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ
РЕШЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ КОМАНДООБРАЗОВАНИЯ 13

Бейльханов Дамир Кайржанович
Квятковская Ирина Юрьевна

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТП 19

Имаев Дамир Хабибович
Шестопалов Михаил Юрьевич

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ
РЕКОНФИГУРИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ 26

Шестопалов Михаил Юрьевич

Секция 2. Машиностроение и машиноведение 31

ВЛИЯНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР
НА ТВЕРДОСТЬ И ДЕФОРМАЦИИ ПРЕССОВАННОЙ
ДРЕВЕСИНЫ 31

Аксенов Алексей Александрович

ЗАДВИЖКА АВАРИЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ
ДЛЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ 39

Олейников Андрей Владимирович
Иванов Виктор Владимирович

ЦЕОЛИТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ПРИ ОЧИСТКЕ БИОГАЗА 46

Друзьянова Варвара Петровна
Петров Николай Вадимович

РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ В ОТРЕЗНОМ
ИНСТРУМЕНТЕ 57

Прохоров Александр Владимирович

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ Сазанов Максим Николаевич Прис Наталья Михайловна	62
Секция 3. Энергетика и энергетические техника и технологии	71
ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ЧАСТОТЫ И АВТОНОМНЫМ ИНВЕРТОРОМ НАПРЯЖЕНИЯ НА ПРОХОДЧЕСКОМ КОМБАЙНЕ Семёнов Александр Сергеевич	71
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ И ВЫБОРА КЛАССА ЗАМЕЩЕНИЯ ТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СЕТЯХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ Тарасов Алексей Сергеевич	78
Секция 4. Горная и строительная техника и технологии	85
ИЗУЧЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ АКТИВНОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА ВИБРАЦИОННОЙ КАССЕТНОЙ УСТАНОВКИ И ИХ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК Нестеренко Николай Петрович Молчанов Петр Александрович	85
Секция 5. Транспорт и связь, кораблестроение	93
ГАЛОПИРОВАНИЕ ЦИЛИНДРОВ С ПЛАВНЫМИ ОБВОДАМИ Люсин Виталий Дмитриевич	93
Секция 6. Строительство и архитектура	102
РАВНОМЕРНОСТЬ СМЕШИВАНИЯ ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫХ ВОЛОКОН С ЦЕМЕНТНОЙ МАТРИЦЕЙ Ахмеднабиев Расул Магомедович Ахмеднабиев Расул Расулович	102
МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ КОМПОЗИЦИИ Мирюк Ольга Александровна	109
Секция 7. Химическая техника и технология	115
ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ПОЛИСАХАРИДОВ ИЗ КРАСНЫХ ВОДОРОСЛЕЙ И МОРСКИХ ТРАВ Кадникова Ирина Арнольдовна	115

Секция 8. Технология продовольственных продуктов 124

ПОЛУЧЕНИЕ КОРМОВЫХ ЭКСТРУДАТОВ НА ОСНОВЕ 124
ПОДСОЛНЕЧНОЙ ЛУЗГИ

Коротков Владислав Георгиевич

Кишкилев Сергей Владимирович

Соловых Сергей Юрьевич

Антимонов Станислав Владиславович

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПРОДУКТ ПИТАНИЯ 132

С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФЕРМЕНТАТИВНО-
МОДИФИЦИРОВАННОЙ КРЕВЕТОЧНОЙ БИОМАССЫ

Каленик Татьяна Кузьминична

Грищенко Владимир Владимирович

Кравченко Марина Владимировна

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУР ДЛЯ КОЭКСТРУЗИОННЫХ 138

ПРОДУКТОВ МЕТОДОМ КОМПЬЮТЕРНОГО
ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Седых Ольга Леонидовна

Запотоцкая Елена Васильевна

БЕЗАЛКОГОЛЬНЫЕ НАПИТКИ НА ОСНОВЕ БАЛЬЗАМОВ 145

«АЛТАЙСКИЙ БУКЕТ»

Фищенко Евгения Сергеевна

Макарова Елена Владимировна

Текутьева Людмила Александровна

Сон Оксана Михайловна

Палагина Марина Всеволодовна

Алексеев Николай Николаевич

Секция 9. Технология материалов и изделий легкой промышленности 151

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕЛКОВЫХ 151

ПРЕПАРАТОВ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ
ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МЕХОВОГО ПОЛУФАБРИКАТА

Бобылева Ольга Васильевна

ПОВЫШЕНИЕ ЭСТЕТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЕРА СТРАУСА 156

ПУТЕМ КРАШЕНИЯ

Горбачева Мария Владимировна

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ЦВЕТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК 161

ШКУРОК НОРКИ ЦВЕТОВОГО ТИПА САПФИР

Квашук Анна Николаевна

ВОЛОСЫ ЖИВОТНЫХ КАК ОБЪЕКТ ЭКСПЕРТИЗЫ 166

Стрепетова Оксана Алексеевна

КОНСЕРВИРОВАНИЕ КОЖЕВЕННОГО СЫРЬЯ ПРЕПАРАТОМ «ТОКСИСПОРИН» Ухорцева Наталья Вячеславовна	172
--	-----

Секция 10. Безопасность жизнедеятельности человека, промышленная безопасность, охрана труда и экология **178**

ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ОПАСНОСТЬ ОТХОДА ПРОИЗВОДСТВА ПИГМЕНТНОЙ ДВУОКСИ ТИТАНА И ПУТИ ЕГО ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ Барсукова Анна Владимировна Вакал Сергей Васильевич	178
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНАЛИЗА РИСКА В ОБЕСПЕЧЕНИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ Тверигин Александр Александрович	184
ОБРАЗОВАНИЕ И ТРАНСФОРМАЦИЯ ПЕРВИЧНЫХ И ВТОРИЧНЫХ АТМОСФЕРНЫХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ СОЕДИНЕНИЙ СЕРЫ И АЗОТА, КАК ВАЖНАЯ ЗАДАЧА МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА Чернявский Сергей Анатольевич	188
О ЗАДАЧАХ ДИФфуЗИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРЕ Янов Александр Юрьевич	199

СЕКЦИЯ 1.

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРЕССА НА ОСНОВЕ ПРОГРАММИРУЕМОГО ЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА

Андреев Иван Александрович

доцент, Филиал ФГБОУ ВПО

«Самарский государственный технический университет»

в г. Сызрани,

доцент кафедры «Электромеханика и промышленная автоматика»,

г. Сызрань

E-mail: ivandreew@yandex.ru

Андреев Владимир Александрович

канд. техн. наук, Филиал ФГБОУ ВПО

«Самарский государственный технический университет»

в г. Сызрани,

доцент кафедры «Электромеханика и промышленная автоматика»,

г. Сызрань

E-mail: dwa113@yandex.ru

Кузичкин Алексей Анатольевич

студент 4-го курса Филиала ФГБОУ ВПО

«Самарский государственный технический университет»

в г. Сызрани

E-mail: ansabanyr13@yandex.ru

EFFICIENCY UPGRADING OF HYDRAULIC PRESS WORK BASED ON A PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER

Andreev Ivan

*Associate professor, branch of Samara State Technical University, Syzran,
Associate professor at Electrical engineering and industrial automation
chair, Syzran*

Andreev Vladimir

*Doctor of engineering science, branch of Samara State Technical
University, Syzran,
Associate professor at Electrical engineering and industrial automation
chair, Syzran*

Kuzichkin Aleksey

4th year graduate, branch of Samara State Technical University, Syzran

АННОТАЦИЯ

В статье приводится краткое описание работы гидравлического пресса, обосновывается необходимость совершенствования системы управления и предлагается дискретная система управления гидравлическим прессом на основе программируемого логического контроллера α -Серии фирмы Mitsubishi Electric.

ABSTRACT

In the paper there is given a short description of hydraulic press work. Also a necessity of managerial improvement is justified there. Sample data system of hydraulic press management based on a programmable logic controller of α -series by Mitsubishi Electric is being proposed as well.

Ключевые слова: пневматика; гидравлика; гидравлическое оборудование; прессы; программируемый логический контроллер; объект управления; дискретная система; программирование; FBD-программа.

Keywords: pneumatics; hydraulics; hydraulic equipment; presses; programmable logic controller (PLC); controlled objects; sampled data system; coding; FBD-programme.

Значительный парк тяжелого станочного оборудования в РФ до сих пор имеет устаревшие системы управления электроавтоматикой, что в значительной степени снижает надежность работы

станков [2]. Поэтому, совершенствование механических и гидравлических узлов, разработка и применение новых систем управления тяжелых станков на основе программируемых логических контроллеров (ПЛК) является актуальной задачей. Это, во-первых, значительно повышает надежность работы станка и качество принятия решений при возникновении нештатных ситуаций (при попадании в рабочую зону пресса человека или посторонних предметов уменьшается зависимость в принятии решения от оператора пресса, что повышает безопасность работы); во-вторых, позволяет эффективно управлять процессом; в-третьих, даёт возможность внедрения в системы управления станками блоков динамической визуализации процессов в режиме реального времени.

Рассмотренная в статье модернизация гидравлического пресса упростит обслуживание системы и повысит экономическую эффективность процесса. Контроллер позволяет уменьшить время на формирование управляющих воздействий (исключаются из процесса операции управления главным распределителем и распределителем выталкивателя), что приводит к повышению производительности труда.

В состав системы управления прессом (рис. 1.) входят: главный распределитель 4, предназначенный для управления рабочим 5 и возвратными 6 цилиндрами; двухклапанный распределитель 7 — для управления гидравлическим выталкивателем 8; дроссель 9, предназначенный для регулирования скорости возвратного хода поперечины 10 пресса; обратный клапан 11 и манометр 12.

Управление клапанами пресса и, соответственно, скоростью и положением подвижной поперечины пресса 10 осуществляется с помощью распределителя 13, приводимого в движение рукояткой управления прессом 14. Работу гидравлической схемы, показанной на рисунке 1, поясняет диаграмма открытия клапанов главного распределителя пресса. На этой диаграмме по оси абсцисс отложены углы поворота рукоятки управления, а по оси ординат — соответствующие высоты открытия клапанов.

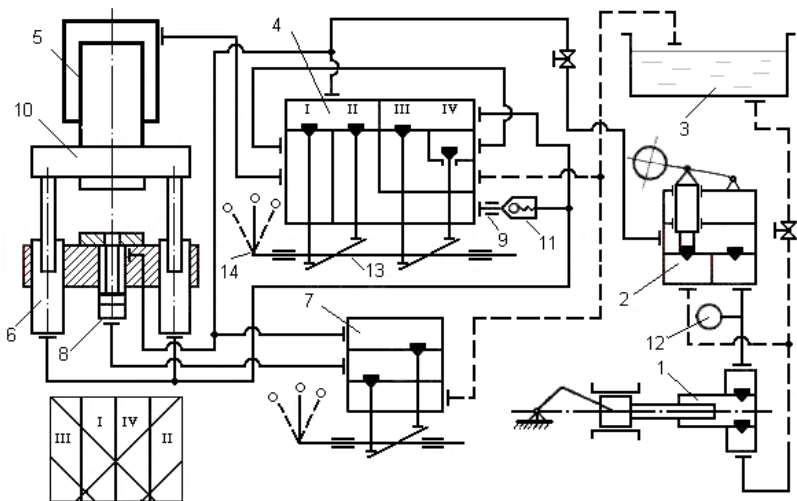


Рисунок 1. Система управления прессом усилием 2000 кН
1 — насос; 2 — предохранительный клапан; 3 — сливной бак;
4 — главный распределитель; 5 — рабочий цилиндр;
6 — возвратный цилиндр; 7 — распределитель выталкивателя;
8 — выталкиватель; 9 — дроссель; 10 — подвижная поперечина;
11 — обратный клапан; 12 — манометр; 13 — распределитель;
14 — рукоятка управления

В данной работе предложена дискретная система управления гидравлическим прессом (рис. 2.) с помощью программируемого логического контроллера α -Серии фирмы Mitsubishi Electric [1, 5]. Выбор логического контроллера обусловлен: во-первых, функциональным назначением, легкостью программирования с использованием функциональных блоков; во-вторых, открытым доступом к руководству по эксплуатации, LVS программному обеспечению; в-третьих, сравнительно низкой стоимостью контроллера.

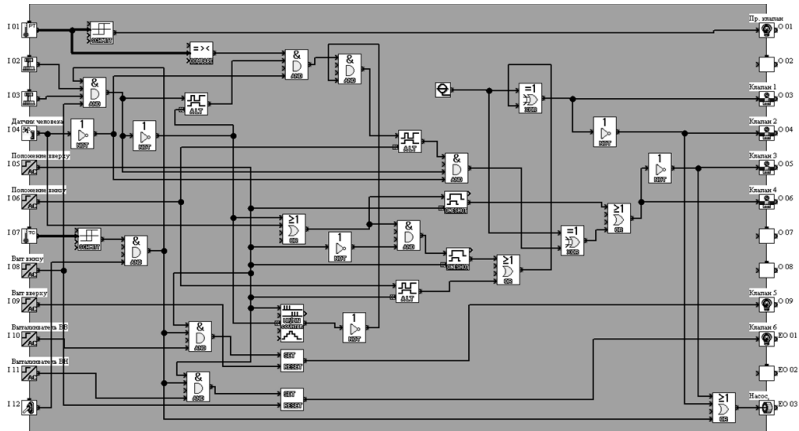


Рисунок 2. Система управления прессом с помощью программируемого логического контроллера

Перед созданием системы управления было составлено словесное описание проектируемой системы: выявлено количество и технические характеристики входных элементов и исполнительных механизмов, опираясь на пожелания обслуживающего персонала, а также требования безопасности. Задачи автоматизации реализованы с использованием языка функциональных блоков [3, 4]. Моделирование программы выполнено в автономном режиме.

Объект управления представлен измерительными преобразователями различных технологических параметров — давления, положения, температуры, а также исполнительными устройствами ИУ — регулируемыми клапанами. С помощью этих технических средств осуществляется воздействие на объект управления (рабочий и возвратный цилиндры) в целях обеспечения заданных режимов его функционирования.

Контроллер выполняет следующие функции:

- сбор и обработка информации о параметрах технологического процесса и состояния оборудования;
- формирование управляющих воздействий — дискретное управление и регулирование в соответствии с алгоритмом управления.

Датчик контроля человека блокирует работу пресса в случае несанкционированного доступа в защитную зону. В системе предусмотрена тепловая защита насосного привода. Датчик контроля давления рабочей жидкости ограничивает верхний предел давления с помощью предохранительно-переливного клапана.

В состав системы управления входят два клапана для управления гидравлическим выталкивателем. Оператор управляет прессом с помощью двух переключателей нажимного действия с самовозвратом, то есть без фиксации включенного состояния. При отжати любого из переключателей поперечина прессы совершает возвратный ход. Повторное нажатие на переключатели открывает клапаны рабочего цилиндра только из состояния покоя прессы.

Данные от датчиков и переключателей через устройство связи с объектом УСО поступают в контроллер. Эти данные обрабатываются программами, хранящимися в памяти программ, по заданным алгоритмам. Результаты обработки поступают на входы УСО. В УСО цифровой код преобразуется в физический сигнал (ток или напряжение). Далее сигнал поступает на исполнительное устройство ИУ. В результате исполнения команды контроллера изменяется расход потока жидкости через регулирующие клапаны. Наряду с формированием управляющих команд ПЛК управляет средствами сигнализации.

Одной из задач при прохождении студентами производственной практики на предприятиях города является изучение принципов работы действующего оборудования и предложение решений по его модернизации. На приведенном в статье примере автоматизации прессы студенты получают первичные навыки программирования логических контроллеров.

Материал статьи может быть полезным для использования в учебном процессе для студентов по специальности «Автоматизация технологических процессов и производств».

Список литературы:

1. Микроконтроллеры ALPHA вместо множества компонентов. [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: <http://www.mitsubishi-automation.ru/products/microcontrollers.html>.
2. Наземцев А.С. Пневматические и гидравлические приводы и системы. Часть 2. Гидравлические приводы и системы. Основы. Учебное пособие/ А.С. Наземцев, Д.Е. Рыбальченко. — М.: ФОРУМ, 2007 — 304 с. ил.
3. Петров И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приёмы прикладного программирования / Под ред. В.П. Дьяконова. — М.: Солон-Пресс. — 2004. — 256 с.
4. Руководство по программному обеспечению. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://ipc2u.ru/files/ipc2U/prcatat/ME/alpha/programAlphaXL.pdf>.
5. Электротехнические системы Петербург («ЭС Петербург»). Контроллеры Альфа Mitsubishi Electric. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: http://www.esspb.ru/alpha_controllers.html.

**ВЕРОЯТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ РЕКОМЕНДАЦИИ
КАНДИДАТОВ ДЛЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ
ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ
КОМАНДООБРАЗОВАНИЯ**

Бейльханов Дамир Кайржанович

аспирант АГТУ,

г. Астрахань

Email: mcproxa@yandex.ru

Квятковская Ирина Юрьевна

д-р техн. наук, профессор АГТУ, г. Астрахань

Email: i.kvyatkovskaya@astu.org

**PROBABILISTIC MODEL RECOMMENDATION
OF CANDIDATES FOR DECISION
SUPPORT SYSTEM IN THE PROCESS
OF TEAMBUILDING**

Beylkhonov Damir Kayrzhonovich

Postgraduate of ASTU, Astrakhan

Kvyatkovskaya Irina Yurievna

Doctor of Technical Sciences, Professor of ASTU, Astrakhan

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассматривается вероятностная модель рекомендаций, как отдельный модуль в системе поддержки принятия решений при отборе кандидатов для того, чтобы оценить скрытые аспекты модели предпочтений к работе, навыки и умения. Совместно с этим подходом формируется команда участников с аналогичными структурами в предпочтениях, основанные на скрытых аспектах, полученных из номинального профиля работы. Учитывая эти требования, на выходе получаем вычислительную модель надежности, позволяющая охватить как индивидуальные и другие навыки, выступающие в качестве входных параметров для системы поддержки принятых решений, обрабатывающая полученные данные.

ABSTRACT

This article discusses the probability model recommendations as a separate module in the decision support system for the selection of candidates to evaluate the hidden aspects of the model of preferences for work, skills and abilities. In conjunction with this approach, the participants formed a team with similar structures in preference based on hidden aspects derived from the nominal job profile. Considering these requirements, as a result is a reliable computational model extends the individual and other skills that serve as input criteria for a decision support system that processes the data.

Ключевые слова: командообразование, модель надежности, система поддержки принятия решений, скрытые навыки, отношение доверия, вычисление надежности на основе рекомендаций, вычисление надежности на основе доверия.

Keywords: teambuilding, reliability model, decision support system, latent skills, trust relation, the calculation of reliability based on the recommendations, the calculation of reliability based on trust.

На сегодняшний день сложность командообразования объясняет отсутствие коммерческих программных продуктов, так как большинство доступных систем основаны на применении обычного поиска ключевых слов и методов фильтрации посредством стандартных запросов к базе данных. Более инновационный подход был представлен Lang A. и Pigneur Y. в 1999 году, кто основал внутренний рынок рекрутмента для оценки компетенций кандидатов, представленный в виде деревьев способностей и навыков [2].

Однако, фактическое соответствие кандидатов, по-прежнему базируется на формировании стандартных запросов к базе данных, чтобы найти кандидатов, которые удовлетворяют критериям поиска. В данной работе рассматривается подход по применению вероятностной модели, которая предоставляет автоматизированный подход по рекомендации кандидатов в системе поддержки принятия решений (СППР).

Автоматизированные системы рекомендаций были изначально разработаны с целью поиска информации. Большинство проблем связано с информационной перегрузкой, помогая клиентам с поиском товаров или услуг, которые удовлетворяют их предпочтениям. Для таких случаев обычно использовались методы на основе поиска по контенту и/или общие методы фильтрации [4].

Такая система рекомендаций изначально применялась для продвижения товаров (такие как фильмы или книги) пользователям. Их вероятностная гибридная модель рекомендаций адаптирована под вероятностный скрытый семантический анализ, описанный Хофманном [5]. Данная модель интерпретирует предпочтения пользователей как выпуклая комбинация, лежащая в основе скрытых навыков.

На рисунке 1 показано графическое представление модели скрытых навыков, используемая для сравнения участников. Параметры модели оцениваются, используя алгоритм максимально-ожидаемого результата [3], где x представляет рекрутера с предлагаемой вакансией, и a представляющий навыки кандидата y , состоящий из четырёх частей, такие как например, $a =$ («математические навыки», «степень диплома», «1.0», «Московский государственный университет»). Скрытые навыки рассматриваются в модели используя скрытые переменные, в виде следующего выражения: $z \in Z\{z_1, \dots, z_k\}$.

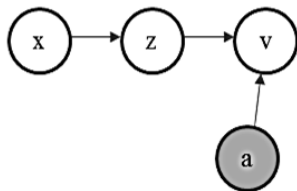


Рисунок 1. Модель рекомендаций кандидата

Модель окончательных результатов в рейтинговой матрице $R' = r'_{x,y,v}$ включает вероятность того, что рекрутер X оценил кандидата Y с оценкой V [8]. Последний параметр может любым значением или в общем случае определен как: $v \in V = \{0,1\}$, где 0 — не подходит, 1 — подходит.

Этот вероятностный подход автоматически рекомендует кандидатов, которые лучше всего подходят на вакансию на основе прошлых результатов рейтинга и с учетом их основных навыков [7]. Однако, модель имеет некоторые недостатки, так как она ориентирована только на индивидуальные навыки кандидатов, которые непосредственно связаны с ними и таким образом, позволяет только прогнозировать соответствие кандидата должности. Данный метод не учитывает дополнительную информацию для оценки навыка кандидата работать в команде.

Поэтому необходимо расширить данную модель, включив в нее подход, основанный на рекомендациях для оценки такого навыка, как умение работать в команде. Данный подход позволит повысить качество прогнозирования при подборе кандидатов для формирования эффективной команды.

Будем использовать более адаптированную модель вероятностного подхода для прогнозирования соответствия кандидата, таким же образом, как она используется в рекомендации кандидата для того, чтобы определить предпочтения к работе, на основе прошлых рабочих мест. Совместно с этим подходом образуются команда участников с аналогичными структурами в предпочтениях, основанные на скрытых навыках, полученных из номинального профиля работы. Таким образом, важно знать, что один пользователь может состоять в нескольких группах, в отличие от методов кластеризации [6]. Сходство между двумя пользователями может быть рассчитано следующим образом:

$$similarity_{AB} = \left\{ \frac{\frac{1}{n_z} \sum_{z \in Z} |P(A|z) - P(B|z)|}{0} \right\} \quad (1)$$

В первом случае, выражение справедливо при условии: $n(I_A \cap I_B) \neq 0$ и в противном случае, оно равно 0.

$P(A|z)$ — схожесть к скрытому навыку z ,

n_z — число переменных z ,

$n(I_A \cap I_B)$ — количество оцененных профилей рабочих мест между кандидатами А и В.

Попросту говоря, осуществляется вычисление разности вероятности того, что два кандидата относятся к сегменту, который включает в себя скрытый навык z . Подытожим различия всех скрытых аспектов и разделим на количество сегментов. В случае, если у нас нет совместно-оцененного профиля работы между двумя кандидатами, то нет возможности рассчитать значение сходства, поскольку алгоритм максимально-ожидаемого результата не будет генерировать результаты, потому что он выполняется со случайными значениями, которые не могут быть правильно заданы, если схожие профили работы не найдены [6]. Предположим, что положительная корреляция между

сходством пользователей и доверия присутствует, то мы получаем следующее:

$$t'_{AB} = \textit{similarity}_{AB}.$$

По мере увеличения, число совместных по рейтингу профилей работы является индикатором точности значения прогнозируемого доверия, и мы можем использовать его в качестве весового коэффициента для расчета доверия на основе сходства. В качестве примера, рассмотрим сценарий с тремя отдельными профилями А, В и С, которые не имеют явных рейтингов доверия друг к другу. Тем не менее, А и В, а также В и С имеют общую структуру предпочтения в отношении их совместного рейтинга в профиле работы. Эти сходства предпочтений структуры используются для расчета сходства значения на основе доверия. Это позволяет нам оценить до сих пор неизвестные отношения доверия между кандидатами А и С следующим образом [8]:

$$t'_{AC} = t_{A \rightarrow B \rightarrow C} = \frac{n(I_A \cap I_B)}{n(I_A \cap I_B) + n(I_B \cap I_C)} \cdot t_{AB} + \frac{n(I_B \cap I_C)}{n(I_A \cap I_B) + n(I_B \cap I_C)} \cdot t_{BC} \quad (2)$$

Другими словами, вычисленные значения предполагаемого доверия t'_{AC} , t'_{AB} , t'_{BC} суммируются, и сравниваются с количеством оцененных профилей работы каждой прямой связи. Вычисленное значение лежит между значениями двух прямых отношений доверия. Если сумма совместного рейтинга профилей работы меняется, значение доверия соответствующей связи изменяется таким же образом [1].

Подход на основе сходства позволяет вычислить сценарий, где непосредственно сочетаются индивидуальные и реляционные характеристики. На основе имеющихся профилей кандидатов А, В, С и D вместе с действующим доверительным отношением t_{AB} , мы можем вычислить сходства между парами $d(x,y)$. С учетом полученных данных, возможно, прогнозировать рейтинг доверия для неизвестной связи t_{CD} [1].

Используя данный подход предоставляется возможность интеграции данной модели в систему поддержки принятия решений для подбора кандидатов, где будет происходить обработка скрытых

аспектов, предпочтений к работе, навыков и умений кандидатов. Совместно с этим подходом формируется команда участников с аналогичными структурами в предпочтениях, основанные на скрытых аспектах, полученных из номинального профиля работы. Прототип приложения будет выполнен в виде отдельного приложения, построенного на основе реляционной модели использующей профили кандидатов, а также последние рейтинги и результаты надежности. На следующем этапе, необходимо проверить реализацию и вероятностную модель использующейся в этом приложении, и провести предварительное тестирование обобщенных данных полученных после обработки.

Список литературы:

1. Бейльханов Д.К., Квятковская И.Ю. «Использование подхода основанного на рекомендациях в процессе командообразования». // Всероссийская научная конференция молодых ученых, аспирантов и студентов. «Проблемы автоматизации. Региональное управление. Связь и автоматика» (ПАРУСА-2012). Сборник трудов, Южный федеральный университет, Геленджик, 2012, С. 16—20.
2. Abdul-Rahman A., Hailes S. «Supporting trust in virtual communities». Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences, Maui, Hawaii, USA, January 4—7, 2000. — 23 pages.
3. Dempster A.P., Laird N.M. and Rubin D.B. «Maximum likelihood from incomplete data via the EM algorithm», J. Royal Statist. Soc., B 39, 1977, pp. 1—38.
4. Guha R., Kumar R., Raghavan P. and Tomkins A. «Propagation of Trust and Distrust». Proceedings of the World Wide Web, New York, USA, May 17—22, 2004. — pp. 403—412.
5. Hofmann T. «Probabilistic latent semantic analysis», Proceedings of the 15th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence (UAI), July 30 August 1, Stockholm, Sweden, 1999, pp. 289—296.
6. Lang A. and Pigneur Y. «Digital trade of human competencies», Proceedings of the 32nd Annual Hawaii International Conference on System Sciences, Hawaii, USA, 1999, pp. 165—173.
7. Papagelis M., Plexousakis D. and Kutsuras T. «Alleviating the Sparsity Problem of Collaborative Filtering Using Trust Inferences», to appear in the 3rd international conference on trust management, iTrust, 2005.
8. Resnick P. and Varian H.R. «Recommender systems», Communications of the ACM, 40 (3), 1997, pp. 56—58.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТП

Имаев Дамир Хабибович

*д-р техн. наук, профессор кафедры
Автоматики и процессов управления (АПУ), СПбГЭТУ,
г. Санкт-Петербург
E-mail: Damir.Imaev@mail.ru*

Шестопалов Михаил Юрьевич

*проректор по научной работе, канд. техн. наук, доцент кафедры
Автоматики и процессов управления (АПУ), СПбГЭТУ,
г. Санкт-Петербург
E-mail: Shestopalov08@mail.ru*

METHOD OF TECHNOLOGICAL PROCESS CONTROL SYSTEMS FAULT-TOLERANCE CALCULATING

Imaev Damir

D.Sc., professor of Automation and control processes Department

Shestopalov Mikhail

*Vice Rector for Science and Research of Saint-Petersburg Electrotechnical
University "LETI"*

АННОТАЦИЯ

Разрабатывается методика расчета отказоустойчивости систем управления технологическими процессами (СУ ТП) на основе конечного автомата типа Мура. Рассматривается изменение технического состояния СУ ТП после первой, второй неисправностей и последовательности неисправностей. Методика базируется на концепции множества стационарных моделей. Как формальное описание жизненного цикла СУ ТП рассматривается граф автомата для потока из трех потенциальных неисправностей. Сделан вывод о том, что проектирование СУ ТП представляет собой реконфигурирование, связанное с выбором точек измерения, обеспечивающих наблюдае-

мость состояний, точек введения управляющих воздействий, которые удовлетворяют условию управляемости, и синтезом алгоритма принятия решений.

ABSTRACT

In the article is designed the method of technological process control systems fault-tolerance calculating (TP CS) based on finite state machine of Moore type. Is observed the TP CS technical condition state change after the first, second failure and the sequence of failures. The method is based on the stationary models set concept. As a formal description of TP CS life cycle is observed the machine graph for the flow of the three potential failures. It is concluded that TP CS design is a reconfiguration associated with the choice of measurement points to ensure the state observability, control actions induction points that satisfy the condition of control, and algorithm synthesis for decision-making.

Ключевые слова: отказоустойчивые системы управления, конечный автомат типа Мура, диагностика неисправностей, условия управления.

Keywords: technological process, control systems, fault-tolerance, failures, stationary models, decision-making, condition of control, machine graph.

Введение. Современные технологические процессы проектируются вместе со сложными системами управления иерархической структуры. Практика управления небезопасными технологическими установками, работающими вблизи критических режимов, делает актуальной проблему развития теории в направлении разработки моделей и методов расчета отказоустойчивых систем управления [1]. Следует также подчеркнуть, что основной контур управления и контур адаптации маскируют действия неисправностей, что затрудняет диагностирование последних. В статье рассматривается методика расчета систем управления ТП на основе конечного автомата типа Мура.

Разработанная методика базируется на изложенной в работах [1, 3] концепции множества стационарных моделей, в соответствии с которой действие неисправности, а также мероприятия по их ослаблению путем реконfigurирования основной системы интерпретируются как смена моделей. Отсюда следует принципиальная особенность моделей объектов управления техническим состоянием (ОУТС) СУ ТП. Она обусловлена тем, что имеется конечное множество технических состояний, элементами которого являются — исправная, неисправные и реконfigurированные (скорректированные,

подстроенные для устранения неисправностей) системы. В случае множеств конечной мощности обращаемся к языку и методам дискретной математики, включая отношения на множествах, графы и комбинаторные алгоритмы.

Выходом управляемого объекта супервизорного уровня является техническое состояние СУ ТП, а входами — возмущения в виде системных неисправностей и управляющие воздействия в виде мер по реконфигурированию.

Уравнения, описывающие изменения технического состояния СУ ТП после первой по очереди неисправности, запишем так:

$$\bar{S}_a = S_0 \times F_a \quad (1)$$

- неисправная система является следствием действия неисправности F_a на исправную систему S_0 ;

$$S_a = \bar{S}_a \times \Sigma_a \quad (2)$$

- после реконфигурирования Σ_a получится скорректированная система. Предыдущая система получается сдвигом на шаг назад аргумента последующей системы, что обозначим знаком «минус» при нижнем индексе: $S_0 = S_{a-}$.

В уравнениях (1), (2) символ \times означает композицию систем. Системные неисправности F_a и меры по их устранению Σ_a (так называемые мультипликативные взаимодействия) также рассматриваются как фрагменты систем.

Структурная схема ОУТС (рис. 1) изображает ситуацию, когда случилась вторая по очереди неисправность. Приведем и систему уравнений для описания процессов после второй неисправности:

$$\begin{aligned} \bar{S}_{ab} &= S_a \times F_b; b \neq a; \\ S_{ab} &= \bar{S}_{ab} \times \Sigma_{ab} \\ S_a &= S_{ab-}. \end{aligned}$$

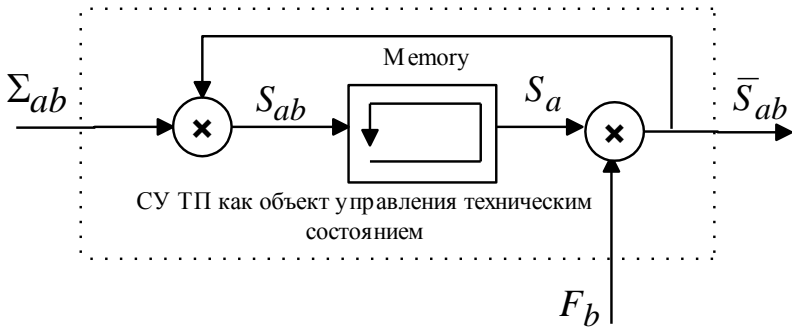


Рисунок 1. Структура объекта управления техническим состоянием (ОУТС)

На структурной схеме операцию сдвига потока событий выполняет элемент памяти Memory.

Объект управления техническим состоянием СУ ТП, как любой объект управления, имеет один выход — управляемую переменную и два выхода — возмущающее и управляющее воздействия. Предложенная структура относится к моделям типа «вход-состояние-выход», т. е. моделям в форме пространства состояний. Входами являются события в виде системных неисправностей F_b и корректирующих действий Σ_{ab} , выходом — событие \bar{S}_{ab} , а состоянием — переменная S_a .

Отметим, что предложенная модель оказывается статической, что является следствием игнорирования процессов перестройки СУ ТП. Темп процессов задает асинхронный поток неисправностей.

В том случае, когда имеет место последовательность (поток) неисправностей, для принятия решения о мерах ослабления их последствий необходимо управляющее устройство с памятью. Действительно, меры по реконфигурированию системы зависят не только от конкретной неисправности, но и от того, какова была предыдущая неисправность и каковой стала система после ее устранения. Для каждого из состояний, вообще говоря, необходима уникальная подсистема диагностирования, а для каждой неисправной системы может потребоваться свой механизм реконфигурирования.

Управляющее устройство, принимающее решение о реконфигурировании СУ ТП, реализует логический алгоритм, т. е. является дискретно-событийным устройством. На входе устройства сигнал

имеет вид последовательности символов, отвечающих событиям в виде локализованных неисправностей (диагнозам), а на выходе — дискретные решения о конфигурировании СУ ТП.

Математическими моделями логических устройств с памятью являются конечные автоматы. Модель логического управляющего устройства (супервизора) представляет собой асинхронный автомат:

$$\langle D, S, \Xi, \alpha, \lambda \rangle, s_0,$$

где: D — входной алфавит — частично упорядоченное множество диагнозов;

S — множество состояний автомата;

s_0 — начальное состояние, отвечающее исправной системе;

Ξ — выходной алфавит — множество реконфигурирующих воздействий;

α — функция переходов,

λ — функция выходов.

Состояниям автомата отвечают системы: исправная, неисправные 1 раз, 2 раза и т. д., скорректированные 1 раз, 2 раза и т. д.

Выберем для определенности автомат типа Мура, выходы которого зависят только от состояния и не зависят напрямую от входа. Диаграмма графа автомата для потока из трех потенциальных неисправностей изображена на рис. 2. Вершинам графа типа «дерево» отвечают состояния и соответствующие им выходы, разделенные символом «/». Дугам графа соответствуют диагнозы о неисправностях.

Началу эксплуатации СУ ТП соответствует состояние s_0 , которое на диаграмме графа переходов-выходов будет обозначаться как 0.

Функционирование автомата после получения информации о первой неисправности опишем в форме следующих уравнений перехода состояний и выхода:

$$s_a = \alpha(s_0, D_a);$$

$$(\sigma_a, \delta_a) = \lambda(s_a); a = 1, 2, 3.$$

Выход σ_a — команда на реконфигурирование СУ ТП с неисправностью a , выход δ_a — команда на перестройку подсистемы технической диагностики (нейросетевого классификатора) для диагностирования скорректированной СУ ТП.

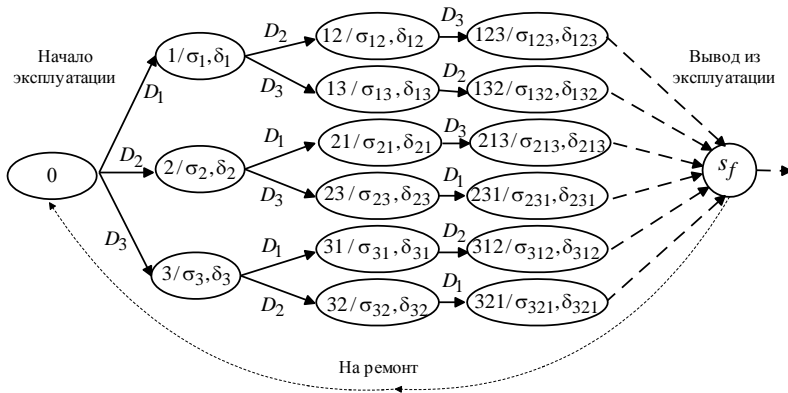


Рисунок 2. Граф автомата типа Мура

Действия автомата после второй неисправности описываются так:

$$s_{ab} = \alpha(s_a, D_{ab});$$

$$(\sigma_{ab}, \delta_{ab}) = \lambda(s_{ab}); a = 1, 2, 3; b \neq a.$$

Аналогично можно записать уравнения автомата в случае последующей неисправности.

Супервизор рассчитан на поток неисправностей конечной длины. После того, как будет выявлена последняя неисправность, автомат переходит в конечное состояние sf . Дальнейшие решения требуют вмешательства обслуживающего персонала — СУ ТП необходимо вывести из эксплуатации для ремонта или утилизации.

Число состояний автомата — мощность множества S — быстро (как говорят, комбинаторно) растет с увеличением числа потенциальных неисправностей L . Например, для $L=3$ число состояний автомата равно $3+3*2+3*2*1=15$, что следует непосредственно из рис. 2.

Можно заметить, что автомат хранит в памяти «историю болезни» СУ ТП — каждое его состояние соответствует одной из систем, а единственный путь от вершины 0 до определенной вершины дает информацию о конкретном потоке неисправностей и мер, принятых по ослаблению их воздействия. После заданного числа неисправностей принимается решение о выводе СУ ТП из эксплуатации для ремонта или утилизации.

Заключение. Граф автомата (рис. 2) можно интерпретировать как формальное описание жизненного цикла СУ ТП. Более того, в этот цикл можно включить и этап проектирования, если за начальное состояние принять технологический процесс, динамика которого нас не устраивает. Тогда проектирование СУ ТП представляет собой реконfigurирование, связанное с выбором точек измерения, обеспечивающих наблюдаемость состояний, точек введения управляющих воздействий, которые удовлетворяют условию управляемости, и синтезом алгоритма принятия решений.

Список литературы:

1. Имаев Д.Х., Шестопалов М.Ю. Системы, толерантные к неисправностям — инновационное направление в управлении сложными процессами // *Инновации*. 2012. № 7 (165). С. 109—112.
2. Имаев Д.Х., Шестопалов М.Ю. Топологические и матричные условия локализации неисправностей систем управления // *Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ»*. 2012. № 5. С. 36—44.
3. Шевцов И.В., Шестопалов М.Ю. Модели управления и диагностики технологического процесса производства никелевого порошка. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2012. 218 с.

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ РЕКОНФИГУРИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

Шестопалов Михаил Юрьевич

*проректор по научной работе, канд. техн. наук,
доцент каф. АПУ, СПбГЭТУ,
г. Санкт-Петербург
E-mail: Shestopalov08@mail.ru*

THE METHOD OF TECHNICAL OBJECTS SYSTEMS RECONFIGURATION CONSTRUCTION

Shestopalov Mikhail

*Vice Rector for Science and Research of Saint-Petersburg Electrotechnical
University "LETI"*

АННОТАЦИЯ

Осуществляется системный подход к проектированию отказоустойчивых систем управления на основе построения систем реконфигурирования. Рассматривается два основных подхода к построению отказоустойчивых (толерантных) систем в зависимости от глубины диагностирования: первый — с идентификацией «в целом» моделей объекта диагностирования; второй — с локализацией и идентификацией неисправностей. Описываются основные этапы методики синтеза при выборе «внешнего» по отношению к системе подхода.

ABSTRACT

Is carried out a systematic approach to fault-tolerant control systems based on systems reconfiguration building design. Are observed two main approaches to the construction of fault-tolerant (tolerant) systems, depending on the depth of diagnosis: the first — with “global” diagnostics object model identification, the second — with faults localization and identification. Are described the main stages of synthesis method, in the case of the “external” system approach choice.

Ключевые слова: реконфигурирование систем, отказоустойчивые системы управления, глубина диагностирования.

Keywords: systems reconfiguration, fault-tolerant control systems, depth of diagnosis, faults localization, synthesis method.

Введение. Проектирование отказоустойчивых систем управления представляет собой сложную научно-техническую проблему, связанную с необходимостью комплексного решения как задачи диагностики состояния технологических систем и объектов, так и собственно обеспечения отказоустойчивости управления, и должно основываться на едином, системном подходе [1]. Особенность системного подхода состоит в том, что система вообще исследуется как единый организм с учетом связей между различными элементами и внешних связей с другими системами, а управление как процесс, обеспечивающей требуемое поведение системы.

Построение систем реконfigurирования предполагает два основных подхода к построению отказоустойчивых (толерантных) систем в зависимости от глубины диагностирования [2]:

1. с идентификацией «в целом» моделей объекта диагностирования (ОД);

2. с локализацией и идентификацией неисправностей.

Первый, «внешний» подход, не требует локализации неисправного компонента, а второй подход, связанный с рассмотрением систем с раскрытой структурой, можно считать «внутренними». Для него характерен большой объем информации о неисправности, что, в принципе, должно найти отражение в качестве процессов перестройки.

Первый подход основан на **концепции**, в соответствии с которой ОД — неисправная система управления в целом — интерпретируется как технический объект, потерявший качественные показатели процессов, например, часть запаса устойчивости или даже ставший неустойчивым. Здесь нет необходимости в локализации неисправности — достаточно иметь результат текущей идентификации, свидетельствующий о неудовлетворительности динамики системы.

Задача обеспечения толерантности решается *внешними* по отношению к ОД средствами — путем охвата «нового» ОД обратными связями. Известно, что обратные связи являются единственным средством изменения собственной динамики объекта. Существенно, что при этом задача решается на базе традиционных моделей и методов классической и современной теории управления. При первом подходе глубина диагностирования «нулевая», что и определяет необходимость коррекции системы в целом. Иллюстрация первого подхода к обеспечению толерантности приведена на рис. 1, а.

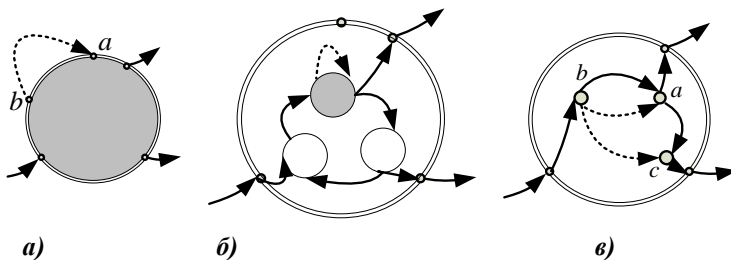


Рисунок 1. Иллюстрация подходов к разработке толерантных систем

Реализация первого подхода, кроме проблем диагностики, требует решения ряда задач по формированию структур информационных связей (топологии) и синтезу алгоритмов обработки текущей информации в реальном времени. К ним относятся:

1. выбор точек измерения — выходов, обеспечивающих наблюдаемость подлежащего изменению состояния ОД;
2. выбор входов, обеспечивающих управляемость, т. е. точек ввода воздействий;
3. синтез алгоритмов коррекции динамики и/или режима функционирования системы.

В общем случае единственная обратная связь не способна корректировать все множество неисправных систем. Тогда решается задача декомпозиции/децентрализации системы, которая заключается в оптимальном разбиении множества потенциально неисправных систем на группы, для каждой из которых создается своя подсистема коррекции.

Второй подход к построению систем обеспечивает толерантность к локализованным неисправностям *внутренними* средствами — путем подстройки подсистем или компонентов, переключения или удаления существующих связей. Это требует локализации и идентификации неисправной подсистемы или компонента.

Решение зависит от глубины диагностирования. Если неисправность локализована с точностью до подсистемы, то корректируется неисправная подсистема, а не система в целом. Такая ситуация характерна, например, для измерительных или исполнительных подсистем, построенных по принципу обратной связи. Их неисправность может заключаться в потере качества или даже устойчивости. Естественно, что меры по ослаблению влияния неисправности, принимаемые в непосредственной близости к источнику, окажутся

более быстродействующими, потребуют меньших энергетических затрат, не нарушат ограничений на переменные по сравнению с мерами по коррекции системы в целом. При этом процедуры синтеза толерантных систем, разработанные для первого подхода, сохранятся, хотя их реализация станет проще. На рис. 1, б приведена иллюстрация второго подхода к обеспечению толерантности в случае, когда локализована неисправная подсистема, но не конкретизирован неисправный компонент.

Если удастся локализовать неисправный компонент, т. е. подсистему нулевого причинно-следственного уровня, то может быть принято решение:

- о замене неисправного компонента резервным;
- о подстройке существующего компонента с близкими функциями с целью уменьшения последствий выключения неисправного.

Рис. 1, в иллюстрирует действия по ослаблению неисправности в виде потери связи между компонентами. Связь дублируется, в противном случае должен быть организован обходной путь передачи информации. К задачам второго подхода к обеспечению толерантности относятся:

- упорядочение неисправностей компонентов и связей по степени их влияния на процессы в основной системе;
- оценка степени взаимозаменяемости компонентов и связей;
- синтез алгоритмов подстройки параметров, изменения структур операторов компонентов или реконfigurирования топологии неисправной системы.

Далее предлагается методика обеспечения толерантности технических объектов, реализующая первый подход.

Методика синтеза, если выбран «внешний» по отношению к системе подход, складывается из следующих основных этапов:

1. Анализ влияния среды как источника неисправностей и обоснование необходимости в мерах по обеспечению толерантности системы управления.
2. Выбор одного из двух подходов, «внешнего» или «внутреннего», к построению системы супервизорного уровня управления.
3. Топологический синтез корректирующего контура.
4. Структурный синтез устройства коррекции.
5. Компьютерная имитация неисправностей и анализ переходных процессов, вызванных неисправностью и реконfigurированием системы.

6. Параметрический синтез реконфигурируемой системы по критерию «максимального быстродействия» — минимизации времени от момента обнаружения и локализации неисправности до практического завершения перестройки при учете ограничений на структуру и параметры звеньев коррекции.

7. Компьютерная имитация системы и анализ переходных процессов с целью проверки выполнения ограничений на переменные состояния и управляющие воздействия.

8. Если не выполнены ограничения на переменные, то следует уточнить модель и повторить оптимизацию параметров.

9. Если не выполнены ограничения на длительность переходных процессов, то следует вернуться к этапам топологического и структурно-параметрического синтеза. Возможно, в соответствии с принципом эволюционного синтеза требуется усложнение топологии путем введения очередных контуров коррекции.

10. Если усложнение системы не приводит к удовлетворительному результату, то необходимо пересмотреть этапы формирования системы технической диагностики с целью ускорения процессов выявления и локализации неисправности.

Супервизорный уровень управления, автоматически реконфигурирующего ОД с целью обеспечения толерантности к неисправностям, проектируется для функционирования в одном из двух режимов: on-line или off-line.

Список литературы:

1. Алексеев А.А., Кораблев Ю.А., Шестопалов М.Ю. Методы управления и диагностики в технических системах с применением нечеткой логики. — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ». — 2008. — 188 с.
2. Имаев Д.Х., Шестопалов М.Ю. Системы, толерантные к неисправностям — инновационное направление в управлении сложными процессами // Инновации. — 2012. — № 7 (165). — С. 109—112.

СЕКЦИЯ 2.

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

ВЛИЯНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР НА ТВЕРДОСТЬ И ДЕФОРМАЦИИ ПРЕССОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Аксенов Алексей Александрович

*канд. техн. наук, ВГЛТА,
г. Воронеж*

E-mail: aaa-aksenov@mail.ru

INFLUENCE OF SUBZERO TEMPERATURES ON HARDNESS AND DEFORMATIONS OF THE PRESSED WOOD

Aksenov Alexey

Candidate of Technical Science, VSAFE, Voronezh

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены зависимости твердости, временных упругих и остаточных деформаций прессованной древесины, критерия относительного сближения трущихся поверхностей от температуры, позволяющие скорректировать расчеты надежности и работоспособности подшипников из прессованной древесины при отрицательных температурах. Данные исследования характеризуют изменение основных механических свойств прессованной древесины при отрицательных температурах.

ABSTRACT

Considered dependences of hardness, temporary elastic and permanent deformations of a compregnated wood, criterion of the relative rapprochement of rubbing surfaces on temperature, allowing to correct calculations of reliability and serviceability of bearings from a compregnated wood at the subzero temperatures are considered. These researches characterize change of

the main mechanical characteristics of a compregnated wood at the subzero temperatures.

Ключевые слова: прессованная древесина, узел трения, твердость, деформация, отрицательная температура.

Keywords: compregnated wood, sliding friction knot, hardness, deformation, the subzero temperature.

В настоящее время в условиях отрицательных температур широко используются различные машины и механизмы, повышение работоспособности и надежности которых является весьма актуальной задачей. Применяемые в них узлы трения преимущественно изготавливаются из различных металлических сплавов. Такие узлы трения имеют ряд существенных недостатков при работе в условиях отрицательных температур. Основным недостатком металлических пар трения скольжения и качения является схватывание контактирующих поверхностей при отрицательных температурах (их примерзание и адгезия), которое при начале работы механизма вызывает значительный износ пары трения, а иногда и заклинивание подшипника, что приводит к выходу из строя всего агрегата.

Применение в узлах трения подшипников из прессованной древесины (ДП) может решить данную проблему. Узлы трения с подшипниками из ДП имеют ряд преимуществ перед подшипниками из других антифрикционных материалов: низкую себестоимость; незначительный износ сопряженной поверхности трения; хорошую деформативность при достаточной твердости и упругости; способность поглощения абразивных частиц; низкую металлоемкость; способность наполняться и пропитываться смазочными материалами (работают на самосмазке).

Для внедрения узлов трения с подшипниками из ДП в народное хозяйство многими учеными производились исследования свойств и различных характеристик ДП. Однако эти исследования имели частный характер и производились при температурах от +20 до +100 °С. Исследования свойств ДП как антифрикционного материала при отрицательных температурах будут способствовать внедрению ее в механизмы и оборудование, работающие в условиях Сибири, Дальнего Востока и Крайнего Севера.

Основной характеристикой работы пары трения металл-ДП является критерий относительного сближения сопряженных поверх-

ностей $\frac{h}{R}$, определяемый как частное глубины внедрения металлической неровности h и радиуса этой неровности у основания R .

В исследованиях [2] доказано, что критерий относительного сближения пары металл-ДП зависит от механических свойств ДП, так как металл в данном случае выступает в роли абсолютно твердого тела по отношению к ДП. Основными характеристиками механических свойств ДП является твердость, временные упругие и остаточные деформации, которые определяют надежность и работоспособность подшипникового материала.

Известно, что твердость и деформации ДП изменяются в зависимости от температуры [3], причем при повышении температуры от +20 до +100 °С твердость и временные упругие деформации уменьшаются, а временные остаточные деформации увеличиваются. Логично предположить, что при уменьшении температуры от +20 до -100 °С твердость ДП будет увеличиваться. Поэтому расчет подшипников, работающих при отрицательных температурах, необходимо вести с учетом изменения твердости и деформаций.

По данным исследований, приведенных в работе [5], упругий контакт имеет место при величине сближения $0 \leq \frac{h}{R} \leq \left(\frac{h}{R}\right)_{кр}$. Критическая величина относительного сближения поверхностей $\left(\frac{h}{R}\right)_{кр}$ зависит от механических свойств трущихся поверхностей.

Согласно исследованиям [6], контакт поверхностей при трении аналогичен контакту единичной неровности с поверхностью. Если h_{max} принять за глубину внедрения единичной неровности, при которой начинается микропластическая (временная остаточная) деформация ДП, то можно приближенно принять $\frac{h_{max}}{R} = \left(\frac{h}{R}\right)_{кр}$.

Для определения критерия относительного сближения перейдем на модель контакта поверхностей трения пары металл-ДП. Моделью металлической неровности принимаем металлический шарик диаметром 5 мм, с помощью которого определяется твердость, временные упругие и остаточные деформации по ГОСТ 13338-86 [4].

Из уравнения твердости ДП $H = \frac{F}{2\pi R h}$ получаем формулу для определения критерия относительного сближения поверхностей пары трения металл-ДП:

$$\frac{h}{R} = \frac{F}{2\pi R^2 H}, \quad (1)$$

где: F — нагрузка на единичную неровность (шарик), Н;
 R — радиус единичной неровности (шарика), м;
 H — твердость ДП, Па.

Так как твердость ДП зависит от температуры, критерий относительного сближения поверхностей тоже будет зависеть от температуры. Поэтому формула (1) примет вид:

$$\frac{h}{R} = \frac{F}{2\pi R^2 H(t)}, \quad (2)$$

где: $H(t)$ — зависимость твердости ДП от температуры.

Таким образом, зная зависимость твердости ДП при отрицательных температурах, по формуле (2) можно рассчитать критерий относительного сближения поверхностей трения пары металл-ДП, по которому определяется надежность и работоспособность подшипников из ДП.

Экспериментальные исследования зависимости твердости, временных упругих и остаточных деформаций от температуры проводились на специально разработанной установке, описанной в работе [2].

Твердость H , временные упругие Δ_y и остаточные Δ_0 деформации определялись в соответствии с ГОСТ 13338-86 [4] по формулам:

$$H = \frac{F}{2\pi R h}; \quad \Delta_y = \frac{h_1 - h}{h_1} \cdot 100 \%; \quad \Delta_0 = \frac{h}{h_1} \cdot 100 \%,$$

где: F — нагрузка, прилагаемая к шарик, Н;

R — радиус шарика, м;

h — глубина отпечатка шарика, измеренная после снятия

нагрузки, м;

h_1 — глубина отпечатка шарика, измеренная под нагрузкой, м.

По результатам испытаний построен график зависимости твердости от температуры в интервале от +20 до -100 °С для трех направлений действия нагрузки (рис. 1).

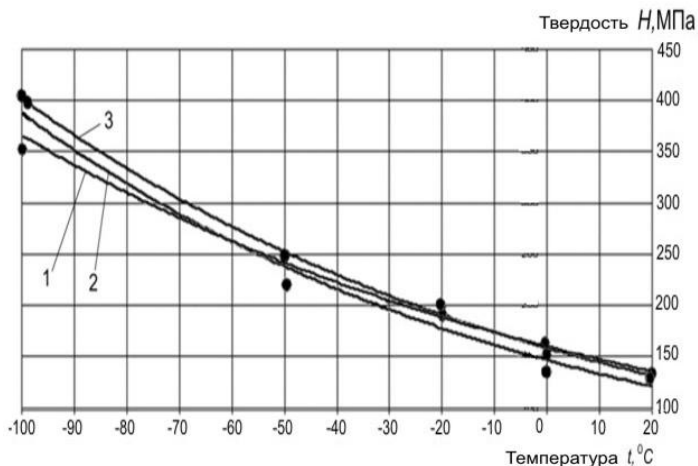


Рисунок 1. Изменение твердости ДП в зависимости от температуры:

1 — в радиальном направлении к волокнам; 2 — в тангенциальном направлении к волокнам; 3 — в торцевом направлении к волокнам

Анализируя графики, представленные на рис. 1, можно сделать следующие выводы:

1. С понижением температуры от +20 до $-100\text{ }^\circ\text{C}$ твердость ДП увеличивается: при действии нагрузки в радиальном направлении к волокнам от 124,7 до 349,3 МПа, в тангенциальном — от 128,1 до 400,4 МПа, в торцевом — от 133,6 до 404,5 МПа.

2. Анизотропия древесины оказывает незначительное влияние на величину твердости в интервале температур от +20 до $-100\text{ }^\circ\text{C}$.

Так как торцевая поверхность трения является оптимальной, по результатам экспериментальных данных изменения торцевой твердости ДП в интервале охлаждения от +20 до $-100\text{ }^\circ\text{C}$ получена аналитическая зависимость [1]

$$H = 158,34e^{-0,0093t} \text{ [МПа]}.$$

В результате обработки экспериментальных данных построены графики изменения величин временных упругих и остаточных деформаций ДП для нагрузок, действующих в радиальном, тангенциальном и торцевом направлениях в интервале температур от +20 до $-100\text{ }^\circ\text{C}$ (рис. 2).

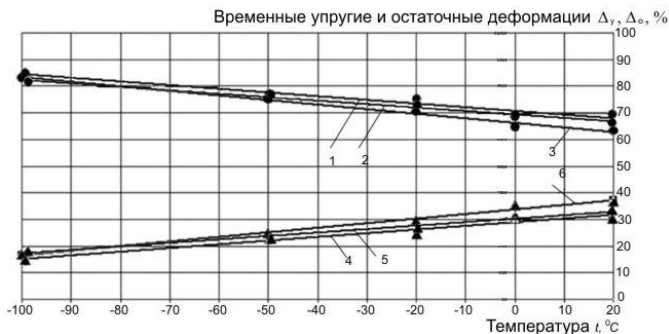


Рисунок 2. Изменение упругих и временных остаточных деформаций ДП в зависимости от температуры:
1, 2, 3 — упругие деформации; 4, 5, 6 — остаточные деформации;
1, 4 — в радиальном направлении к волокнам;
2, 5 — в тангенциальном направлении к волокнам;
3, 6 — в торцевом направлении к волокнам

Анализируя графики, представленные на рис. 2, можно сделать следующие выводы:

1. Характер изменения временных упругих деформаций может быть принят линейным. В интервале температур от +20 до -100 °С временные упругие деформации возрастают: при действии нагрузки в радиальном направлении к волокнам от 67 до 82 % (на 15 %); при действии нагрузки в тангенциальном направлении к волокнам от 70 до 85 % (на 15 %); при действии нагрузки в торец от 63 до 83 % (на 20 %).

2. Временные остаточные деформации изменяются также по линейной зависимости от температур обратно пропорционально упругим: при действии нагрузки в радиальном направлении к волокнам от 33 до 18 % (на 15 %); при действии нагрузки в тангенциальном направлении к волокнам от 30 до 15 % (на 15 %); при действии нагрузки в торец от 37 до 17 % (на 20 %).

Изменение временных упругой и остаточной деформаций торцевой поверхности ДП в интервале охлаждения от +20 до -100 °С может быть описано аналитическими зависимостями:

$$\Delta_y = -0,1726t + 66,106; \Delta_o = 0,1726t + 33,894.$$

На основе экспериментальных данных в зависимости от температуры можно установить максимальный критерий сближения $\left(\frac{h}{R}\right)_{max}$,

определенный по глубине отпечатка шарика под нагрузкой 250 Н и минимальный критерий сближения $\left(\frac{h}{R}\right)_{min}$, определенный по глубине отпечатка шарика после снятия нагрузки.

На рис. 3 представлены экспериментальные графики зависимости максимального и минимального критериев относительного сближения трущихся поверхностей пары металл-ДП от температуры, из анализа которых следует, что с понижением температуры критерий относительного сближения уменьшается пропорционально повышению твердости. При понижении температуры от +20 до -100 °С $\left(\frac{h}{R}\right)_{max}$ снижается от 0,066 до 0,049, т. е. на 0,017 (25 %), а $\left(\frac{h}{R}\right)_{min}$ — от 0,024 до 0,008, т. е. на 0,016 (70 %).

Критерий относительного сближения трущихся поверхностей, согласно формуле (2), зависит не только от твердости, но и от нагрузки. Поэтому при увеличении нагрузки на подшипник будет наблюдаться переход условий контакта из зоны упругих в зону остаточных деформаций. Если нагрузка на подшипник из ДП будет вызывать только временные упругие деформации на поверхности трения, то такие подшипники окажутся надежными и работоспособными.

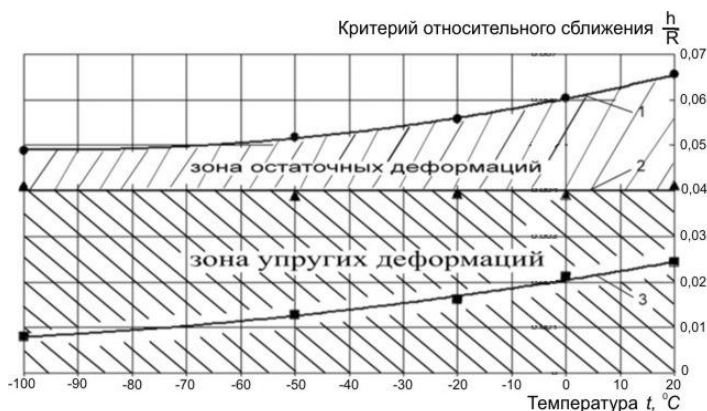


Рисунок 3. Зависимость критерия сближения пары трения металл-ДП в зависимости от температуры:

1 — максимальный критерий сближения $\left(\frac{h}{R}\right)_{max}$; 2 — критерий сближения в пределах упругих деформаций; 3 — минимальный критерий сближения $\left(\frac{h}{R}\right)_{min}$

В заключении можно сделать следующие выводы.

1. Твердость ДП практически не зависит от анизотропии и при действии нагрузки в торцевом направлении к волокнам (торцевая твердость) в интервале температур от +20 до -100 °С увеличивается с 133 до 405 МПа.

2. Временные упругие и остаточные деформации в небольшой степени зависят от анизотропии ДП. Максимальное значение отклонения деформаций для различных направлений действия нагрузок по отношению к волокнам не превышают 10 %. Причем временные упругие деформации с понижением температуры увеличиваются, а временные остаточные — уменьшаются.

3. Повышение твердости и увеличением временных упругих деформаций понижает критерий относительного сближения трущихся поверхностей пары металл-ДП, что позволяет применять подшипники из ДП в узлах трения, испытывающих значительно большие нагрузки, чем при обычных температурах.

Список литературы:

1. Аксенов А.А. Влияние отрицательных температур на твердость прессованной древесины [Текст] / А.А. Аксенов // Известия высших учебных заведений «Лесной журнал». — 2010. — № 6. — С. 133—137.
2. Аксенов А.А. Повышение надежности подшипников лесных машин, работающих при отрицательных температурах [Текст]. Автореф. канд. диссер. / А.А. Аксенов — Воронеж: Воронежск. гос. лесотехн. акад., 2003. — 18 с.
3. Винник Н.И. Модифицированная древесина [Текст] / Н.И. Винник. — М.: Лесн. промышленность, 1980. — 158 с.
4. ГОСТ 13338-86. Древесина модифицированная. Метод определения твердости, временных упругих и временных остаточных деформаций [Текст]. — Введ. 1986-03-01. — М.: Изд-во стандартов, 1986. — 8 с.
5. Крагельский И.В. Трение и износ [Текст] / И.В. Крагельский. —2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1968. — 480 с.
6. Михин Н.М. Трение в условиях пластического контакта [Текст] / Н.М. Михин. — М.: Изд-во «Наука», 1968. — 104 с.

ЗАДВИЖКА АВАРИЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Олейников Андрей Владимирович

*аспирант, ВолгГТУ,
г. Волгоград*

E-mail: oleynikovandreyvl@gmail.com

Иванов Виктор Владимирович

*канд. техн. наук, доцент ВолгГТУ,
г. Волгоград*

E-mail: ua4aeo@mail.ru

VALVE EMERGENCY APPOINTMENTS TO MAIN PIPELINE

Oleynikov Andrey

postgraduate student, VSTU, Volgograd

Ivanov Viktor

candidate of Technical Sciences, Associate Professor of VSTU, Volgograd

АННОТАЦИЯ

Зачастую задвижки используемые в магистральных трубопроводах являются не устойчивыми к агрессивной рабочей среде, в которой им приходится работать, из-за неметаллических прокладок и узлов, поэтому предлагаемое устройство запорной арматуры не имеет не металлических включений, все элементы задвижки соединяются посредством сварки. Притом все основные элементы задвижки выполняются из материалов стойких к агрессивной рабочей среде, что позволяет увеличить срок эксплуатации задвижки.

ABSTRACT

Often valves used in pipelines are not resistant to aggressive working environment in which they operate, because of non-metallic gaskets and components, so the proposed device valves has no metal contamination, all elements of the valve are connected by welding. While all of the major elements of the valve are made of materials resistant to aggressive working environment, thus increasing the service life of the valve.

Ключевые слова: запорная арматура; высокая надежность; сварной сильфон; соединение деталей посредством сварки.

Keywords: valves, high reliability, welded bellows, the connection details by welding.

Традиционные запорные устройства трубопроводов — вентили и задвижки, особенно при эксплуатации в агрессивной среде или при значительных перепадах температуры, выходят из строя, или дают отказы, причиной которых являются подвижные соединения звеньев, нуждающихся в смазке, уплотнения, герметизирующие элементы управления запорных устройств, склонные к старению, тем самым нарушающие подвижность устройств и их работоспособность.

Невозможность открыть или закрыть запорное устройство может во многих случаях стать причиной аварии или катастрофы.

Возможность потери работоспособности запорного устройства, работающего в условиях промышленного предприятия или обслуживаемого специальными бригадами объекта, может быть предотвращена утверждающими регламентными работами. При этом трубопроводная система должна быть или остановлена или содержать дублирующие запорные устройства, существенно усложняющие саму систему.

Для трубопроводов систем горячей и холодной воды коммунальных организаций, магистральных трубопроводов нефтехимических предприятий, которые подвергаются химическому и температурному воздействию, зависящему от погодных условий, природных катаклизмов (наводнения, снежные заносы), спрогнозировать и выполнить регламентные работы по обеспечению работоспособности практически не возможно.

Из этого следует, что в запорных устройствах аварийного назначения, т. е. редко используемых, но требующих особо высокой надежности, и не обязывающих производства регламентных работ, способных функционировать с агрессивными рабочими телами в условиях агрессивных сред, причем в значительно широком температурном диапазоне, обязательно должны отсутствовать шарнирные соединения деталей между внутренней полостью и внешней средой, а также уплотнения из неметаллических материалов.

Решение этой задачи в запорном устройстве аварийного назначения выполняется из материала, стойкого к воздействию рабочего тела и среды, посредством соединения деталей сваркой.

Корпус задвижки содержит входной 1 и выходной 2 каналы в виде двух отрезков трубы, между которыми размещена

направляющая 3 с ползуном 4 (шибером). На запорной стороне ползуна закреплен стакан 5, обеспечивающий шарнирное соединения ползуна со сферическим оголовком 6 внутреннего конца двуплечего коромысла 7. С внешней стороны корпуса коромысло 7 имеет поперечину 8, шарнирно, со значительным зазором, соединенную с проушинами 9, приваренными к корпусу задвижки так, что геометрическая ось шарнирного соединения поперечины 8 и проушин 9 пересекает сварной сильфон 10 в плоскости крепления проушин.

Сварной сильфон 10, выполняющий роль уплотнения, периферийной частью приварен к фланцу корпуса, а через его центр, также сварным соединением, пропущено на внешнюю поверхность задвижки коромысло 7, выполняя роль уплотнения при передаче движения от внешнего конца 11 коромысла 7 к внутреннему с оголовком 6, а затем ползуну 4, расположенному внутри корпуса задвижки.

Для фиксации положения ползуна на внешней стороне корпуса, напротив внешнего конца 11 коромысла 7, посредством шарнира 12, закреплена серьга 13 фиксатора в виде планки с рядом отверстий, которыми она может быть наброшена на конец коромысла, обеспечивая стопорение коромысла 7, а, следовательно, регулировку и фиксацию положения ползуна задвижки. Сварной сильфон посредством сварки крепиться к стакану 14 (Рисунок 1).

Теоретические исследования работоспособности упругого элемента сильфона задвижки.

Для подтверждения работоспособности задвижки, применительно к конкретным эксплуатационным параметрам трубопроводов, в частности к коммунальным сетям горячей и холодной воды, нефтепроводам. Были выполнены аналитические исследования по оценке характеристик и нагруженности материала сварных сильфонов, выполненных из листового материала, способных под нагрузкой получать большие угловые перемещения (осевые перемещения будут скомпенсированы или очень малы, так что ими можно пренебречь), а также схем их деформации и конструктивного исполнения.

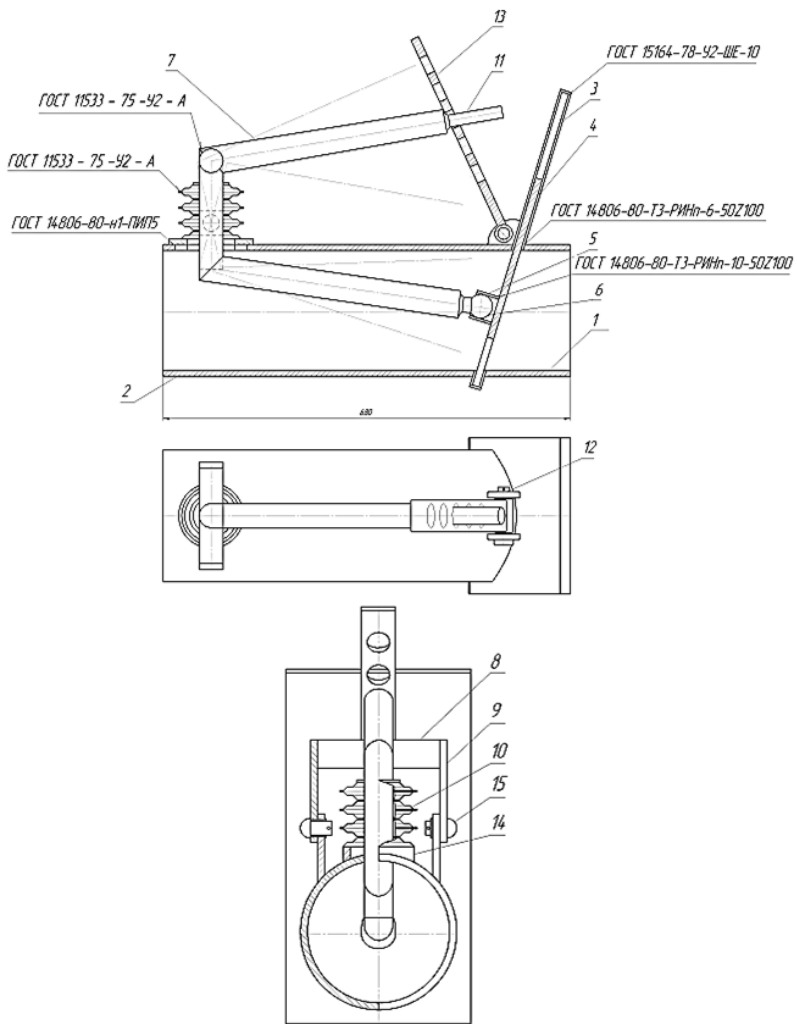


Рисунок 1. Задвижка аварийного назначения для трубопроводов

Дано: Сварной сиффон типа I, состоящий из мембран $n = 7$, $D_H = 2R_H = 100$ мм; $D_B = 2 R_B = 62,5$ мм; $h = 0,8$ мм и $H = 2,6$ мм. Сиффон изготовлен из стали X18H10T, модуль упругости $E = 20300$ кгс/мм², предел прочности $[n] = 1,85$, предел текучести $[\sigma_T] = 70$ кгс/мм². Вычислить наибольшее эквивалентное напряжение

при давлении $p = 8 \text{ кгс/см}^2$, при работе сиффона по схеме силовой компенсации (имеются ограничения осевого перемещения).

1. Рассчитаем напряжения, возникающие в сиффоне при действии внутреннего давления.

Вначале подсчитываем коэффициент k , учитывающий отношение внешнего к внутреннему радиусам сиффона:

$$k = \frac{R_H}{R_B} = \frac{50}{31,25} = 1,6;$$

Определим наибольшие эквивалентные напряжения σ_p при нагружении сиффона давлением рабочего тела $p = 8 \text{ кгс/см}^2$, если сиффон не совершает осевого перемещения. Для $k = 1,6$ и $H/h = 4$ находим по номограмме величину $\overline{\sigma_p} = 0,0705$ и по формуле (22 стр.45 [1]) рассчитываем наибольшее эквивалентное напряжение:

$$\overline{\sigma_p} = \frac{\sigma_p * h_0}{p * R_H^2} \text{ преобразуем,}$$

$$\sigma_p = \overline{\sigma_p} * p \frac{R_H^2}{h_0} = 0,0705 * 0,08 * \left(\frac{50}{0,8}\right)^2 = 22,03 \text{ кгс/мм}^2 = 216,1 \text{ МПа};$$

2. Рассчитываем момент M необходимый для изгиба сиффона при заданном угле поворота φ .

Максимальный момент для изгиба сиффона при толщине стенки $h = 0,65 \text{ мм}$, угле поворота $\varphi = 102 \text{ рад} = 0,174 \text{ рад}$ и коэффициент

изгиба $A_\varphi = 0,0276$, который выбираем по коэффициенту K из таблицы 2, составит:

$$\varphi = 2 * n * A_\varphi * \frac{M}{E * h^3} \text{ преобразуем,}$$

$$M = \frac{\varphi * E * h^3}{2 * n * A_\varphi} = \frac{0,174 * 2 * 10^{11} * (0,8 * 10^{-3})^3}{2 * 7 * 0,0276} = 46,11 \text{ Н*м};$$

где: A_φ — коэффициент изгиба.

3. Рассчитаем напряжения, которые возникают при изгибе сильфона по теории круглых пластин [2].

$$\sigma_{(rH)M} = B_{\varphi H} \frac{\varphi * E * h_H}{2n * R_H} = 15,1 * \frac{0,174 * 2 * 10^5 * 0,8}{2 * 7 * 50} = 600,548 \text{ МПа,}$$

где: $B_{\varphi H}$ — коэффициент напряжений возникающих при изгибе сильфона.

4. Сравним напряжения, которые возникают при действии внутреннего давления, по двум теориям (по сборнику Андреевой и теории круглых пластин) и вычислим коэффициент расхождения между двумя вычисленными величинами (с).

5.

$$\sigma_p = \overline{\sigma_p} * p \frac{R_H^2}{h_0} = 0,0705 * 0,08 * \left(\frac{50}{0,8}\right)^2 = 22,03 \text{ кгс/мм}^2 = 216,1 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{(rH)p} = B_p \frac{\lambda * E * h_H}{2n * R_H^2} = 23,7 * \frac{2 * 10^5 * 0,8}{2 * 7 * 50^2} = 108,3 \text{ МПа,}$$

где: B_p — коэффициент напряжений возникающих при внутреннем давлении рабочего тела.

Т. к. у нас условия силовой компенсации, то λ будет настолько маленьким что им можно будет пренебречь (или $\lambda=1$).

$$c = \frac{\sigma_p}{\sigma_{(rH)p}} = \frac{216,1}{108,3} = 1,99;$$

6. Рассчитаем напряжения которые возникают при изгибе сильфона.

$$\sigma_M = \frac{\sigma_{(rH)M}}{c} = \frac{600,548}{1,99} = 301,78 \text{ МПа;}$$

7. Рассчитаем максимальные напряжения которые возникают в сильфоне при действии внутреннего давления и изгибающего момента.

$$\sigma_{MAX} = \sqrt{\sigma_M^2 + \sigma_p^2} = \sqrt{301,78^2 + 216,1^2} = 371,17 \text{ МПа} = 37,84 \text{ кгс/мм}^2;$$

8. Найдем коэффициент запаса прочности.

$$[n] = \frac{[\sigma_T]}{\sigma_{MAX}} = \frac{70}{37,84} = 1,85.$$

Список литературы:

1. Андреева Л.Е. Сильфоны. Расчет и проектирование / Л.Е. Андреева; под ред. Л.Е. Андреевой. — М.: Машиностроение, 1975. — 156 с.
2. Андреева Л.Е. Упругие элементы приборов / Л.Е. Андреева. — М.: Машгиз, 1962. — 456 с.
3. Пономарев С.Д. Расчет упругих элементов машин и приборов / С.Д. Пономарев, Л.Е. Андреева. — М., 2004. — 326 с.

ЦЕОЛИТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ ОЧИСТКЕ БИОГАЗА

Друзьянова Варвара Петровна

*канд. техн. наук, доцент Северо-Восточного федерального
университета им. М.К. Аммосова,
г. Якутск*

E-mail: DRUZVAR@mail.ru

Петров Николай Владимович

*ассистент Северо-Восточного федерального университета
им. .К. Аммосова,
г. Якутск*

E-mail: petnikvad1988@mail.ru

ZEOLITE AND PERSPECTIVES OF USING IT IN BIOGAS CLEARING

Druzyanova Varvara Petrovna

*Candidate of Technical Sciences, the Associate Professor of Northeast
federal university named after M.K. Ammosov, Yakutsk*

E-mail: DRUZVAR@mail.ru

Petrov Nikolay Vadimovich

*the Assistant of Northeast federal university named after M.K. Ammosov,
Yakutsk*

E-mail: petnikvad1988@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Анализ методов. Очистка биогаза от сероводорода и углекислого газа.

Приведены перспективы очистки биогаза с помощью цеолита.

ABSTRACT

Evaluation of methods. Biogas clearing from sulphuretted hydrogen and carbon dioxide.

Perspectives of using zeolite in biogas clearing are showed.

Ключевые слова: просушивание, обессеривание, очистка, адсорбция, биогаз, цеолит.

Keywords: airing, desulphuration, clearing, adsorption, biogas, zeolite.

1. Анализ и выбор метода очистки, осушки биогаза

При температуре процесса брожения в 30—40⁰С биогаз из реактора выходит в водонасыщенном состоянии. Ввиду этого, сырой биогаз насыщен водяным паром и содержит, наряду с метаном (СН₄) и двуокисью углерода (СО₂), также существенные количества сероводорода (Н₂С). Чтобы защитить агрегаты газоподготовки от сильного износа, поломки и выполнять требования последующих ступеней очистки, водяной пар, сероводород и двуокись углерода из биогаза нужно удалить. Тем более, если биогаз используется в тепловых установках и двигателях внутреннего сгорания, то предварительная обработка и очистка биогаза от вредных и балластных примесей обязательны.

Сероводород является токсичным и имеет неприятный запах тухлых яиц. Из сероводорода и содержащегося в биогазе водяного пара образуется серная кислота. Кислоты разъедают внутренние поверхности двигателей, а также другие детали и узлы (газопровод, в том числе отводящий, и т. д.). Компоненты с содержанием серы также ведут к уменьшению производительности очистных установок.

Применяются различные технологии по очистке. В последние годы при очистке биогаза широко используется грубая фильтрация в гравийном фильтре. Иногда применяют тонкие фильтры из стекловолкна, но это связано с повышением энергозатрат. В таблице 1 приведен обзор распространенных способов обработки, которые целесообразно использовать при получении биогаза в объемах до 100—3000 м³/ч [1].

Таблица 1.

Распространенные методы очистки биогаза от CO₂, H₂S, и H₂O

Удаляемые компоненты	Технология	Конструкции
Сероводород (H ₂ S)	Биологическое обессеривание в реакторе	<ul style="list-style-type: none"> Компрессор минимального размера или насос для аквариума с регулировочным клапаном после него и индикатором расхода для ручного управления потоком газа
	Наружное биологическое обессеривание	<ul style="list-style-type: none"> Колонны, котлы или контейнеры из пластмассы или стали, свободно стоящие, заполненные носителями, напр., с обратной промывкой взвеси микроорганизмов (очистка в биофильтрах)
	Биопромывка	<ul style="list-style-type: none"> Колонны или котлы из пластмассы, свободно стоящие, заполненные носителями, с обратной промывкой щелока
	Внутреннее химическое обессеривание	<ul style="list-style-type: none"> Ручная или автоматизированная дозировка с использованием дополнительной техники подачи небольших размеров внесение в форме раствора или в форме прессованной массы/гранулята
	Активированный уголь	<ul style="list-style-type: none"> Колонны из пластмассы или нержавеющей стали, свободно стоящие, заполненные активированным углем
Сепарация двуокиси углерода CO ₂	Химическая промывка (амин)	Аминовые растворы
	Физическая промывка (Selexol, Genosorb)	Промывка под высоким давлением
	Мембранный способ отделения CO ₂	Сжатие на мембранном модуле
	Короткоцикловая	
	Безнагревная адсорбция (КБА/PSA)	
	Промывка водой под давлением (ПВД)	
	Просушивание	Конденсационное просушивание
	Адсорбционное просушивание	

2. Очистка от сероводорода и галогеносодержащих углеводородов

Допустимое содержание сероводорода в биогазе может достигать 3 %. Избыточный сероводород, совместно с водяными парами, и особенно в комбинации с углекислым газом оказывает корродирующее воздействие на металлические поверхности газооборудования, причем скорость коррозии может достигать 0,5—1 мм. в год.

При сжигании биогаза сероводород переходит в оксиды серы. Они, взаимодействуя с водяным паром, образуют серную и сернистую кислоты, которые также являются коррозионно-активными. Кроме того, H_2S , SO_2 и SO_3 относятся к высокотоксичным газам.

Хлор и фторсодержащие углеводороды приводят к коррозионной опасности вследствие образования соляной и плавиковой кислоты при конденсации продуктов сгорания в агрегате.

Очистка от сероводорода и галогеносодержащих углеводородов производится на действующих установках различными способами:

2.1. Биологическое обессеривание зачастую проводится в реакторе, при чем, такое обессеривание возможно и после выхода газа из реактора. *Sulfobacter oxydans* превращает сероводород в присутствии кислорода в элементарную серу, которая затем убирается из реактора вместе с остатками брожения. Для этого ей необходимы питательные вещества, которые в достаточном объеме имеются в реакторе. Необходимый кислород подается путем вдувания воздуха, при помощи компрессора минимального размера, и заносится в реактор.

Недостатки:

- непонятен реально выделившийся объем сероводорода;
- возможное ухудшение процесса и окисление метана вследствие внесения кислорода;
- невозможно реагировать на колебания образующегося газа;
- коррозия в реакторе и опасность образования взрывоопасных газовых смесей;
- не подходит для подготовки до качества природного газа.

В итоге эта технология не подходит для подготовки биогаза до качества природного газа, так как увеличенные концентрации азота и кислорода удаляются лишь с большим трудом, что приводит к ухудшению качества горения газа.

2.2. Наружное биологическое обессеривание. Это так называемая очистка на биофильтрах. Очистка на биофильтрах, при которой сероводород абсорбируется моющей средой (регенерация раствора посредством добавления атмосферного кислорода), может достигать

скорости разложения до 99 %, что может приводить к концентрациям остаточного газа до 50 ppm серы [3, с. 126].

Недостатки:

- дополнительный агрегат, требующий расходов (оптимум тепла установки биофильтров при 28—32°C);
- дополнительные расходы на техобслуживание (подготовка питательных веществ);
- установки биофильтров заносят слишком много воздуха в биогаз.

Из-за небольшого объема воздуха в 6 %, необходимого для подачи, эта технология для подготовки биометана не подходит [3, с. 126].

2.3. Биопромывка. В отличие от технологии с биофильтрами и внутренним обессериванием биохимическая промывка биогаза — это единственная биологическая технология, которая обеспечивает очистку до качества природного газа. Двухступенчатая технологическая установка состоит из колонны с наполнителем (абсорбция H_2S разбавленной натриевой щелочью), биореактора (регенерация раствора посредством добавления атмосферного кислорода) и сепаратора серы (сбор элементарной серы). Установка предотвращает занесение воздуха в биогаз, благодаря отделенной регенерации. Однако, такая установка подходит только для больших потоков газа или достаточного содержания H_2S . В наших исследованиях применение такой установки будет нерентабельно и целесообразно.

Недостатки:

- расходы на дополнительный агрегат (натриевая щелочь, свежая вода);
- нужны химикаты;
- для разбавления щелочи нужна дополнительная подача свежей воды (не в случае с гидроксидом железа);
- дополнительные затраты на техобслуживание.

2.4. Внутреннее химическое обессеривание. Это форма химического обессеривания происходит в реакторе. Химическими субстанциями для сепарации могут быть соли железа (железа-(III)-хлорид, железа-(II)-хлорид, железа-(II)-сульфат) в твердой или жидкой форме, подходит также бурый железняк.

Недостатки:

- расчет параметров в зависимости от содержания серы субстратов на входе производится тяжело (в большинстве случаев необходимо увеличение дозирования);

- увеличение текущих расходов вследствие постоянного использования химикатов;
- увеличение инвестиционных расходов вследствие более существенного использования систем безопасности.

2.5. Адсорбция активированным углем. Данная технология разработана Пражским химико-технологическим институтом. Удаление сероводорода (H_2S) проходит в адсорбере с твердым слоем, через который протекает биогаз. Цилиндрическая колонна адсорбера изготовлена из антикоррозионной стали с отверстием в верхней части для загрузки сорбента. Для подачи биогаза адсорбер оснащен входным трубопроводом со стандартным присоединительным фланцем. Адсорбер устанавливается на бетонном основании, несущие ножки закрепляются. С наружной стороны изолирован минеральной и стеклянной ватой толщиной 100 мм — в алюминиевом корпусе, покрывающем весь адсорбер. Для адсорбции используется активированный уголь в виде мелких гранул. Масса наполнителя — в зависимости от типа адсорбера.

В процессе очистки адсорбционный материал под действием выделения элементарной серы деактивируется. Поэтому через определенное время необходима его замена. Эффективность очистки колеблется в пределах 99—96 %.



Рисунок 1. Адсорбер с твердым слоем

Недостатки:

- не подходит для биогазов без содержания кислорода и водяного пара (исключение: импрегнированные активированные угли);
- большие эксплуатационные расходы из-за дорогой регенерации (пар с температурами свыше 450°C);
- утилизация активированных углей.

Таким образом, можно сделать вывод, что наиболее простым и дешевым способом очистки является внутреннее химическое обессеривание биогаза на основе образования сульфидов при взаимодействии с оксидом железа и гидроксидом железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

3. Анализ и выбор метода очистки биогаза от углекислого газа

Очистка биогаза от CO_2 может производиться различными способами:

3.1. Короткоцикловая безнагревная адсорбция (КБА). В ННЦ ХФТИ разработана и изготовлена установка небольшой производительности (до 3 $\text{м}^3/\text{ч}$), в которой использован метод короткоцикловой безнагревной адсорбции.

В основу конструкции установки положена схема полного разделения бинарной газовой смеси, т. е. в результате разделения получаются два товарных продукта — метан и диоксид углерода.

Разделительная установка имеет две параллельные газовые линии с разделительными адсорберами, заполненными цеолитом СаА. Объемы каждого адсорбера — около 5 л. Рабочее давление в адсорбере — от 0,01 МПа при десорбции до 0,6 МПа при адсорбции. Продолжительность цикла адсорбция — десорбция — до 5 мин. Десорбция поглощенных газов производилась путем форвакуумной откачки при комнатной температуре. Для создания давления биогаза верхнего уровня (адсорбция) используется компрессор Dagі HP-2 производительностью 150 л/мин, а для получения нижнего уровня давления (десорбция) используется форвакуумный насос 2НВР-5D производительностью 5 л/с. Сглаживание колебания давления на входе форвакуумного насоса происходит за счет буферного объема 5 л, а стабилизацию давления на выходе компрессора обеспечивает его ресивер объемом 20 л. Наличие влаги в биогазе оказывает существенное влияние на адсорбционную емкость цеолита по основному сорбируемому компоненту — диоксиду углерода, поэтому в газовую схему установки после компрессора введен влагопоглотитель, заполненный цеолитом Na А. Он изготовлен из нержавеющей стали, имеет металлические уплотнения, допускающие прогрев до 400°C при регенерации. Объем влагопогло-

тителя — около 2 л. Для коммутации газовых потоков в установке использовано девять электромагнитных отсекающих клапанов, четыре шаровых крана и один регулирующий игольчатый вентиль.

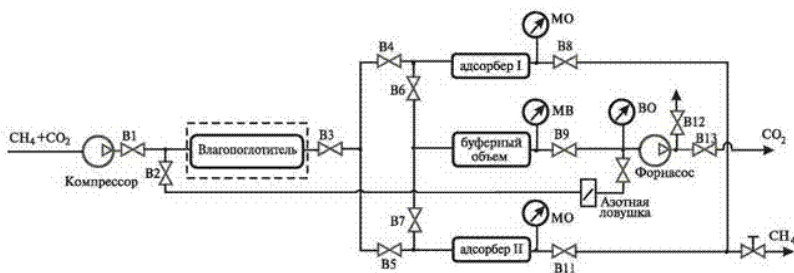


Рисунок 2. Схема установки для короткоцикловой безнагревной адсорбции

При такой конфигурации установки может достигаться выход CH_4 97 %. Срок службы адсорбентов при грамотном использовании практически неограничен, но для этого нужен просушенный сырой газ без содержания серы.

3.2. Промывка водой под давлением (ПВД). Промывка водой под давлением наиболее широко распространена для подготовки биогаза на работающих биогазовых установках в Европе. Она основана на различной растворимости CH_4 и CO_2 в воде. Предварительно очищенный биогаз (то есть сепарация вероятно захваченных из реактора капель воды или из взвеси в гравийной засыпке) сначала сжимается примерно до 3 бар и затем на последующей ступени компрессора примерно до 9 бар. После чего биогаз в противотоке протекает через наполненную H_2O абсорбционную колонну (реактор с орошаемым слоем катализатора) [3, с. 131]. В колонне в воде растворяются сероводород, двуокись углерода, аммиак и вероятно имеющиеся в сыром газе пыль и микроорганизмы. Эти вещества после понижения давления воды удаляются из системы.

3.3. Химическая промывка. Аминовая промывка — это абсорбционная технология, при которой биогаз без давления вступает в контакт с промывочной жидкостью, при чем двуокись углерода переходит в промывочную жидкость. В качестве промывочной жидкости для сепарации CO_2 зачастую используется моноэтаноламин (МЭА) (технология низкого давления и если должен вымываться только CO_2) или диэтаноламин (ДЭА) (технология высокого давления без регенерации). Для отделения CO_2 и H_2S служат метилдиэта-

ноламин (МДЭА) или триэаноламин (ТЭА) [3, с. 132]. Для восстановления моющего средства после этапа абсорбирования используется ступень десорбции или регенерации, причем обычно применяется водяной пар. Для этого необходимо много тепловой энергии, что является большим недостатком технологии. Аминовая промывка используется преимущественно для небольших объемных потоков и в местах с недорогими источниками тепла.

3.4. Физическая промывка по технологиям Selexol, Genosorb.

Принцип функционирования технологии с Genosorb похож на промывку водой под давлением. Это дальнейшая разработка технологии с использованием Selexol. Вместо воды используется моющий раствор (Genosorb), вступающий при 7 бар в контакт с биогазом, при чем наряду с двуокисью углерода и сероводородом может отделяться и вода. Промывка с Genosorb является единственной технологией, которая может за один проход удалять все три посторонние вещества. Но по экономическим причинам следует использовать обессеренный и просушенный биогаз. Регенерация моющего раствора производится при 50°C посредством поэтапного сброса давления и последующей промывкой с атмосферным воздухом. С точки зрения энергетики у этой технологии потребность в энергии слегка выше, чем у промывки водой под давлением или короткоцикловой безнагревной адсорбции [3, с. 133]

3.5. Мембранные технологии. Мембранная технология является относительной новинкой в сфере подготовки биогаза, она еще находится на этапе развития. Но кое-где мембранные технологии уже используются (Австрия, Кислегг-Рамхаус). При использовании мембранных технологий разделение метана и других компонентов газа обеспечивается благодаря разным скоростям диффузии молекул различных газов. Метан, который имеет относительно маленькую молекулу, проходит через большинство мембран быстрее, чем, например, двуокись углерода или углеводород. При этом чистоту газа можно регулировать видом мембраны, поверхностью мембраны, скоростью потока и количеством ступеней разделения.

3.6. Конденсационное просушивание. Принцип действия этой технологии основывается на отделении конденсата в результате охлаждения биогаза ниже температуры конденсации. Охлаждение биогаза зачастую выполняется в газопроводе. При прокладывании газопровода создается соответствующий перепад высот и конденсат собирается в построенном в самом глубоком месте газопровода конденсатосборнике. Если газопровод проложен под землей, охлаждение является более сильным. Условием для охлаждения

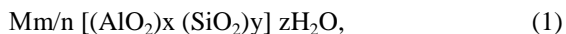
биогаза в газопроводе, впрочем, является достаточная для охлаждения длина газопровода. Наряду с водяным паром вместе с конденсатом из биогаза удаляются и другие нежелательные компоненты, такие как растворяющиеся в воде газы и аэрозоли.

3.7. Адсорбционное просушивание. Значительно лучшие результаты могут достигаться адсорбционным просушиванием, которое работает на основе цеолитов, силикагелей или оксида алюминия. При этом возможна температура конденсации до -90°C [3, с. 130]. Установленные на неподвижной станине адсорберы эксплуатируются попеременно при атмосферном давлении и 6—10 бар, они подходят для маленьких и средних объемных потоков [3, с. 130]. Регенерация материалов адсорбера может производиться с использованием холода или тепла.

Недостатками этих методов является потребление электроэнергии, необходимость в первичных капитальных затратах. Поэтому для очистки биогаза от сероводорода, углекислого газа и водяных паров необходимо разрабатывать более приемлемые методы.

Природные цеолиты являются широко распространенным и дешевым минеральным сырьем, обладают уникальным спектром физико-химических, адсорбционных свойств, благодаря чему они нашли широкое применение во многих отраслях народного хозяйства, в том числе и в практике очистки воды, биогаза и т. д.

Цеолиты являются каркасными алюмосиликатами, в структуре которых имеются полости, занятые большими катионами и молекулами воды, способными свободно удаляться и поглощаться структурой, благодаря чему происходит ионный обмен [2]. Структурная формула цеолита может быть представлена следующим образом:



где: $x + y$ — сумма тетраэдров в элементарной ячейке,

m — число катионов M (калия, натрия, кальция, магния),

n — валентность катиона.

Цеолитовые породы широко распространены и используются для исследований в США, Японии, КНР, Турции, Грузии, Армении, Греции, Украине и т. д., а в России — в Приморье, Якутии, Сибири, Забайкалье, на Сахалине, Камчатке [4]. Каждый минерал обладает своими специфическими свойствами и требует подробного исследования физико-химических свойств и адсорбционных характеристик.

В Сунтарском районе Якутии также имеется месторождение цеолита. В данное время сунтарский цеолит широко применяется

в качестве биодобавки при вскармливании сельскохозяйственных животных и очистке воды.

Целью дальнейших исследований являются эксперименты по установлению степени фильтрующей способности цеолита Сунтарского месторождения при его использования для очистки биогаза от сероводорода, углекислого газа и водяных паров.

Список литературы:

1. Баадер В., Е. Доне, М. Бренндерфер, Биогаз Теория и Практики, перевод с немецкого и предисловие М.И. Серебряного, УДК 631.371:63.002.8 Москва, КОЛОС, 1982, 15. — 140 с.
2. Минералогическая энциклопедия: пер. с англ. / Под ред. К. Фрея. — Л.: Недра, 1985. — 512 с.
3. Руководство по биогазу. От получения до использования [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: http://esco-ecosys.narod.ru/2012_9/art272.pdf.
4. Тарасевич Ю.И. Природные сорбенты в процессах очистки воды. — Киев: 1981. — 208 с.

РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ В ОТРЕЗНОМ ИНСТРУМЕНТЕ

Прохоров Александр Владимирович

*канд. техн. наук, филиал федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего
профессионального образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет) в г. Озерске,
г. Озерск Челябинской области
E-mail: Prokhorov@bk.ru*

CALCULATION OF TEMPERATURE FIELDS IN THE CUTTING TOOL

Prokhorov Alexander

*candidate of technical Sciences, Branch of Federal State State-Financed
Educational Institution of Higher Professional Education «South Ural State
University» (national research university) in Ozersk, Ozersk of
Chelyabinsky region*

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются вопросы аналитического расчета температурных полей в дисковом отрезном инструменте. Проведен расчет температур для стального и вулканитового отрезного кругов.

ABSTRACT

The article deals with the analytical calculation of temperature fields in the disk cutting tool. The calculation of the temperature for steel and vulcanite cutting discs.

Ключевые слова: моделирование; теплопроводность; инструмент; отрезной круг.

Keywords: modeling; thermal conductivity; a tool; a cutting wheel.

На практике часто возникает необходимость определения температурного режима тел, непосредственное измерение температуры которых связано с техническими и методическими трудностями [1, с. 7]. В этом случае представляет практический интерес

аналитический метод расчета тепловых процессов, основанный на создании моделей нагреваемых тел и источников.

Традиционно при создании таких математических моделей и построении температурных полей использовались либо численные методы [3], либо суперпозиция точечных источников теплоты [2, с. 10]. Развитие вычислительной техники и сопутствующего программного обеспечения позволяет применять при расчетах более сложные модели и аналитические приближения [6]. В настоящей работе предлагается математическая модель температурных процессов в дисковых телах при их нагреве внутренними источниками тепла, основанная на тезисах, развитых под руководством Пашацкого Н.В. в работах [4, 5, 9], посвященных проблематике приповерхностного нагрева твердых тел. Методика построения модели нагрева дисковых тел внутренними источниками тепла описана в работе [8] на примере электроэрозионной резки твэлов.

При разработке модели были сделаны следующие допущения [8]: теплоотвод с периферийной поверхности дискового тела не учитывается (толщина диска много меньше его радиуса), свойства материала не зависят от температуры (отсутствие фазовых переходов — плавления и испарения материала диска), источники тепла расположены равномерно по окружности дискового тела (это обеспечивается относительно быстрым вращением отрезного инструмента).

С учетом указанных допущений нестационарный процесс теплопроводности описывается дифференциальным уравнением в частных производных для цилиндрических координат:

$$\frac{\partial U}{\partial t} = a \left(\frac{\partial^2 U}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial U}{\partial r} \right) + \varphi - \gamma U.$$

Граничные и начальные условия принимаются следующими:

$$\left. \frac{\partial U}{\partial r} \right|_{r=0} = 0; \quad \left. \frac{\partial U}{\partial r} \right|_{r=R_0} = 0; \quad U|_{t=0} = 0.$$

Функция внутренних источников тепла взята в виде [8]:

$$\varphi = \frac{q_0}{c\rho} \left(\frac{r}{R_0} \right)^n,$$

где: n учитывает степень смещенности источников тепла к периферии диска.

В результате решения уравнения теплопроводности методом Фурье получено выражение для расчета температурных полей в дисковом теле с учетом сосредоточения источников тепла в периферийной области:

$$U = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{2q_0(-1)^k \mu_m^{2k}}{cJ_0^2(\mu_m)\rho \left(\gamma + a \frac{\mu_m^2}{R_0^2} \right) 2^{2k} (k!)^2 (2k+2+n)} \left(1 - e^{-\left(\gamma + a \frac{\mu_m^2}{R_0^2} \right) t} \right) J_0 \left(\mu_m \frac{r}{R_0} \right) \right)$$

Здесь приняты следующие обозначения: U — температура; R_0 — радиус дискового тела; $\gamma = \frac{2\alpha}{\rho cb}$; b — толщина дискового тела; c, ρ, a — теплоемкость, плотность, температуропроводность материала соответственно; α — коэффициент теплоотдачи с боковой поверхности диска; t — время; μ_m — корни функции Бесселя первого порядка J_1 ; J_0 — функция Бесселя нулевого порядка; q_0 связано с количеством тепла Q_τ соотношением:

$$q_0 = \frac{(n+2)Q_\tau}{2\pi b R_0^2 \tau},$$

где: τ — время подвода тепла.

Для отрезных вулканитового и стального дисков, у которых рабочей (режущей) поверхностью является периферия диска, показатель n должен быть бесконечно большим. Однако, как показали расчеты в пакете MathCad, уже при $n > 50$ температура периферии слабо изменяется с увеличением n . Расчет температурных полей проводился при следующих параметрах: $Q_\tau = 5000$ Дж, $b = 0,004$ м, $R_0 = 0,075$ м, $\tau = 50$ с, $n = 58$. Для вулканитового диска были взяты значения $c = 1386$ Дж/(кг·К), $\rho = 1200$ кг/м³, $a = 10^{-7}$ м²/с; для стального отрезного диска — $c = 460$ Дж/(кг·К), $\rho = 7800$ кг/м³, $a = 1,245 \cdot 10^{-5}$ м²/с.

Расчеты температурных полей для вулканитового отрезного диска показали, что с увеличением времени температура на периферии диска неравномерно возрастает и при $t=500$ с наступает квазистационарное состояние, при котором температура поверхности практически не изменяется и к этому моменту при $\alpha = 50$ Вт/(м²·К) достигает величины около 500°С. Вследствие плохой теплопроводности материала наблюдается резкий спад относительной температуры при уменьшении r , и при $r=0,067$ м ($0,9R_0$) она близка к нулю.

Анализ температурных кривых на рисунке 1 показывает, что при отсутствии конвекции относительное приращение температуры периферии вулканитового диска достигает 1700°С (кривая 1), что может привести к разрушению инструмента. Кроме того, в отсутствие конвекции расширяется область высоких температур режущем слое. При введении вынужденной конвекции температура периферии значительно снижается, доходя при $\alpha = 500$ Вт/(м²·К) до 100°С (кривые 2 и 3). Использование материала с большими теплопроводящими свойствами (например, стали) также приводит к существенному снижению температуры на периферии (сталь на рисунке представлена кривыми 4 и 5).

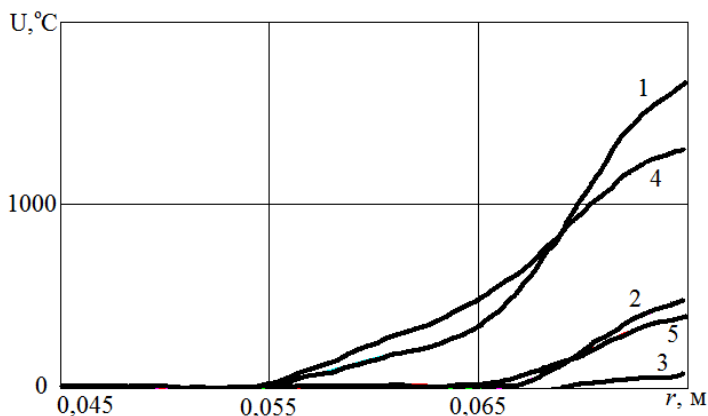


Рисунок 1. Зависимость температуры от интенсивности теплоотдачи: 1 — $\alpha = 0$, 2 — 50, 3 — 500 Вт/(м²·К), $t=500$ С; 4 — $\alpha = 0$, 5 — 50 Вт/(м²·К), $t=500$ С

Указанная методика расчета температурных полей может быть расширена на другие дискообразные тела с некруглой геометрией

режущей кромки и, как следствие, с иным распределением приповерхностных источников тепла (дисковые фрезы, стальные дисковые пилы и др.).

Список литературы:

1. Кулаков М.В. Измерение температуры поверхности твердых тел / М.В. Кулаков, Б.И. Макаров. — М.: Энергия, 1979. — 96 с.
2. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена / С.С. Кутателадзе. — Новосибирск: Наука, 1970. — 416 с.
3. Осовец С.В. Расчет нестационарного теплового состояния плиты при ее нагреве перемещающимся источником / С.В. Осовец, Е.В. Торопов, А.В. Прохоров, В.Л. Кириллов // Инженерно-физический журнал. — 2000. — Т. 73, № 4. — С. 757—760.
4. Пашацкий Н.В. Тепловые процессы при сварке плоских изделий / Н.В. Пашацкий, А.В. Прохоров // Сварочное производство. — 2000. — № 7. — С. 3—5.
5. 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.
6. Прохоров А.В. Теплопроводность и массообмен в системах с приповерхностными источниками: дис. канд. техн. наук / А.В. Прохоров. — Озерск, 2003. — 122 с.
7. 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.
8. Пашацкий Н.В. Расчет температурных полей дискового электрода при электроэрозионной резке материалов / Н.В. Пашацкий, А.В. Прохоров, В.Ф. Обеснюк // Сварочное производство. — 2003. — № 8. — С. 37—41.
9. Пашацкий Н.В. Аналитический расчет распределения температур при многопроходной сварке дисковых деталей / Н.В. Пашацкий, А.В. Прохоров, С.Н. Кононов // Сварочное производство. — 2006. — № 3. — С. 3—6.
10. Резников А.Н. Теплофизика резания / А.Н. Резников. — М.: Машиностроение, 1969. — 288 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

Сазанов Максим Николаевич

магистрант АПИ НГТУ,

г. Арзамас

Прис Наталья Михайловна

канд. техн. наук, доцент АПИ НГТУ,

г. Арзамас

E-mail: starostina@apingtu.edu.ru

THE INCREASE OF EFFECTIVENESS OF JIGGING DESIGNING PROCESS

Maksim Sazanov

Bachelor of API (branch of) NSTU, Arzamas

Natalie Preece

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of API (branch of)

NSTU, Arzamas

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена вопросам повышения эффективности процесса проектирования универсально-сборных приспособлений. Автором рассматривается создание библиотеки объемных моделей деталей и узлов УСП. Предложена методика проектирования станочных приспособлений с её использованием. Тема, рассмотренная в данной статье, будет интересна специалистам в области конструирования технологической оснастки.

ABSTRACT

The article is dedicated to enhancing the effectiveness of modular devices design process. The author considers the creation of a library of three-dimensional components and assemblies of modular devices. The methodology of designing machine devices is suggested. The subject

discussed in this article will be interested to specialists in the jigging designing field.

Ключевые слова: библиотека объемных моделей; универсально-сборные приспособления.

Keywords: library of three-dimensional components; modular devices.

Проектирование и изготовление приспособлений становится все более трудоемким, как следствие, дорогим. Оно увеличивает сроки подготовки производства. Сокращение сроков освоения выпуска новых машин при максимальном оснащении технологических процессов их производства остается важнейшей задачей машиностроения.

Имеется ряд систем ускоренной технологической подготовки производства, одна из которых основана на использовании системы универсально-сборных приспособлений (УСП).

С целью повышения эффективности проектирования приспособлений системы УСП, снижения временных и материальных затрат в АПИ НГТУ на кафедре Технология машиностроения разработана библиотека объемных моделей деталей и узлов универсально-сборных приспособлений в приложении «Менеджер шаблонов» системы трехмерного моделирования КОМПАС-3D.

Библиотека содержит объемные параметрические 3D-модели деталей и узлов универсально-сборных приспособлений, распределенных по группам в зависимости от геометрических размеров и назначения. Для каждой группы создан документ КОМПАС-3D (объемная модель), электронная таблица Microsoft Excel с переменными, соответствующими стандартным размерам элементов УСП, и схема шаблона — файл с рисунком, содержащий имена переменных (параметров). Эти три составляющие подключаются к «Менеджеру шаблонов» [1, с. 7—207].

Структура библиотеки представляет собой 8 разделов (рис. 1), сформированных в зависимости от служебного назначения элемента УСП:

1. базовые детали;
2. корпусные детали;
3. направляющие детали;
4. установочные детали;
5. прижимные детали;
6. крепежные детали;
7. разные детали;

8. сборочные единицы.

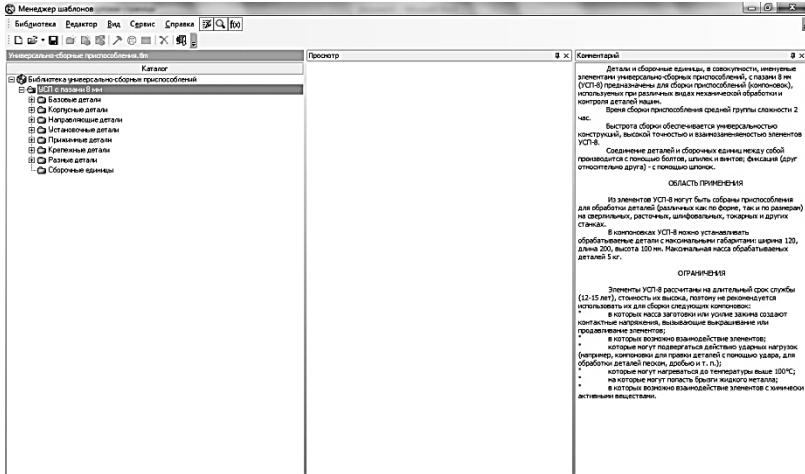


Рисунок 1. Структура библиотеки объемных моделей

С помощью разработанной библиотеки было спроектировано универсально-сборное приспособление для детали «Ось» (рис. 2) на фрезерно-сверлильную операцию.

Исходными данными для проектирования служат:

- вид обработки;
- чертеж детали;
- схема обработки;
- тип станка;
- количество одновременно обрабатываемых заготовок деталей.

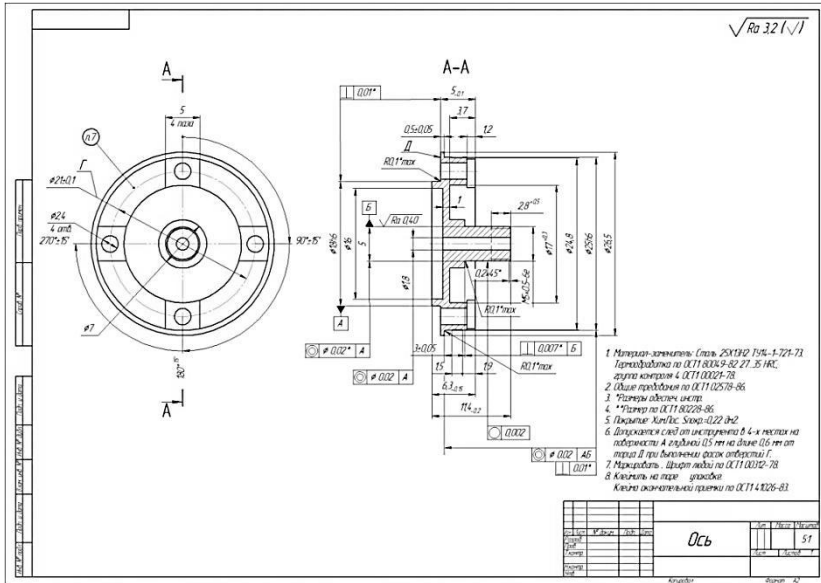


Рисунок 2. Чертеж детали

При разработке станочного приспособления (СП) использовался системный подход проектирования технологической оснастки [1, с. 7—207]. При этом методе целью проектирования является получение проекта конструкции приспособления в виде разработанной компоновочной схемы приспособления.

Станочное приспособление рассматривается как сложная много-структурная система. Конечная цель проектирования достигается путем выполнения шести этапов (рис. 3).

Представленная библиотека объемных моделей элементов УСП используется на II этапе проектирования. Разработка принципиальной схемы станочного приспособления включает шесть стадий проектирования:

1. разработка схемы установки;
2. разработка схемы закрепления;
3. разработка схемы дополнительных устройств;
4. разработка схемы корпуса;
5. компоновка принципиальной схемы станочного приспособления;
6. анализ принципиальной схемы станочного приспособления.

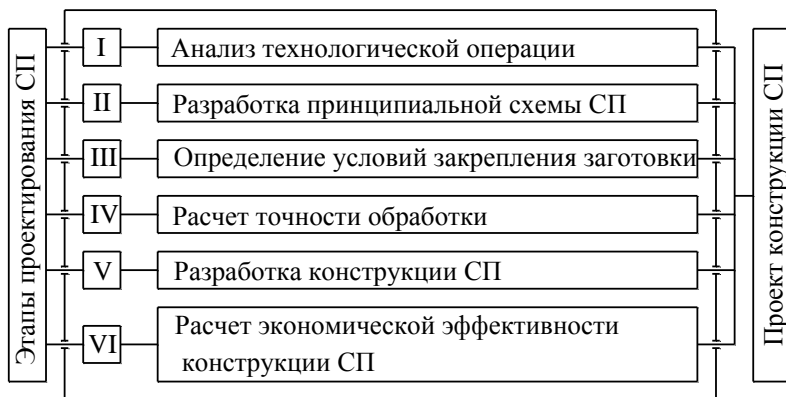


Рисунок 3. Схема поэтапного проектирования СП

Результатом каждой стадии проектирования является соответствующие элементы универсально-сборной переналаживаемой оснастки (установочные, зажимные, базовые, крепежные и другие элементы) в совокупности, формирующие станочное приспособление.

На первой стадии проектирования приспособления по результатам анализа чертежа детали и плана обработки выбирается схема базирования заготовки и установочные базы. В рассматриваемом случае используется схема базирования диска, состоящая из:

- установочной базы (плоскость $\varnothing 16$), лишаящей заготовку трех степеней свободы;
- двойной опорной базы (ось заготовки), лишаящей двух степеней свободы;
- опорной, лишаящей одной степени свободы (вращения вокруг оси), которая реализуется в результате действия зажимных сил.

Исходя из схемы базирования, производится выбор установочных элементов для детали «Ось», в частности, им будет палец установочный грибковый $\varnothing 16$ (ГОСТ 14509-69), реализующий установочную и двойную опорную базы.

На второй стадии производится предварительный выбор зажимных элементов (рис. 4) и вспомогательных деталей, формирующих зажимное устройство. Анализ размеров и формы поверхностей, позволяющих произвести зажим, определяют оптимальную конструкцию зажимного механизма (размеры b и l , см. рис. 4). Он состоит из прихвата передвигного удлиненного, шпильки, гайки М6 и винта с внутренним шестигранником.

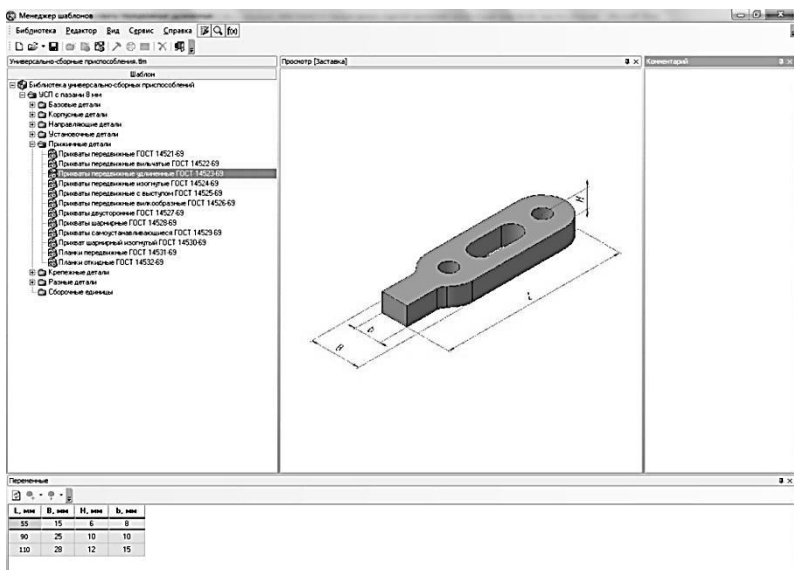


Рисунок 4. Выбор зажимных элементов

Третья стадия проектирования не рассматривается в данном примере ввиду того, что базирование заготовки детали «Ось» не требует дополнительных устройств.

На четвертой стадии формируется окончательный внешний вид приспособления на фрезерно-сверлильную операцию. Для выявленных установочных и зажимных элементов производится выбор деталей универсально-сборной оснастки, образующих несущую конструкцию станочного приспособления.

Установочный палец располагается на планке с базовым отверстием диаметром 8 мм, зажимное устройство — на планке двусторонней передвижной. Установочные и зажимные элементы совместно с опорными элементами устанавливаются на базовой детали — квадратной плите 180×180 мм (рис. 5).

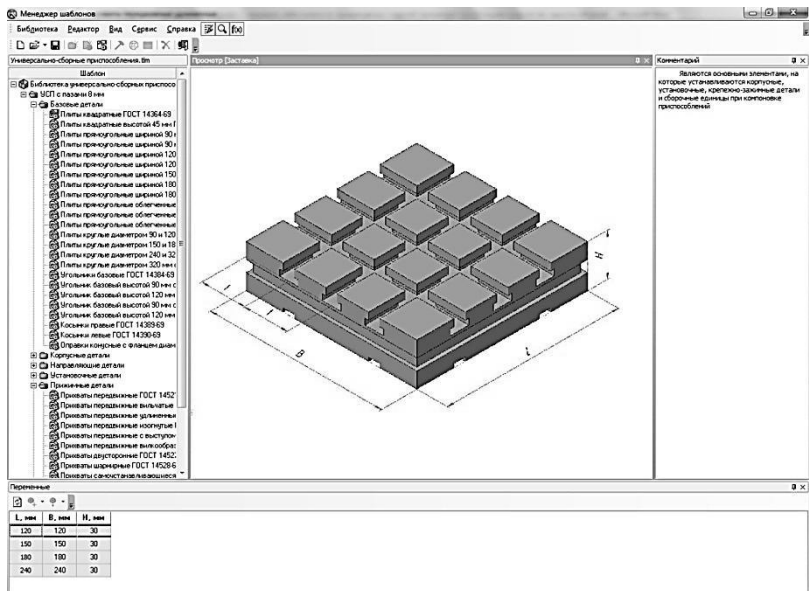


Рисунок 5. Выбор базовой детали

Фиксация элементов универсально-сборного приспособления производится шпонками, закрепление — болтами, шпильками, винтами, гайками.

На выходе второго этапа проектирования возможна материализация принципиальной схемы универсально-сборного приспособления для детали «Ось» на фрезерно-сверлильную операцию в виде объемной 3D-модели (рис. 6).

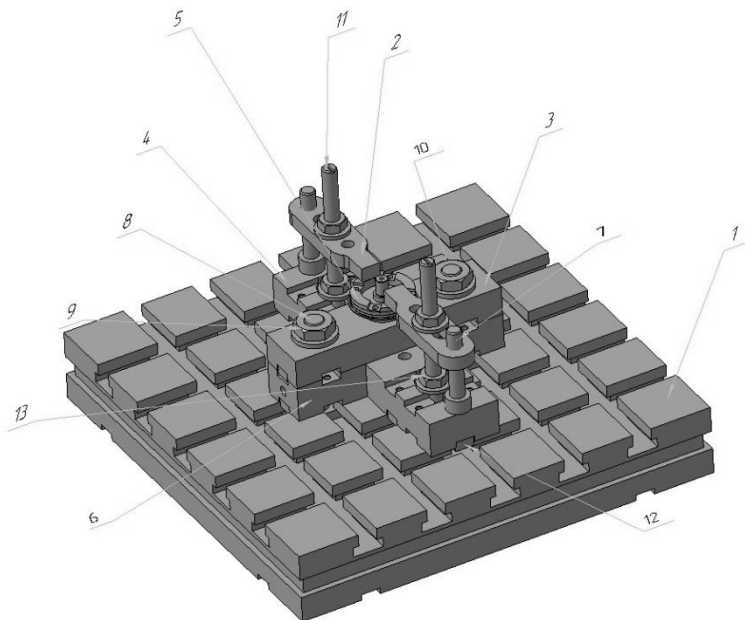


Рисунок 6. Универсально-сборное приспособление

- 1 — плита квадратная 7081-0303; 2 — прихват передвижной удлиненный 7011-0801; 3 — планка двусторонняя 7050-0041; 4 — планка двусторонняя передвижная 7050-0061; 5 — обрабатываемая деталь; 6 — опора установочная 7033-0431; 7 — винт 7002-0984; 8 — болт пазовый 7002-0880; 9 — гайка М8 7003-0372; 10 — шайба чистая 7019-0723; 11 — шпилька 7009-0756; 12 — шпонка повертная 7031-0786; 13 — гайка М6 7003-0371**

После окончательной компоновки приспособления требуется рассчитать усилие зажима, произвести точностной расчет и в случае необходимости внести изменения в конструкцию приспособления, а также произвести расчет экономической эффективности и оформить сопутствующую документацию (сборочный чертеж, схему сборки).

Представленная библиотека содержит детали и сборочные единицы УСП с пазами 8 мм и включает 244 наименования, которые охватывают 1204 типоразмера элементов. На создание объемных параметрических 3D-моделей и формирование библиотеки потребовалось 240 часов. Она может быть использована конструкторами технологической оснастки и при необходимости дополнена другими элементами УСП [2, с. 52].

Библиотека объемных моделей универсально-сборных приспособлений позволяет визуально представить процесс проектирования и сборки приспособления, сократить временные затраты на проектирование и технологическую подготовку производства нового изделия.

Список литературы:

1. Мясников Ю.И. Технологическая оснастка металлорежущих станков. Часть 2. Системное проектирование станочных приспособлений: учебно-методический комплекс / Ю.И. Мясников. — 3-е изд., перераб. и доп. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — 378 с.
2. Прис Н.М., Сазанов М.Н. Проектирование технологической оснастки с использованием библиотеки объемных моделей. — Наука молодых. Сборник научных работ студентов, аспирантов, соискателей и молодых ученых г. Арзамаса. — Арзамас, издательство АГПИ, 2012.

СЕКЦИЯ 3.

**ЭНЕРГЕТИКА
И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА
И ТЕХНОЛОГИИ**

**ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ
ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ
ЧАСТОТЫ И АВТОНОМНЫМ
ИНВЕРТОРОМ НАПРЯЖЕНИЯ
НА ПРОХОДЧЕСКОМ КОМБАЙНЕ**

Семёнов Александр Сергеевич

старший преподаватель кафедры

«Электрификация и автоматизация горного производства»,

Политехнический институт (филиал) ФГАОУ ВПО

«Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова»,

г. Мирный, Республика Саха (Якутия), Россия

E-mail: sash-alex@yandex.ru

**USE OF ELECTRIC DRIVE WITH FREQUENCY
CONVERTER AND AUTONOMOUS VOLTAGE
INVENTOR ON HEADING MACHINES**

Alexander Semenov

sr. lecturer of pulpit “Electrification and automatization mining industry”

Polytechnic institute (branch) of North-Eastern Federal University named

after M.K. Ammosov, Mirny, Sakha, Russia

АННОТАЦИЯ

Данная статья посвящена вопросам актуальности применения на проходческих комбайнах в качестве электропривода рабочего органа систем асинхронный двигатель — преобразователь частоты с автономным инвертором напряжения, как альтернатива прямому

пуску асинхронного двигателя, а также применению устройств плавного пуска двигателя.

ABSTRACT

This article is devoted to the relevance of the application to the heading machines as a working body electric drive induction motor systems — the frequency converter with an autonomous voltage inverter, as an alternative to direct start induction motor, as well as the use of soft starting.

Ключевые слова: проходческий комбайн, рабочий орган, электропривод, асинхронный двигатель, преобразователь частоты, автономный инвертор напряжения, механическая и электромеханическая характеристики.

Keywords: heading machines, working body, electric drive, induction motor, frequency converter, autonomous inverter voltage, mechanical and electrical characteristics.

В современном промышленном производстве, на транспорте, в строительстве, в коммунальном хозяйстве и быту применяются самые разнообразные технологические процессы, для реализации которые человеком созданы тысячи различных машин и механизмов. С помощью этих рабочих машин и механизмов осуществляется добыча полезных ископаемых, обрабатываются различные материалы и изделия, перемещаются люди, предметы труда, жидкости, газ и реализуются многие другие процессы необходимые для жизнеобеспечения человека. Так, добыча полезных ископаемых ведется с помощью экскаваторов, буровых установок и проходческих комбайнов, детали и материалы обрабатываются на разнообразных станках люди и изделия перемещаются транспортными средствами, лифтами и конвейерами, жидкости и газы транспортируются с помощью насосов и вентиляторов.

Рабочая машина или производственный механизм состоит из множества взаимосвязанных деталей и узлов, один из которых непосредственно выполняющий заданный технологический процесс называется электроприводом. Во многих технологических процессах требуется управлять движением электропривода — регулировать скорость движения и её направление, точно осуществлять остановку в заданной позиции, ограничивать ускорение движения. Механическая энергия вырабатывается приводом, который преобразовывает другие виды энергии. В зависимости от вида используемой первичной

энергии различают гидравлические, пневматические, тепловой и электрические приводы.

Электропривод представляет собой электромеханическую систему, преобразующую электрическую энергию в механическую и состоящую из электродвигателя, передаточного устройства и исполнительного органа. Возможности использования современных электроприводов продолжают постоянно расширяться за счет достижений в смежных областях науки и техники, электромашиностроении и электроаппаратостроении, электронике и вычислительной технике, автоматике и механике. В настоящее время в качестве электроприводов для рабочих органов проходческих комбайнов применяются взрывозащищенные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором.

Проведённые исследования показали, что при установке на рабочие органы горных механизмов одной из современных систем управления ПЧ-АД АИН (преобразователь частоты — асинхронный двигатель с автономным инвертором напряжения), происходит значительное снижение пусковых характеристик и уменьшение времени запуска двигателя, что позволит существенно повысить срок службы оборудования и сократить расход электроэнергии на бесполезную работу.

В связи с вышеизложенным, для доказательств выдвинутой теории, произведем расчет статических характеристик электропривода рабочего органа проходческого комбайна, который приводится в движение с помощью асинхронного двигателя с преобразователем частоты и автономным инвертором напряжения.

Для расчета статических характеристик асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором для системы ПЧ-АД АИН необходимо определить следующие параметры: R_1 — активное сопротивление обмотки фазы статора; R'_2 — приведенное активное сопротивление обмотки фазы ротора; X_1 — индуктивное сопротивление обмотки фазы статора; X'_2 — приведенное индуктивное сопротивление обмотки фазы ротора; X_0 — индуктивное сопротивление намагничивающей цепи. Для расчета принят асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором типа МАК355М6 со следующими паспортными данными:

Таблица 1.

Исходные данные двигателя рабочего органа комбайна

Наименование параметра	Значение
Высота оси вращения вала, h	355 мм
Мощность, P_H	200 кВт
Масса m	1280 кг
Синхронная частота вращения, n_1	1000 об/мин
Номинальная частота вращения, n_H	978 об/мин
Номинальное скольжение, S_H	2,2 %
КПД, η	0,945
Коэффициент мощности, $\cos\varphi$	0,9
Номинальное напряжение, U_H	1140 В
Отношение пускового тока к номинальному, I_p/I_H	7
Отношение пускового момента к номинальному, M_p/M_H	1,6
Отношение максимального момента к номинальному, M_{MAX}/M_H	2
Отношение минимального момента к номинальному, M_{MIN}/M_H	0,9
Момент инерции, J	8,8 кг*м ²
Число пар полюсов, $2p$	3
Соединение обмоток	Y/ Δ
Охлаждение двигателя	IC411
Исполнение двигателя	IP54
Категория изоляции	F
Режим работы двигателя	S1-100 %

Для расчета вышеперечисленных параметров для построения механической и электромеханической характеристик воспользуемся методиками, изложенными в [1] и [5].

Для получения семейства характеристик задаемся относительной частотой от 0,2 до 1,4 от номинальной. Для этих относительных частот задаемся параметром абсолютного скольжения от 0 до 1,0, включая

величины номинального и критических скольжений. Расчет коэффициентов сводим в таблицу.

Таблица 2.

Сводная таблица расчета коэффициентов

β	0	0,01	0,02	0,022	0,088	0,2	0,4	0,6	0,8	1
$B(\beta)$	0,01613	0,01618	0,01635	0,01639	0,02031	0,03774	0,10257	0,21061	0,36187	0,55635
$C(\beta)$	0,00006	0,00017	0,00050	0,00059	0,00851	0,04373	0,17472	0,39305	0,69871	1,09170
$A(v=1,4)$	0,03451	0,03539	0,03716	0,03762	0,07274	0,22093	0,76283	1,66022	2,91309	4,52145
$A(v=1,2)$	0,02536	0,02605	0,02741	0,02776	0,05394	0,16355	0,56326	1,22449	2,14724	3,33150
$A(v=1,0)$	0,01761	0,01815	0,01914	0,01939	0,03795	0,11481	0,39402	0,85523	1,49845	2,32367
$A(v=0,8)$	0,01127	0,01166	0,01235	0,01252	0,02477	0,07470	0,25509	0,55243	0,96672	1,49796
$A(v=0,6)$	0,00634	0,00661	0,00704	0,00715	0,01440	0,04324	0,14648	0,31609	0,55205	0,85436
$A(v=0,4)$	0,00282	0,00298	0,00322	0,00327	0,00683	0,02040	0,06820	0,14621	0,25444	0,39287
$A(v=0,2)$	0,00071	0,00078	0,00087	0,00089	0,00208	0,00621	0,02024	0,04280	0,07389	0,11350

Используя данные таблицы 2, рассчитываем параметры электромеханической и механической характеристик и сводим результаты в таблицу.

Таблица 3.

Сводная таблица расчета параметров характеристик

β	0	0,01	0,02	0,022	0,088	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4
$v=1,4$												
ω, c^{-1}	146,538	145,491	144,445	144,235	137,327	125,604	104,670	83,736	62,802	41,868	20,934	0,000
I_1, A	32,553	53,987	90,283	97,663	267,166	347,416	373,739	379,970	382,454	383,726	384,479	384,970
$M, Нм$	0,000	627,426	1195,180	1298,620	2686,235	2010,051	1164,292	802,448	609,771	491,081	410,850	353,060
$v=1,2$												
ω, c^{-1}	125,604	124,557	123,511	123,301	116,393	104,670	83,736	62,802	41,868	20,934	0,000	
I_1, A	35,161	58,252	97,325	105,261	287,229	373,832	402,674	409,620	412,423	413,872	414,738	
$M, Нм$	0,000	730,486	1388,872	1508,550	3104,828	2327,350	1351,552	932,565	709,078	571,273	478,062	
$v=1,0$												
ω, c^{-1}	104,670	103,623	102,577	102,367	95,459	83,736	62,802	41,868	20,934	0,000		
I_1, A	38,517	63,720	106,319	114,962	312,592	407,310	439,503	447,432	450,684	452,385		
$M, Нм$	0,000	874,051	1657,454	1799,403	3677,376	2762,856	1610,088	1112,684	846,742	682,540		
$v=0,8$												
ω, c^{-1}	83,736	82,689	81,643	81,433	74,525	62,802	41,868	20,934	0,000			
I_1, A	39,207	65,735	112,081	121,821	416,282	692,133	839,240	878,408	893,474			
$M, Нм$	0,000	929,987	1841,532	2020,076	6520,122	7976,045	5869,449	4287,546				
$v=0,6$												
ω, c^{-1}	62,802	61,755	60,709	60,499	53,591	41,868	20,934	0,000				
I_1, A	39,207	65,735	112,081	121,821	416,282	692,133	839,240	878,408				
$M, Нм$	0,000	929,987	1841,532	2020,076	6520,122	7976,045	5869,449	4287,546				
$v=0,4$												
ω, c^{-1}	41,868	40,821	39,775	39,565	32,657	20,934	0,000					
I_1, A	39,207	65,735	112,081	121,821	416,282	692,133	839,240					
$M, Нм$	0,000	929,987	1841,532	2020,076	6520,122	7976,045	5869,449					
$v=0,2$												
ω, c^{-1}	20,934	19,887	18,841	18,631	11,723	0,000						
I_1, A	39,207	65,735	112,081	121,821	416,282	692,133						
$M, Нм$	0,000	929,987	1841,532	2020,076	6520,122	7976,045						

Графический вид электромеханической и механической характеристик (естественных и искусственных) представлен на рисунках ниже.

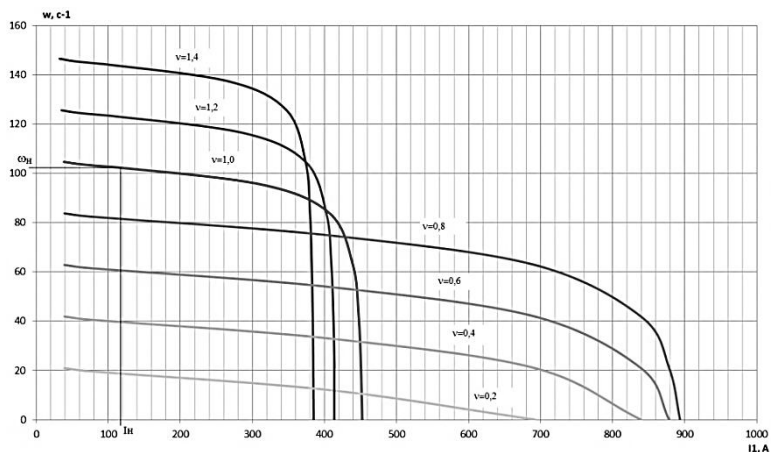


Рисунок 1. Электромеханическая характеристика двигателя рабочего органа проходческого комбайна с системой регулирования ПЧ-АД с АИН

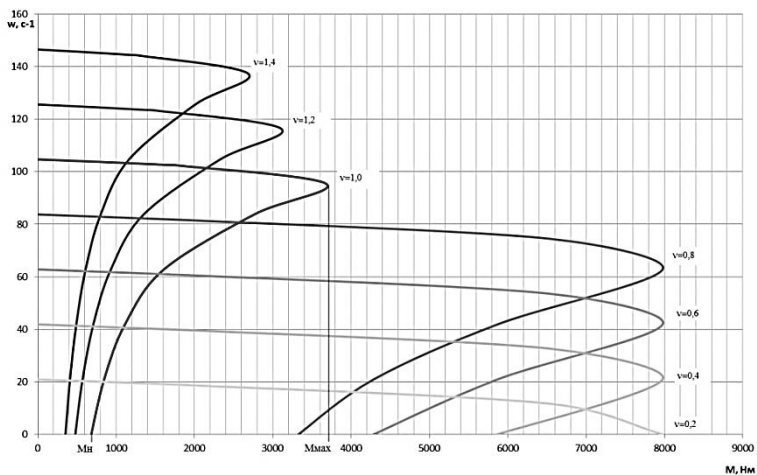


Рисунок 2. Механическая характеристика двигателя рабочего органа проходческого комбайна с системой регулирования ПЧ-АД с АИН

По построенным естественным механическим и электромеханическим характеристикам двигателя рабочего органа комбайна можно сделать следующие выводы: при использовании системы регулирования ПЧ-АД с АИН пусковой ток снизился до 455 А (при прямом пуске 826 А), а максимальный момент понизился до 3720 Н*м (при прямом пуске 3908 Н*м). Эти параметры говорят о преимуществе использования системы ПЧ-АД с АИН перед прямым пуском асинхронного двигателя, так как понижение пусковых токов поможет увеличить срок службы оборудования и уменьшить количество потребляемой электроэнергии.

Список литературы:

1. Ключев В.И., Терехов В.М. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов: Учебник для вузов. — М.: Энергия, 1980. — 360 с., ил.
2. Семёнов А.С. Разработка системы мониторинга показателей качества электроэнергии горных предприятий / Технические науки — от теории к практике // Материалы XI международной заочной научно-практической конференции. (25 июня 2012 г.); [под ред. Я.А. Полонского]. Новосибирск: Изд. «Сибирская ассоциация консультантов», 2012. — С. 66—71.
3. Семёнов А.С., Пак А.Л., Шипулин В.С. Моделирование режима пуска электродвигателя погрузочно-доставочных машин применительно к рудникам по добыче алмазосодержащих пород // Приволжский научный вестник. 2012. № 11 (15). С. 17—23.
4. Семёнов А.С., Шипулин В.С. Моделирование режимов работы системы электроснабжения добычного участка подземного рудника // Материалы V Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум 2013» [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.scienceforum.ru/2013/210/2631> (дата обращения: 12.02.2013).
5. Семёнов А.С., Шипулин В.С. Электропривод — многофункциональное, высокопроизводительное, энергоэффективное устройство / Наука XXI века: новый подход // Материалы II международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых 28 сентября 2012 года, г. Санкт-Петербург. — Петрозаводск: ПетроПресс, 2012. — 144 с. — В надзаг.: Науч.-изд. центр «Открытие». — С. 63—65.
6. Слежановский О.В., Дацковский Л.Х., Кузнецов И.С., Лебедев Е.Д., Тарасенко Л.М. Системы подчиненного регулирования электроприводов переменного тока с вентильными преобразователями // О.В. Слежановский, Л.Х. Дацковский, И.С. Кузнецов и др. — М.: Энергоатомиздат, 1983. — 256 с., ил.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
ФОРМИРОВАНИЯ И ВЫБОРА КЛАССА ЗАМЕЩЕНИЯ
ТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ
В ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СЕТЯХ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

Тарасов Алексей Сергеевич

аспирант ТГТУ,

г. Тамбов

E-mail: tas13chuvak722@mail.ru

**THE USE OF MATHEMATICAL MODEL
OF FORMATION AND SELECTION OF CLASSES
SUBSTITUTION TRADITIONAL ENERGY SOURCES
IN DECENTRALIZED NETWORKS POWER**

Aleksey Tarasov

Postgraduate TSTU, Tambov

АННОТАЦИЯ

Данная работа посвящена необходимости внедрения возобновляемых источников энергии для оптимизации и удешевления децентрализованного энергоснабжения. По ходу работы была рассмотрена математическая модель формирования и выбора класса замещения традиционных источников энергии в децентрализованных сетях электроснабжения.

ABSTRACT

This research aims at a necessity of renewable energy sources implementing for the sake of optimization and cheapening of decentralized energy supply. During the research there was examined a mathematical model of formation and selection of traditional energy sources substitution class in decentralized power networks.

Ключевые слова: Топливо-энергетические ресурсы; углеродное топливо; возобновляемые источники энергии; класс замещения ресурса; электротехническая система; энергосберегающие технологии; децентрализованное энергоснабжение фотоэлектрическая установка; ветроэлектростанция; ветроэнергетическая установка.

Keywords: fuel and power resources; carbon-based fuel; renewable energy sources; substitution class of resource; electrical engineering system; energy conservation methods; decentralized energy supply; photoelectric mounting; wind-driven electric power station; wind-mill.

Не секрет, что энергетика для любой страны является ключевым фактором экономики. Возрастающие с каждым годом выработка и потребление энергии создают необходимые условия для ускорения научно технического прогресса. Возрастающие объёмы потребления энергии требуют всё больших объёмов углеродного сырья (уголь, нефть, природный газ), запасы которого не безграничны. Как следствие этого, мы получаем рост цен на углеродные энергоносители, а значит и на энергию, получаемую при их сжигании.

Дефицит энергии и ограниченность топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), а также увеличение загрязнения окружающей среды, вызванные попаданием в атмосферу вредных веществ, выделяющихся при сгорании углеродного топлива, с все возрастающей остротой показывает неизбежность модернизации современного топливно-энергетического комплекса.

Выделяют два основных пути: первый — формирование новых подходов к эффективному использованию топливно-энергетических ресурсов на основе практической реализации современных энерго-сберегающих технологий, что является основной целью многих национальных энергетических стратегий, и второй — предполагающий увеличение доли использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

По сути, использование возобновляемых источников энергии может рассматриваться как альтернативная технология в области энергетики. Технология, развивать которую необходимо вследствие того, что неизвестно, в какое время и какие ограничения могут быть наложены на традиционную углеродную и ядерную энергетику, из-за крайне негативного их влияния на окружающую среду.

Мировой опыт ряда стран, таких как Германия, США, Япония и другие, доказывает, что развитие возобновляемой энергетики при устойчивом росте стоимости ТЭР уже сегодня определяют технико-экономические преимущества электростанций использующих ВИЭ, а в перспективе эти преимущества будут увеличиваться, расширяя вклад ВИЭ в мировом энергобалансе.

К примеру: по данным Европейской ассоциации фотоэлектрической промышленности (European Photovoltaic Industry Association, EPIA) в период в 2011 совокупная мощность выработанная

при помощи энергии солнца в мире достигла 69 ГВт (Рис. 1), а Согласно данным Всемирной ассоциации ветроэнергетики (World Wind Energy Association, WWEA), за первое полугодие прошлого года суммарная мощность всех ветроэлектростанций составила 254 ГВт (Рис. 2).

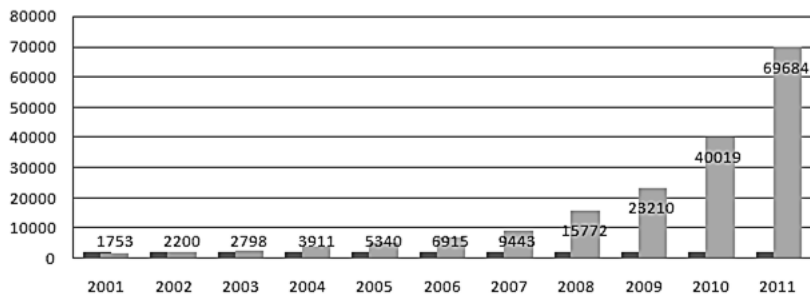


Рисунок 1. Общая установленная мощность фотоэлектрических установок 2001—2011 г, МВт

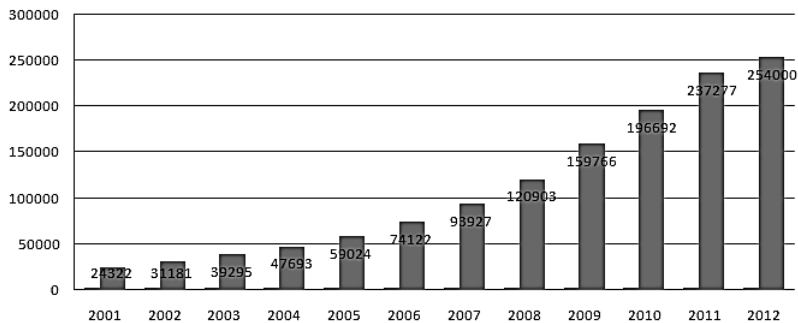


Рисунок 2. Общая установленная мощность ветроэнергетических установок 2001—2012 г, МВт

Что касается России, то наша страна, к сожалению, имеет более чем скромные показатели роста доли возобновляемой электроэнергии и по разработке и освоению технологий использования ВИЭ существенно отстаёт от ведущих мировых лидеров. Конечно с точки зрения макроэкономических показателей, Россия с избытком обеспечена традиционными энергоресурсами. Но анализ энергобаланса показывает, что из всех добываемых в стране энергоресурсов

приблизительно 67 % экспортируется за рубеж. Утвержденная Энергетическая стратегия России на период до 2030 г. фактически предусматривает лишь незначительное относительное снижение экспорта энергоресурсов. Экспортная ориентация во многом обусловлена тем, что нефтегазовый комплекс страны обеспечивает около 17 % российского ВВП и более 40 % доходов консолидированного бюджета [7, с. 23].

Однако, 2/3 территории страны с населением около 20 млн. человек, расположены вне системы централизованного энергоснабжения [7, с. 24]. Электроснабжение таких территорий осуществляется при помощи источников малой мощности, работа которых осуществляется за счёт привозного топлива, что существенно удорожает производство электроэнергии. Таким образом, большинство источников автономного электроснабжения регионов РФ являются убыточными, поскольку себестоимость производства электроэнергии значительно выше тарифа, который устанавливается для населения. Поэтому в районах с децентрализованным энергоснабжением существует острая необходимость совершенствования структуры топливно-энергетического баланса, уменьшая его зависимость от внешних поставок топлива, путём внедрения местных нетрадиционных источников энергии.

Безусловно, невозможно сразу и полностью отказаться от использования традиционных источников энергии, поэтому необходимо разработать модель которая могла бы облегчить и оптимизировать выбор ВИЭ, лучшим образом подходящий тому или иному региону, а также класс замещения им используемых ТЭР.

Для удобства решения задач оптимизации электротехнических систем (ЭТС), которые возникают в условиях замещения традиционных источников энергии возобновляемыми энергоресурсами, очень удобно, использовать математическую модель формирования и выбора классов замещения ресурсов (КЗР) предложенную [6, с. 46], основанную на теории нечётких множеств. Как показывает практика, в теории принятий решений описание и анализ неопределенностей с помощью теории нечетких множеств весьма плодотворны [8, с. 43].

В общем и целом все этапы ресурсов ЭТС в условиях замещения могут быть рассмотрены как последовательность реализации следующих процедур: построение графа целей и задач замещения ресурсов; формирования множества ресурсов и их свойств; формирование множества вариантов КЗР и выбор из них наиболее рационального; выбор из этого КЗР ресурс, который наиболее полно отвечает целям замещения [5, с. 48; 4, с. 46].

Рассмотрим, как будет выглядеть общая математическая модель, для интересующего нас процесса замены традиционных ТЭР на ВИЭ в децентрализованных сетях электроснабжения. Объединяя все характеристики каждого ресурса в рамках общей модели для разделения на КЗР, имеем:

$$\begin{aligned} D &= \{d_i\}, i = \overline{1, p} \text{— множество ресурсов ВИЭ} \\ Z &= \{z_k\}, k = \overline{1, K} \text{— множество свойств каждого энергоресурса} \\ R &= \{r_m\}, m = \overline{1, M} \text{— класс замещения ресурсов} \end{aligned}$$

В результате расчётов согласно[9]получаем матрицу **И**:

$$И = \begin{bmatrix} \mu_{T_1}(d_1, r_1) \wedge \mu_{T_2}(d_1, r_2) & \dots & \mu_{T_{m-1}}(d_1, r_{m-1}) \wedge \mu_{T_m}(d_1, r_m) \\ \mu_{T_1}(d_p, r_1) \wedge \mu_{T_2}(d_p, r_2) & \dots & \mu_{T_{m-1}}(d_p, r_{m-1}) \wedge \mu_{T_m}(d_p, r_m) \end{bmatrix}; \quad (1)$$

где: $\mu_{T_m}(d, r_m) = \frac{\sum_k (\alpha_{pk} \beta_{pk})}{\sum_k \alpha_{pk}}$ для всех $p \in P, k \in K, m \in M$ — функция принадлежности.

Учитывая данные матрицы *И*, ограничиваем порог разделения условием:

$$\text{Пр. рл.} < \min_{ij} \max_d \min [\mu_{T_i}(d, r_i)], \text{ где } i, j = \overline{1, m}, i \neq j. \quad (2)$$

Используя полученные пары разделения определяем КЗР для каждого ресурса.

$$r_m \left\{ d | \mu_{T_i}(d) \geq \min_{ij} \max_d \min [\mu_{T_i}(d, r_i)] \right\} \text{ для всех } d \in r_m. \quad (3)$$

Определив КЗР для каждого ресурса ВИЭ, нам нужно выбрать лучший ресурс, который лучше всего подходил для целей замещения, а именно: являлся наиболее дешёвым способом получения энергии из местных ВИЭ.

Для наиболее рационального выбора ресурса согласно [6, с. 48] существует три ситуации в зависимости от реализации альтернатив и состояния системы. Поскольку в данной ситуации можно выделить одно наиболее важное свойство ресурса, а именно экономичность производимой энергии, то выделяем ситуацию — нечеткая реализация и чёткое состояние.

Итак, необходимо задать матрицу реализаций N свойств на S ресурсов, но нужно учитывать, что реализации нечёткие, тогда соответственно с [6, с. 49] реализации для различных ресурсов можем найти в виде:

$$\tilde{X}_1 = \frac{\mu_{\tilde{X}_1}(x_k)}{x_k}. \quad (4)$$

После определения нечётких реализаций альтернатив, можно найти максимальное значение реализации для данного нечёткого состояния. Максимальное значение реализации выбирается из множества:

$$Y = \bigcup_{i=1}^p S(X_i), \quad (5)$$

Максимальное значение $x_{\max} = \sup Y$, после определяем максимизирующие множества:

$$\tilde{X}_{1m} = \left\{ \frac{\mu_{\tilde{X}_{1m}}(x_j)}{x_j} \right\}, \quad (6)$$

где: $\mu_{\tilde{X}_{1m}}(x_j) = x_j/x_{\max}$. Тогда можно определить оптимизирующее множество:

$$\tilde{X}_{10} = \{ \mu_{\tilde{X}_{10}}(x_j) \} = \left\{ \min \left(\mu_{\tilde{X}_{10}}(x_j); \mu_{\tilde{X}_1}(x_k) \right) \right\}. \quad (7)$$

Откуда, получаем нечёткое множество \tilde{D}_0 , которое и будет характеризовать данный ресурс.

$$\mu_{\tilde{D}_0}(d_i) = \{ \max_j \mu_{\tilde{X}_{10}}(x_j) \}. \quad (8)$$

Выбираем из полученного множества ресурс, который имеет наибольшее значение принадлежности, это и будет самый лучший ресурс, то есть наиболее экономически выгодный ВИЭ для данного региона.

Таким образом, учитывая проблему внедрения возобновляемых источников энергии в электротехнических системах, лежащих вне зоны централизованного электроснабжения, мы убедились, что математическая модель формирования и выбора классов замещения ресурсов, очень

удобна для решения задач оптимизации ЭТС. А также помогает принять технически и экономически обоснованное решение по замене традиционных источников энергии на ВИЭ в условиях необходимости трансформации, убыточного действующего на данный момент в сетях децентрализованного электроснабжения, топливно-энергетического комплекса.

Список литературы:

1. Безруких П.П. Возобновляемая энергетика: сегодня — реальность, завтра — необходимость. — М.: Лесная страна, 2007. — 120 с.
2. Возобновляемая энергетика в децентрализованном электроснабжении: монография / Б.В. Лукутин, О.А. Суржикова, Е.Б. Шандарова. — М.: Энергоатомиздат, 2008. — 231 с.
3. Возобновляемая энергетика на Северо-Западе России: Сборник докладов международного конгресса «Дни чистой энергии в Петербурге — 2010» / под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Елистратова В.В.. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. — 144 с.
4. Громов Ю.Ю. К.А. Набатов, Т.Г. Самхарадзе, А.В. Баранов, А.М. Краснов. Модели формирования и выбора классов замещения ресурсов электротехнических систем./ Инженерная физика № 6 2008 г. — 43 — 47 с.
5. Елистратов В.В. Использование возобновляемой энергии: учеб. пособие/ В.В. Елистратов. — СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2008. — 224 с.
6. Набатов К.А., Ю.Ю. Громов, В.Ф. Калинин, Ю.С. Сербулов, В.О. Драчев. Распределение ресурсов сетевых электротехнических систем. — М.: Машиностроение, 2008. — 214 с.
7. Попель О.С. Возобновляемые источники энергии в регионах Российской Федерации: проблемы и перспективы./Энергосовет № 5 (18) 2011 г. — 22 — 26 с.
8. Прикладная статистика: учебник А.И. Орлов — М: Издательство «Экзамен», 2006. — 671 с.
9. Global market outlook for photovoltaics until 2016 [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: http://www.epia.org/fileadmin/user_upload/Publications/Global-Market-Outlook-2016.pdf (Дата обращения: 18.02.2012).
10. The World Wind Energy Association. Half — year report 2011 [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: http://wwindea.org/home/images/stories/publications/half_year_report_2011_wwea.pdf (Дата обращения: 17.02.2012).
11. The World Wind Energy Association. Half — year report 2012 [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL:http://www.wwindea.org/webimages/Half-year_report_2012.pdf (Дата обращения: 17.02.2012).
12. World Wind Energy Report 2010 [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: http://www.wwindea.org/home/images/stories/pdfs/worldwindenergyreport2010_s.pdf (Дата обращения: 05.01.2012).

СЕКЦИЯ 4.

ГОРНАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

ИЗУЧЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ АКТИВНОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА ВИБРАЦИОННОЙ КАССЕТНОЙ УСТАНОВКИ И ИХ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Нестеренко Николай Петрович

*канд. техн. наук, доцент Полтавский национальный технический
университет имени Юрия Кондратюка
E-mail: mpnesterenko@ukr.net*

Молчанов Петр Александрович

*асистент Полтавский национальный технический университет
имени Юрия Кондратюка
E-mail: petja_men@ukr.net*

STUDY OF VARIATIONS OF THE ACTIVE LABOR BODIES VIBRATIONAL DISPENSER, AND THEIR DYNAMIC CHARACTERISTICS

Nesterenko Nikolai Petrovich

*Ph.D Poltava National Technical University named in honour
of Yuriy Kondratyuk*

Molchanov Peter Alexandrovich

*Assistant Poltava National Technical University named in honour
of Yuriy Kondratyuk*

АННОТАЦИЯ

В статье аналитически определена резонансная частота колебаний перегородки кассетной формы как активного рабочего органа.

ABSTRACT

In the article resonance frequency vibrations the partition cassette form is analytically certain as an active working organ.

Ключевые слова: активный рабочий орган; резонансная частота; кассетная установка; колебание, форма.

Keywords: active working organ; resonance frequency; cassette setting; oscillation; form.

Целью данной работы является исследование динамических характеристик колебаний перегородки кассетной формы как активного рабочего органа кассетной установки с учетом влияния уплотняемой рабочей среды на его колебания.

Метод. При изготовлении железобетонных изделий, всегда стараются добиться как можно экономичного способа использования различных видов энергии. Для этого создают и моделируют новые установки, отвечающие современным требованиям производства. Для формирования железобетонных изделий можно использовать виброплощадки различной грузоподъемности с пространственным движением рабочего органа, разработанные в ПолтНТУ. В известных работах [11] рассматривались виброформовочные установки в зарезонансном режиме пространственных колебаний рабочего органа. Попытки использовать работу вибрационных установок в режиме резонанса при горизонтальных колебаниях были изложены в работе [10]. Однако собственные колебания самих перегородок не исследовались. В кассетных установках [5, 11] рассматривались колебания перегородок возбуждены единственным виброприводом. Управляемые собственные колебания пластин, разделяющих изделия, могут быть использованы как дополнительный источник возбуждения колебаний в бетонной смеси при уплотнении изделий.

Результат. Рассматриваем кассетную установку, представляет собой металлическую форму, разделенную на отдельные ячейки с помощью разделительных листов-перегородок. Форма установлена на упругие опоры и приводится в колебательное движение с помощью навесного торцевого вибровозбудителя круговых колебаний. Перегородки-ячейки, расположенные перпендикулярно направлению распространения вынужденных колебаний, втягиваются

в колебания и способствуют уплотнению бетонной смеси. Поэтому в дальнейшем рассматриваем перегородки формы как активный рабочий орган, взаимодействующий с уплотнений средой.

Напряжение:

$$\begin{aligned}\sigma_x &= \frac{E}{1-\mu^2} (E_x + \mu E_y) = -\frac{Ez}{1-\mu^2} \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} \right) \\ \sigma_y &= \frac{E}{1-\mu^2} (E_x + \mu E_y) = -\frac{Ez}{1-\mu^2} \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} + \mu \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} \right) \\ \tau_{xy} &= G\gamma_{xy} = \frac{E}{2(1+\mu)} \cdot (-2z \frac{\partial^2 \omega}{\partial x \partial y}) = -\frac{Ez}{1+\mu} \frac{\partial^2 \omega}{\partial x \partial y}\end{aligned}\quad (1)$$

Вариационное уравнение колебаний пластины

$$\partial(\Pi - T) = 0 \quad (2)$$

Вариация потенциальной энергии

$$\begin{aligned}\partial \Pi &= \frac{1}{2} \iiint_V [\sigma_x \delta \varepsilon_x + \sigma_y \delta \varepsilon_y + \tau_{xy} \delta \gamma_{xy}] \partial V - \frac{1}{2} \iint_A q \delta \omega dx dy = \frac{1}{2} \iiint_V [\sigma_x \delta (-z \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2}) + \\ &+ \sigma_y \delta (-z \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2}) + \tau_{xy} \delta (-2z \frac{\partial^2 \omega}{\partial x \partial y})] \cdot dx dy dz - \frac{1}{2} \iint_A q \delta \omega dx dy = \frac{1}{2} \{ \iint_A [-\int_{\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} \sigma_x z dz \delta \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} - \\ &-\int_{\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} \sigma_y z dz \delta \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} - 2 \int_{\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} \tau_{xy} z dz \delta \frac{\partial^2 \omega}{\partial x \partial y}] dx dy \} - \frac{1}{2} \iint_A q \delta \omega dx dy = -\frac{1}{2} \{ \iint_A [M_x \delta \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} + M_x \delta \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} + \\ &+ 2M_{xy} \delta \frac{\partial^2 \omega}{\partial x \partial y}] dx dy \} - \frac{1}{2} \iint_A q \delta \omega dx dy, \\ M_x &= \int_{\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} \sigma_x z dz; M_y = \int_{\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} \sigma_y z dz; M_{xy} = \int_{\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} \tau_{xy} z dz;\end{aligned}\quad (3)$$

Интегрируем интегралы в последнем выражении по частям

$$\left(\int_a^B u dv = uv \int_a^B - \int_a^B v du : \right.$$

$$\begin{aligned}
\iint M_x \delta \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} dx dy &= \left[\iint M_x \delta \frac{\partial \omega}{\partial x} dy - \iint \frac{\partial M_x}{\partial x} \delta \frac{\partial \omega}{\partial x} dx dy = \right. \\
&= \left. \left[\iint M_x \delta \frac{\partial \omega}{\partial x} dy - \left[\iint \frac{\partial M_x}{\partial x} \delta \omega dy + \iint \frac{\partial^2 M_x}{\partial x^2} \delta \omega dx dy \right] \right] \right.
\end{aligned} \tag{4}$$

По аналогии

$$\begin{aligned}
\iint M_y \delta \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} dx dy &= \left[\iint M_y \delta \frac{\partial \omega}{\partial y} dx - \left[\iint \frac{\partial M_y}{\partial y} \delta \omega dx + \iint \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} \delta \omega dx dy \right] \right. \\
&= \left[\iint M_{xy} \delta \frac{\partial \omega}{\partial x \partial y} dx dy = \iint M_{xy} \frac{\partial}{\partial x} \delta \frac{\partial \omega}{\partial y} dx dy = \right. \\
&= \left[\iint M_{xy} \delta \frac{\partial \omega}{\partial y} dy - \iint \frac{\partial M_{xy}}{\partial y} \delta \frac{\partial \omega}{\partial y} dx dy = [M_{xy} \delta \omega] - \right. \\
&\left. - \left[\iint \frac{\partial M_{xy}}{\partial y} \delta \omega dy - \left[\iint \frac{\partial M_{xy}}{\partial x} \delta \omega dx + \iint \frac{\partial^2 M_{xy}}{\partial x \partial y} \delta \omega dx dy \right] \right] \right.
\end{aligned} \tag{5}$$

Член в квадратных скобках равен нулю [11]. Тогда вариация потенциальной энергии равна:

$$\begin{aligned}
\partial \Pi &= -\frac{1}{2} \left(\left[\iint M_x \delta \frac{\partial \omega}{\partial x} dy - \left[\iint \frac{\partial M_x}{\partial x} \delta \omega dy + \iint \frac{\partial^2 M_x}{\partial x^2} \delta \omega dx dy + \left[\iint M_y \delta \frac{\partial \omega}{\partial y} dx - \right. \right. \right. \\
&- \left[\iint \frac{\partial M_y}{\partial y} \delta \omega dx + \iint \frac{\partial^2 M_y}{\partial y^2} \delta \omega dx dy - 2 \left[\iint \frac{\partial M_{xy}}{\partial y} \delta \omega dy - 2 \left[\iint \frac{\partial M_{xy}}{\partial x} \delta \omega dx + 2 \left[\iint \frac{\partial^2 M_{xy}}{\partial x \partial y} \delta \omega dx dy \right] - \right. \right. \right. \\
&- \left. \left. \frac{1}{2} \iint_A q \delta \omega dx dy = -\frac{1}{2} \left\{ \left[\iint M_x \delta \frac{\partial \omega}{\partial x} dy + \left[\iint M_y \delta \frac{\partial \omega}{\partial y} dx - \left[\iint \frac{\partial M_x}{\partial x} + 2 \frac{\partial M_{xy}}{\partial y} \right] dy - \right. \right. \right. \\
&- \left[\iint \left[\frac{\partial M_y}{\partial y} + 2 \frac{\partial M_{xy}}{\partial x} \right] dx \right] \delta \omega + \iint \left(\frac{\partial M_x}{\partial x} + 2 \frac{\partial^2 M_{xy}}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 M_y}{\partial y^2} \right) dx dy \delta \omega - \frac{1}{2} \iint_A q \delta \omega dx dy = \\
&- \frac{1}{2} \iint \left(\frac{\partial^2 M_x}{\partial x^2} + 2 \frac{\partial^2 M_{xy}}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 M_y}{\partial y^2} + q \right) \delta \omega dx dy,
\end{aligned} \tag{7}$$

В формулах (5) и (7) введены обозначения сводных поперечных сил (Q_x, Q_y) , изгибающих (M_x, M_y) и крутящего моментов (M_{xy}) .

$$\begin{aligned}
Q_x &= -\left(\frac{\partial M_x}{\partial x} + 2\frac{\partial M_{xy}}{\partial y}\right) = -D\left[\frac{\partial^3 \omega}{\partial x^3} + \mu\frac{\partial^3 \omega}{\partial x \partial y^2} + 2(1-\mu)\frac{\partial^3 \omega}{\partial x \partial y^2}\right] = \\
&= -D\left[\frac{\partial^3 \omega}{\partial x^3} + (2-\mu)\frac{\partial^3 \omega}{\partial x \partial y^2}\right] \\
Q_y &= -D\left[\frac{\partial^3 \omega}{\partial y^3} + (2-\mu)\frac{\partial^3 \omega}{\partial x^2 \partial y}\right] = D\left[\frac{\partial M_y}{\partial y} + (2-\mu)\frac{\partial M_{xy}}{\partial x}\right] \\
M_x &= -\int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} \frac{Ez^2}{1-\mu^2} \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} + \mu\frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2}\right) dz = -D\left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} + \mu\frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2}\right); \\
M_y &= -D\left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} + \mu\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2}\right); M_{xy} = -D(1-\mu)\frac{\partial^2 \omega}{\partial x \partial y}
\end{aligned} \tag{8}$$

$D = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)}$ — коэффициент цилиндрической жесткости h —

толщина пластинки.

Интегралы выражения (7) формируют граничные условия на контуре пластинки.

Запишем четыре вида граничных условий для исследуемой прямоугольной пластинки постоянной толщины

- при изгибающем моменте и поперечной силе на свободном крае, равны нулю:

$$\begin{aligned}
M_x(x, y) \Big|_{\substack{x=0 \\ x=a}} = 0, & \left\{ \begin{aligned} M_x &= -D\left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} + \mu\frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2}\right) = 0, \\ Q_x(x, y) \Big|_{\substack{x=0 \\ x=b}} = 0, & \left\{ \begin{aligned} Q_x &= -D\left[\frac{\partial^3 \omega}{\partial x^3} + (2-\mu)\frac{\partial^3 \omega}{\partial x \partial y^2}\right] = 0. \end{aligned} \right. \end{aligned} \right. \\
M_y(x, y) \Big|_{\substack{y=0 \\ y=b}} = 0, & \left\{ \begin{aligned} M_y &= -D\left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} + \mu\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2}\right) = 0, \\ Q_y(x, y) \Big|_{\substack{y=0 \\ y=b}} = 0, & \left\{ \begin{aligned} Q_y &= -D\left[\frac{\partial^3 \omega}{\partial y^3} + (2-\mu)\frac{\partial^3 \omega}{\partial y \partial x^2}\right] = 0. \end{aligned} \right. \end{aligned} \right.
\end{aligned} \tag{9}$$

- при прогибе и углу поворота сечения закрепленного края, например при $x = a$, равны нулю:

$$\left\{ \begin{array}{l} \omega = 0 \\ \frac{\partial \omega}{\partial x} = 0 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \omega = 0 \\ \frac{\partial \omega}{\partial y} = 0 \end{array} \right. \quad (10)$$

- при прогибе и общем моменте шарнирно опирающегося края, равны нулю:

$$\omega = 0; M_x = -D \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} \right) = 0; \left\{ \begin{array}{l} \omega = 0 \\ M_y = -D \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} + \mu \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} \right) = 0. \end{array} \right. \quad (11)$$

Вариация кинетической энергии δT равна:

$$\delta T = \frac{1}{2} \int_A \rho h \delta \left(\frac{\partial \omega}{\partial t} \right)^2 dx dy. \quad (12)$$

После подстановки уравнения (12) и (7) в вариационное уравнение колебаний пластины (2) и отделения частей, отвечающих за граничные условия, вариации получим уравнение поперечных колебаний тонкой упругой пластинки:

$$\frac{\partial^2 M_x}{\partial x^2} + 2 \frac{\partial^2 M_{xy}}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 M_y}{\partial y^2} + q + \rho h \frac{\partial^2 \omega}{\partial t^2} = D \left[\frac{\partial^4 \omega}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \omega}{\partial y^4} \right] + q + \rho h \frac{\partial^2 \omega}{\partial t^2} = 0, \quad (13)$$

Для свободных колебаний при $q = 0$ решение уравнения находим в виде:

$$\omega(x, y, t) = \omega(x, y) \sin(pt + \alpha)$$

Соответственно уравнение (13) получит вид:

$$D \left[\frac{\partial^4 \omega}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \omega}{\partial y^4} \right] + \rho h \frac{\partial^2 \omega}{\partial t^2} = 0$$

Выводы:

1. На основе анализа вариантов крепления активного рабочего органа кассетной установки для формования железобетонных изделий, представленного в виде пластины, проведен расчет резонансных частот его колебаний.

2. Полученные результаты позволяют решить задачи резонансных частот колебаний рабочего органа по учету влияния уплотняемой среды, определение максимальной энергии, передаваемой от него среде, что позволит уменьшить энергетические затраты на формирование бетонных изделий.

Список литературы:

1. Бабаков И.М. Теория колебаний / И.М. Бабаков, М.: Дрофа, 2004 — С. 343—364.
2. Василенко М.В. Теорія коливань і стійкості руху / М.В. Василенко, О.М. Алексейчук К.: Вища школа, 2004 — С. 391—411.
3. Гонткевич В.С. Собственные колебания пластинок и оболочек / В.С. Гонткевич, К.: Наукова думка, 1964 — 67 с.
4. Лялинов А.Н. Новые вибрационные машины для уплотнения бетонных смесей. Л. Ленинградский ДНТП, 1970. — 31 с.
5. Нестеренко М.П. Вібраційні площадки з просторовими коливаннями для виготовлення залізобетонних виробів широкої номенклатури / М.П. Нестеренко // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). — Полтава: ПолтНТУ, 2005. — Вип. 16. — С. 177—181.
6. Нестеренко М.П. Універсальний вібростенд просторових коливань / М.П. Нестеренко, О.В. Орисенко, В.В. Шульгін // Прогрессивные технологии и машины для производства строительных материалов, изделий и конструкций: тез. докл. Первой всеукр. науч.-практ. конф. — Полтава, 1996. — С. 59.
7. Олехнович К.А. Потребительские качества современных виброуспокоителей / К.А. Олехнович, Ю.И. Виноградов, Н.П. Нестеренко // Строительные и дорожные машины. 1991. — № 8. — С. 14—16.
8. Ректорис К. Вариационные методы в математической физике и технике / К. Ректорис, М.: Мир, 1985 — С. 272.

9. Сівко В.Й. Деякі питання теорії будівельних матеріалів і сумішей / В.Й. Сівко, М.П. Нестеренко // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). — Полтава: ПолтНТУ, 2000. — Вип. 6. — С. 84—89.
10. Сівко В.Й. Механічне устаткування підприємств будівельних виробів: — К.: ІСДО, 1994. — 359 с.
11. Чубук Ю.Ф. Вибрационные машины для уплотнения бетонных смесей / Ю.Ф. Чубук, И.И. Назаренко, В.Н. Гарнец. — К.: Вища школа, 1985. — 168 с.

СЕКЦИЯ 5.

ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

ГАЛОПИРОВАНИЕ ЦИЛИНДРОВ С ПЛАВНЫМИ ОБВОДАМИ

Люсин Виталий Дмитриевич

ведущий инженер СПбГУ,

г. Санкт-Петербург

E-mail: lyusinv@yandex.ru

THE GALLOPING OF THE CYLINDERS WITH SMOOTH CURVES

Lyusin Vitaliy Dmitrievich

Leading engineer, St. Petersburg state University,

Saint-Petersburg

E-mail: lyusinv@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

Проведены измерения аэродинамических сил, действующих на цилиндры, имеющие криволинейные основания без острых кромок. Установлено наличие двух режимов обтекания в некотором диапазоне углов атаки. Разработана модель аэроупругого галопирования тел с подобными аэродинамическими характеристиками. Расчеты с использованием новой модели, дали зависимости амплитуды колебаний от скорости набегающего потока для цилиндров различного удлинения.

ABSTRACT

The aerodynamic forces acting on the cylinders with curved bases without sharp edges are measured. The existence of two flow regimes is established in a certain range of angles of attack. A model of aeroelastic galloping of the bodies with similar aerodynamic characteristics is developed. The calculations according the new model gave the dependences

of oscillation amplitude on the incoming flow velocity for cylinders of different extension.

Ключевые слова: галопирование, плохообтекаемое тело, моделирование колебаний, эксперимент.

Keywords: galloping, bluff body, oscillation simulation, experiment.

1. **Введение.** Неосесимметричные цилиндры являются неотъемлемой частью многих элементов транспортных средств. Примером могут служить вагоны подвесной канатной дороги. Тела, с точки зрения их аэродинамических характеристик, можно разделить на два класса: удобнообтекаемые и плохообтекаемые. Основной особенностью плохообтекаемых тел является отрыв пограничного слоя при взаимодействии их с потоком газа или жидкости [1]. Это может приводить к нестабильности и колебаниям таких тел под воздействием ветра или течений. Большинство мостов зданий и прочих инженерных конструкций являются как раз плохообтекаемыми телами. Известны даже случаи разрушения мостов под воздействием ветра, например мост Такома Нерроуз [3].

Одной из причин, вызывающих колебания плохообтекаемых тел, является галопирование. Оно обусловлено специфическими зависимостями аэродинамических характеристик объектов от углов атаки. Впервые модель аэроупругого галопирования была предложена Паркинсоном и его соавторами в середине XX-го века [8, 9]. Позднее эта модель не раз использовалась различными учеными для проведения исследований в этой области [6, 7]. Большой вклад в изучение галопирования внес Новак [7]. Он проводил эксперименты с призмами различных прямоугольных сечений. В последнее время появилось множество работ, в которых исследуются цилиндры с треугольными [4], ромбовыми [5] и даже криволинейными сечениями [5]. Изучался также вопрос влияния числа Рейнольдса на характер и склонность к галопированию [6].

Эффекту галопирования подвержены не только тела большого удлинения, такие как мосты, колонны или трубопроводы, но и малого. Вопрос о влиянии удлинения квадратных призм на амплитуду возможных колебаний изучался автором ранее [2]. Данная работа посвящена исследованию галопирования цилиндров разного удлинения, боковые поверхности которых не имеют острых кромок. Сечение цилиндров приближенно напоминает сечение железнодорожных вагонов или вагонов подвесной канатной дороги.

Постановка задачи и математическая модель.

Рассматривается тело, упруго закрепленное в потоке газа. Предполагается, что тело может двигаться только в направлении перпендикулярном потоку. В этом же направлении на него действуют три силы: упругая, аэродинамическая и сила вязкого демпфирования, не связанная с аэродинамикой (трение в подвеске и тому подобное). Эти три силы входят в уравнение движения призмы в поперечном направлении. Аэродинамическую силу, действующую на колеблющееся тело, предлагается считать равной силе, действующей на стационарно закрепленное тело при соответствующих углах атаки (квазистатическое приближение). Таким образом, проведя эксперимент над стационарно закрепленным телом и измерив силы, действующие на него при различных углах атаки, можно приблизить эти данные некоторой функцией, подставить ее в уравнение движения и, решив его, найти зависимость между скоростью набегающего потока и амплитудой колебаний. Более подробно модель изложена в работе посвященной прямоугольным призмам [2].

2. Проведение экспериментов. Объектом исследования в данной работе были три цилиндра имеющие в сечении одну и ту же криволинейную, выпуклую фигуру. Отношения длины цилиндра к диаметру основания составляли 2, 4 и 8 соответственно для каждого из трех тел. Эксперимент проводился в аэродинамической трубе с открытой рабочей частью. Цилиндры были жестко закреплены. Углы атаки менялись от -30 до 30 градусов. Были проведены измерения аэродинамических сил действующих на тела при числе Рейнольдса $Re=2 \cdot 10^4$. После этого были вычислены аэродинамические коэффициенты нормальной силы C_n для всех трех тел. Результаты приведены на рисунке 1. На рисунке 2 приведены аналогичные результаты для прямоугольной призмы с квадратным основанием (острыми кромками).

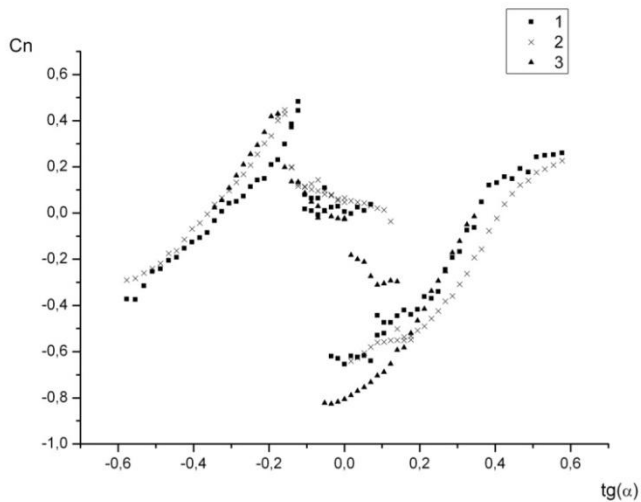


Рисунок 1. C_n для цилиндров с закругленными кромками различного удлинения (λ); 1 — $\lambda=2$, 2 — $\lambda=4$, 3 — $\lambda=8$

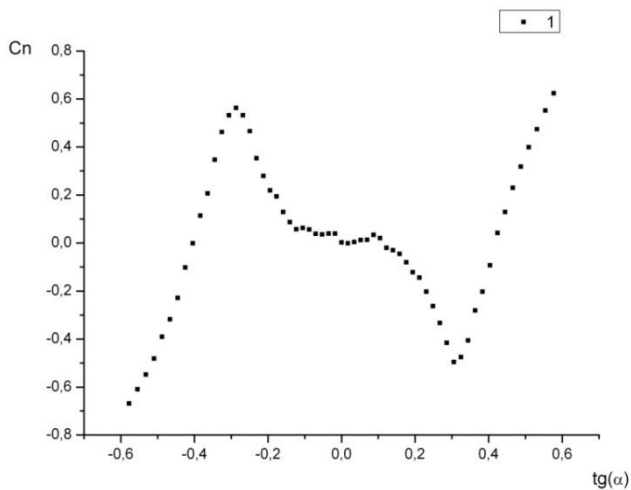


Рисунок 2. C_n для прямоугольной квадратной призмы удлинения 10

Принципиальным отличием тел с закругленной кромкой, обнаруженным во время эксперимента, стало наличие двух режимов обтекания при некоторых углах атаки. Режим обтекания, а соответственно и сила, действующая на тело, зависели от того, какое положение относительно потока исследуемый макет занимал до момента измерения. Это противоречит идее об использовании квазистатического приближения, согласно которой аэродинамические силы должны зависеть только от углов атаки. Однако, проведя серию экспериментов, удалось сделать эмпирическое предположение о наличии для каждого тела двух критических углов атаки, при переходе через которые меняется режим обтекания. Значения этих критических углов совпадают с границами области двойственности обтекания. Таким образом, когда тело, меняя свое положение в потоке и, соответственно, угол атаки, переходит через одну границу, устанавливается первый режим обтекания, при переходе через другую границу режим меняется на второй. Это предположение позволило использовать полученные данные для составления уравнения движения.

Использование метода Крылова-Боголюбова для решения уравнения движения и результаты.

В общем виде, уравнение движения колеблющегося тела, записанное в безразмерных координатах, выглядит следующим образом:

$$\ddot{y} + y = F(\dot{y}). \quad (1)$$

Здесь y — смещение тела от положения равновесия. Функция F является представлением результирующей сил вязкого демпфирования и аэродинамической нагрузки. В классической модели аэроупругого галопирования предлагается приближать коэффициент аэродинамической силы полиномом тангенса угла атаки. В таком случае функция F будет иметь вид многочлена. Для решения задачи о колебании цилиндров с закругленной кромкой такая аппроксимация функции невозможна из-за наличия двух режимов обтекания в некотором диапазоне углов атаки. Предлагается искать решение в виде:

$$y = A \cos(t_1 + p).$$

Здесь амплитуда A и фаза p — медленно меняющиеся функции временного параметра t_1 . Умножая уравнение (1) на \dot{y} получим:

$$\frac{1}{2} \frac{d}{dt_1} (y^2 + \dot{y}^2) = \dot{y} F(\dot{y}).$$

Что при подстановке y и \dot{y} дает:

$$\frac{1}{2} \frac{d}{dt_1} A^2 = -A \sin(t_1 + p) F(-A \sin(t_1 + p)).$$

Воспользуемся предположением о малости периода по сравнению со временем изменения амплитуды колебаний. Усредним правую часть уравнения по периоду цикла. Получим:

$$\frac{1}{2} \frac{dA^2}{dt_1} = -\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} A \sin \nu F(-A \sin \nu) d\nu. \quad (2)$$

В случае, когда функция F является многочленом, можно подставить ее в уравнение, вычислить интеграл, а затем, приравняв к нулю правую часть, для поиска установившихся решений получить алгебраическое уравнение для нахождения амплитуды колебаний. Параметром этого уравнения будет безразмерная скорость потока, которая входила также в качестве параметра в функцию F . Результатом большинства работ является построение графика зависимости безразмерной амплитуды колебаний от безразмерной скорости.

Для тел имеющих диапазон углов атаки с двумя режимами обтекания предлагается использовать в качестве аппроксимации C_n кусочную функцию. На каждом отдельном участке она будет являться многочленом. Представление интеграла в уравнении (2) в виде аналитического выражения приводит к довольно громоздким формулам, поэтому было решено вычислять этот интеграл численно. Преобразованное таким образом уравнение (2) решалось также численно методом Рунге-Кутты. Задав значение безразмерной скорости потока и начальное значение амплитуды, можно определить, как будут развиваться колебания. Таким образом, были вычислены амплитуды установившихся колебаний. Для нахождения неустой-

чивых решений достаточно определить, при каком значении начальной амплитуды правая часть уравнения (2) меняет знак. А изменяя значение безразмерной скорости потока можно построить график зависимости амплитуды колебаний от скорости потока в любом необходимом диапазоне. Пример аппроксимации C_n для цилиндра с закругленными кромками представлен на рисунке 3. На рисунке 4 приведены результаты вычисления зависимости амплитуды (A) от скорости потока (v) по предложенной схеме.

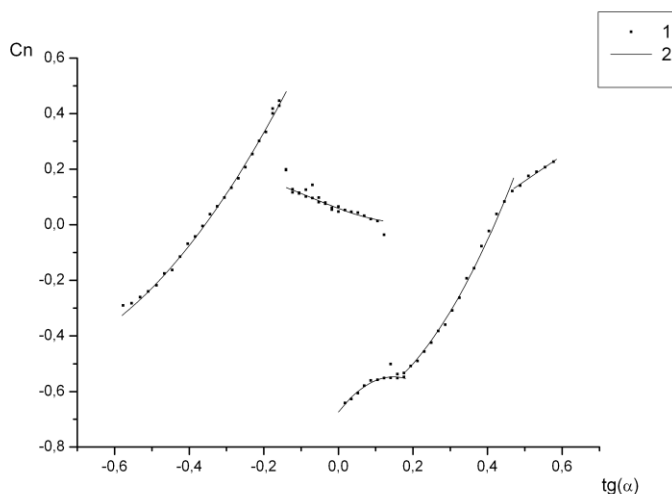


Рисунок 3. Пример аппроксимации коэффициента нормальной силы C_n кусочной функцией ($\lambda=4$). 1 — экспериментальные данные, 2 — аппроксимирующая функция

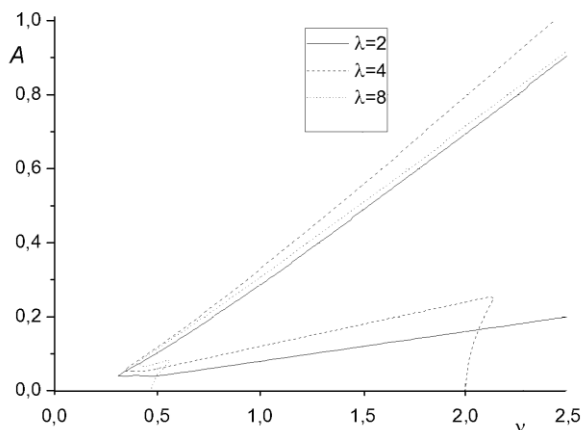


Рисунок 4. Зависимость амплитуды установившихся колебаний (A) от скорости набегающего потока (v) для цилиндров с закругленными кромками различных удлинений (λ)

Стоит отметить, что, как и в случае с квадратными призмами, критическая скорость (скорость потока при которой положение равновесия становится неустойчивым) уменьшается при увеличении удлинения тела. На графике критическая скорость это координата точки пересечения соответствующей линии с осью абсцисс. Значение максимальной амплитуды колебаний от удлинения практически не зависит.

3. **Выводы.** В настоящей работе экспериментально определены коэффициенты аэродинамических сил, действующих на стационарно закрепленные цилиндры с закругленными кромками. Обнаружено, что в некоторых диапазонах углов атаки существует два режима обтекания, причем выбор одного из режимов определяется предисторией потока. Разработана математическая модель галопирования, учитывающая переходы между различными режимами. Предложены аппроксимации для описания зависимости коэффициента нормальной силы от угла атаки. На основе предложенной модели вычислены амплитуды колебаний цилиндров разного удлинения в зависимости от скорости набегающего потока. Проведено сравнение движения исследуемых цилиндров с поведением в потоке квадратных призм.

Список литературы:

1. Девнин С.И. Аэрогидромеханика плохообтекаемых конструкций.— Л.: Судостроение, 1983. 332 с.
2. Люсин В.Д., Рябинин А.Н. Исследование влияния удлинения призмы на ее аэродинамические характеристики и амплитуду колебаний призмы при галопировании. // Вестник СПбГУ Сер. 1 — 2011. — Вып. 2. — С. 139—145.
3. Томпсон Дж.М.Т. Неустойчивость и катастрофы в науке и технике. — М.: Мир. 1985.
4. Alonso G., Meseguer J., Perez-Grande I. Galloping instabilities of two-dimensional triangular cross-section bodies // Experiments in Fluids. — 2005. — Vol. 38. — P. 789—795.
5. Alonso G., Meseguer J., Valero E. An analysis on the dependence on cross section geometry of galloping stability of two-dimensional bodies having either biconvex or rhomboidal cross sections // European J. Mech B / Fluids. — 2009. — Vol. 28. — P. 328—334.
6. Barrero-Gil A., Sanz-Andres A., Roura M. Transverse galloping at low Reynolds numbers // J. Fluid and Structures. — 2009. — Vol. 25. — P. 1236—1242.
7. Novak M. Aeroelastic galloping of prismatic bodies // J. Engineering Mech. Division ASCE. — 1969. — Vol. 95. — P. 115—142.
8. Parkinson G.V., Brooks N.P. On the Aeroelastic Instability of Bluff Cylinders // J. Appl. Mech. — 1961. — Vol. 28. — P. 252—258.
9. Parkinson G.V., Smith J.D. The square prisms as an aeroelastic non-linear oscillators // Quarterly J. Mech. Applied Math. — 1964. — Vol. XVII Pt. 2 — P. 225—239.

СЕКЦИЯ 6.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

РАВНОМЕРНОСТЬ СМЕШИВАНИЯ ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫХ ВОЛОКОН С ЦЕМЕНТНОЙ МАТРИЦЕЙ

Ахмеднабиев Расул Магомедович

канд. техн. наук, доцент ПНТУ

г. Полтава

E-mail: arasul49@mail.ru

Ахмеднабиев Расул Расулович

студент ПНТУ г. Полтава

HOMOGENEOUS MIXING OF POLYPROPYLENE FIBERS WITH A CEMENT MATRIX

Akhmednabiev Rasul Magomedovich

ph.D., associate professor PNTU Poltava

E-mail: arasul49@mail.ru

Akhmednabiev Rasul Rasulovich

student PNTU Poltava

АННОТАЦИЯ

Приведены результаты исследований равномерности распределения полипропиленовых волокон в цементе. За критерий однородности строительной смеси принята степень сепарации.

ABSTRACT

The results of studies even distribution of polypropylene fibers in cement. Criterion for uniformity of building mixtures accepted degree of separation.

Ключевые слова: портландцемент, глиноземистый цемент, полипропиленовое волокно, степень сепарации, математическое ожидание.

Keywords: Portland cement, aluminous cement, polypropylene fiber, the degree of separation, the expectation.

Технологии введения волокон в бетонную смесь и получению однородного их распределения в массе бетона посвящены многочисленные работы [3, 4]. Анализ этих работ позволяет сделать вывод, что каждому виду волокна необходимо разработать оптимальную технологию. Металлические волокна, например, требуют предусмотреть в технологии оборудование для разбивания комьев, стеклянные и синтетические волокна требуют предварительного распушивания. Однако, закономерность того, что с увеличением длины равномерность распределения волокна затрудняется, остается неизменной для всех видов волокон.

В настоящей работе исследовалась возможность получения цементных композиций с равномерно распределенными по объему полипропиленовыми волокнами толщиной 0,2 мм. Матрица представляла собой композиция, состоящая из трех разных вяжущих: глиноземистого цемента, гипсогли-ноземистого цемента и портландцемента, перемешанных между собой примерно в равных количествах. Перемешивание вяжущих веществ происходило в шаровых мельницах. Разное количество волокна вводилось в шаровую мельницу вместе с видами цементов и перемешивалось от 3 до 18 минут градацией 3 минуты. Для определения однородности распределения волокон в объеме смеси применялась методика, разработанная М.В. Буниным [1, 2], для оценки однородности бетонной смеси. При этом волокно считалось компонентом смеси. По этому методу за критерий однородности принимается степень сепарации — величина, равная удельному среднему отклонению плотности компонентов смеси от средней плотности и характеризующая неравномерность распределения компонентов во всем объеме смеси. Изменение степени сепарации, следовательно, и процесса перемешивания во времени выражается затухающей экспонентой

$$S = a + (S_{\max} - a)e^{-kt} \quad (1)$$

где: α , k — параметры, зависящие от природы перемешиваемых материалов, от конструкций смесительного оборудования, режима перемешивания и подлежащее определению методом наименьших квадратов;

t — продолжительность перемешивания смеси, сек;

S_{max} — некоторая величина степени сепарации, отвечающая начальной стадии процесса перемешивания, когда компоненты занимают обособленный объем, и отклонения плотности этих компонентов на заданном участке объема от их средней плотности во всем объеме максимальны:

$$S_{max} = [1 - 1/V(\sum_m \rho_i V_i^2 / \sum_m \rho_i V_i)] \quad (2)$$

где: V — полный объем компонентов смеси, m^3 ;

ρ_i — плотность i -го компонента, $кг/м^3$;

V_i — объем i -го компонента в смеси, m^3 ;

m — число компонентов в смеси.

Экспериментальные значения степени сепарации определяется из соотношения:

$$S = \left(\frac{1}{V}\right) \left(\frac{1}{\rho_{см.ср}}\right) \sum_n \sum_m [(\rho_i - \rho_{icp})] \cdot \Delta V_i \quad (3)$$

где: $\rho_{см.ср}$ — средняя плотность смеси, $кг/м^3$;

ρ_i — плотность i -го компонента, $кг/м^3$;

ρ_{icp} — средняя плотность i -го компонента во всем объеме смеси, $кг/м^3$;

V — полный геометрический объем смеси, m^3 ;

m — число отобранных проб из смеси;

n — число смешиваний.

Влияние длины волокна на равномерность ее распределения в объеме вяжущего определялось при объемном содержании 2%. Влияние объемного содержания на равномерность распределения определялось при длине волокна 14 мм. Из выгруженной в лоток смеси объемом 20 л отбирались пробы шахматно-гнездовым способом. Пробы взвешивались, и измерялся объем для дальнейших вычислений, после чего пробы просеивались через сито с размером отверстий 0,125 мм. Таким образом, определялись данные, необходимые для оценки равномерности распределения волокон в среде цемента.

Зная объемы компонентов, время перемешивания, число опытов по известному уравнению (3) можно вычислить степень сепарации для каждого процента армирования и длины волокна.

Считая степень сепарации случайной величиной, для определения найденных значений S использовался метод математической статистики, и находили числовые характеристики:

- математического ожидания:

$$M = \sum_{i=1}^m S_i / m, \quad (4)$$

где: S_i — значение степени сепарации,

m — число проб.

- среднеквадратичного отклонения:

$$\sigma = \sqrt{D} = \sqrt{\sum_{i=1}^m (S_i - M)^2 / (m - 1)} \quad (5)$$

- коэффициента вариации:

$$\varphi = (\sigma / M) \cdot 100 \quad (6)$$

Результаты вычислений приведены в таблице 1

Таблица 1.

**Результаты математической обработки данных
экспериментального определения степени сепарации**

Характеристики случайных величин	Продолжительность перемешивания, мин.					
	3	6	9	12	15	18
1	2	3	4	5	6	7
Объемное содержание волокна 2 % с длиной 14 мм						
M	9,4	4,2	3,2	2,6	2,67	2,71
б	1,34	0,47	0,32	0,23	0,28	0,30
φ	14,0	11,2	10,0	8,9	10,5	11,07
Объемное содержание волокна 2 % длиной 22 мм						
M	11,9	7,6	5,0	4,1	4,18	4,2
б	1,98	0,98	0,61	0,43	0,46	0,465
φ	16,8	12,9	12,2	10,4	10,7	10,8
Объемное содержание волокна 2 % с длиной 30 мм						
M	13,4	10,2	7,9	5,7	6,9	7,0
б	2,52	1,43	0,98	0,63	0,84	0,85
1	2	3	4	5	6	7
φ	18,8	14,1	12,4	11,09	12,1	12,29
Объемное содержание волокон 4 % с длиной 14 мм						
M	11,8	6,3	5,4	4,65	4,68	4,71
б	1,77	0,94	0,69	0,52	0,59	0,63
φ	15,4	14,7	12,7	11,1	12,6	13,35
Объемное содержание волокна 6 % длиной 14 мм						
M	13,6	8,3	7,5	6,55	6,61	6,63
б	2,34	1,3	0,97	0,81	0,93	0,96
φ	17,3	15,8	13,06	12,36	14,05	14,47

По результатам математической обработки полученных данных построены графики зависимости степени сепарации от длины волокна (рис. 1) и объемного содержания волокна (рис. 2).

Как видно из рис. 1 длина волокна имеет значительное влияние на однородность распределения в цементе. С увеличением длины неоднородность повышается. Этот факт объясняется тем, что с увеличением длины волокна увеличивается количество точек соприкосновения их между собой, что приводит к образованию комьев. На рис. 2 демонстрируется характер изменения однородности смеси в зависимости от объемного содержания волокна. Как видно, с увеличением объемного содержания волокна степень сепарации увеличивается.

Анализ графиков на рис. 1 и 2 показывает, что изменение степени сепарации во времени выражается затухающей экспонентой, и увеличение времени смешивания не увеличивает однородность смеси выше определенного предела.

При образовании смеси наблюдается три периода: первый период характеризуется резким снижением степени сепарации, второй — стабилизацией процесса смешивания во времени, третий период отличается некоторым увеличением степени сепарации, т. е. снижением однородности смеси. Последнее объясняется, видимо, тем, что при увеличении времени перемешивания выше определенного периода начинают образоваться своего рода «ежи» из волокна. Поэтому при приготовлении сухой смеси вяжущего с волокном время смешивания следует ограничивать окончанием второго периода — периода стабилизации процесса перемешивания.

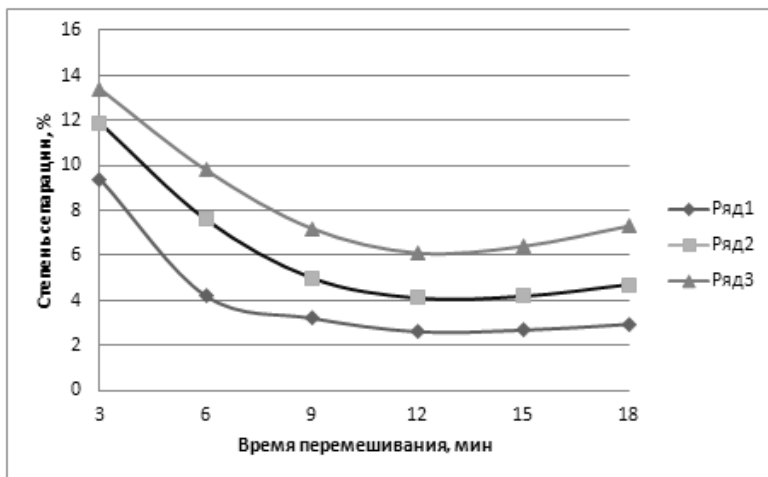


Рисунок 1. Зависимость степени сепарации от длины волокна: 1, 2, 3 — длина волокна соответственно 14, 22, 30 мм

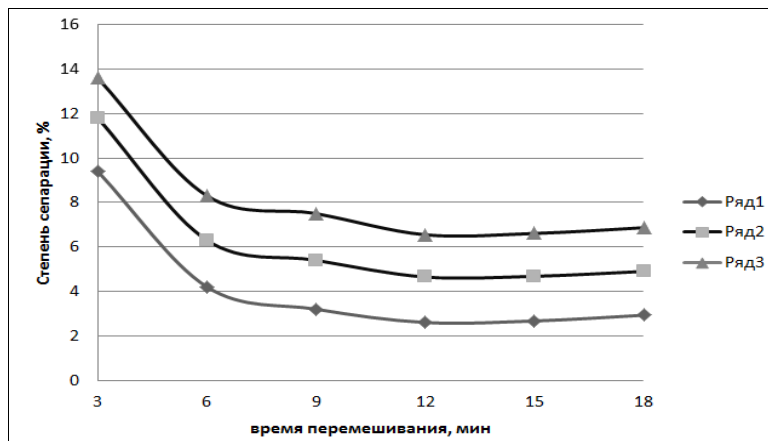


Рисунок 2. Зависимость степени сепарации от объемного содержания волокна: 1, 2, 3 — содержание волокна соответственно 2, 4, 6 %

Период стабилизации процесса смешивания должен рассматриваться как рациональное время смешивания, или рабочий интервал смешивания. За рабочий интервал смешивания можно принять

временной интервал на абсциссе графиков «критерий однородности смесей — время смешивания», когда процесс смешивания стабилизируется, и степень сепарации не превышает предела доверительного интервала, принятого в исследованиях.

Из графиков на рис. 1 и 2 видно, что рабочий интервал смешивания находится в пределах от 12 до 15 мин. Выдерживание этих пределов времени смешивания позволяет избежать образования «ежей» волокон.

Для проверки полученных экспериментальных данных на промышленной установке принимался рабочий интервал 12 мин. Промышленная проверка подтвердила результаты лабораторных исследований. Степень сепарации смеси вяжущего с 2 % пропиленового волокна длиной 14 мм при смешивании на промышленной установке составила 2,9 %.

Список литературы:

1. Бунин М.В. О закономерности принудительного смесеобразования как экстремума процесса. — Горные, строительные и дорожные машины. Киев: Техника, вып. 6, 1968.
2. Бунин М.В. и др. Методика определения качества цементобетонной смеси. Техническая информация, серия «Промышленность сборного железобетона» ЦНИИТЭС, вып. 3, М., 1969.
3. Кромская М.Ф., Евсеев Б.А. Технология и механизация приготовления дисперсно-армированного бетона. — В кн.: Дисперсно-армированный бетон и конструкции из них, — Рига, 1975, с. 62—64.
4. Лидус А.К., Алкин Б.А. Опыт приготовления фибробетонной смеси в смесителях — активаторах ССВ. — Строительные материалы и изделия. М., 1977, с. 14—16.

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ КОМПОЗИЦИИ

Мирюк Ольга Александровна

*д-р техн. наук, профессор Рудненского индустриального института
г. Рудный*

E-mail: psm58@mail.ru

MAGNESIAN COMPOSITIONS

Olga Miryuk

Doctor of technical sciences, professor of Rudny Industrial Institute, Rudny

АННОТАЦИЯ

Цель работы — синтез и исследование магниезиальных композиций различного состава. Фазовый состав затвердевших материалов оценивали дифрактометрическим методом анализа. Выявлены факторы, влияющие на активность оксида магния в магниезиальных композициях различного состава. Эффективность сульфомагниезиальных композиций определяется возможностью замены части каустического магнезита гипсовым вяжущим и техногенным компонентом при сохранении высоких технических характеристик материала.

ABSTRACT

Purpose of the work — is synthesis and investigation magnesium compositions of different structures. Phase composition of hardened materials evaluated by diffractometric method of analysis. Factors which impact activity of magnesium oxide magnesium in magnesium compositions of different structure are investigated. Efficiency of sulfomagnesian compositions determined by the possibility of replacing part of caustic magnesite by plasters binder and anthropogenic component, with saving high technical characteristics of material.

Ключевые слова: каустический магнезит, строительный гипс.

Keywords: caustic magnesite, construction gypsum.

Магниезиальные композиции отличаются малой энергоемкостью производства, интенсивным твердением, высокой прочностью и износостойкостью. Дефицит каустического магнезита обуславливает целесообразность получения смешанных магниезиальных вяжущих. Каустический магнезит вкупе с раствором хлорида магния

активизирует кремнеземсодержащие, алюмосиликатные и другие вещества. Эта способность вяжущего реализована в разработках магнезиальных композиций с использованием природных и техногенных материалов.

Цель работы — синтез и исследование магнезиальных композиций различного состава.

В экспериментах использованы: каустический магнезит, отходы обогащения магнетитовых руд и минералы скарновых пород, строительный гипс. Вяжущие затворяли раствором хлорида магния. Прочность камня вяжущих определяли на образцах размером 20x20x20 мм, изготовленных из пластичного теста. Фазовый состав затвердевших материалов оценивали дифрактометрическим и термическим методами анализа.

Объект исследования — смешанные вяжущие, полученные из каустического магнезита ПМК-75 и минералов скарновых пород, образующих основу отходов обогащения магнетитовых руд.

Высокая активизирующая способность магнезиальных вяжущих по отношению к многочисленному ряду веществ послужила основой для разработки композиций из каустического магнезита и минерального компонента — отходов обогащения скарново-магнетитовых руд [1, с. 172]. Исследования влияния техногенного компонента и отдельных минералов выявили следующие особенности смешанных вяжущих по сравнению с каустическим магнезитом: снижение расхода затворителя до 50 %; замедление темпов раннего твердения при сопоставимой или превосходящей контрольные показатели прочности камня в 7—28 сут. и более поздние сроки; повышенная водостойкость камня. Для гидратообразования смешанного вяжущего характерно: повышение активности MgO и увеличение степени его преобразования в гидроксихлориды магния; преобладание в составе кристаллогидратов пентагидроксихлорида магния; возможность образования гидроксихлоркарбоната магния — $Mg(OH)_2 \cdot MgCl_2 \cdot 2MgCO_3 \cdot 6H_2O$. Выявлено, что гидроксихлоркарбонат магния формируется при ограниченном содержании MgO в вяжущем и увеличении плотности раствора $MgCl_2$. Отмечена зависимость процессов образования пентагидроксихлорида и гидроксихлоркарбоната магния, исключая одновременное увеличение содержания этих комплексов и предполагающая их превращения.

Тенденция роста активности MgO и увеличения степени его преобразования в гидроксихлоридные комплексы сохраняется и при твердении магнезиальных композиций с минеральной добавкой. Характер гидратообразования с участием MgO зависит также

от состава минерального компонента, о чем свидетельствуют результаты исследования модельных вяжущих из каустического магнезита (35 %) и минерала — силиката (65 %), затворенных раствором хлорида магния плотностью 1220 кг/м³ (таблица 1).

Наибольшая степень преобразования оксида магния характерна для композиций, содержащих силикаты островной структуры (андрадит и эпидот), которые более склонны к гидролитическому распаду в растворе хлорида магния. Повышение плотности раствора MgCl₂ интенсифицирует гидратацию MgO, усиливает гидролитический распад минералов техногенного компонента, увеличивает долю гидроксихлоридных комплексов.

Исследованы смешанные вяжущие, затворенные раствором MgCl₂ плотностью 1250 кг/м³. Стабильное увеличение прочности материала воздушного свидетельствует о продолжающихся во времени процессах формирования структуры. По данным дифрактометрического анализа, кристаллическую основу камня образуют гидроксихлоридные комплексы, сформированные на начальных этапах гидратации. Наличие до 20 % свободного MgO указывает на неполную реализацию вяжущих свойств компонента, который является ресурсом для гидратообразования.

Таблица 1.

Влияние состава минералов на содержание фаз, в затвердевших смешанных магнезиальных вяжущих

Вид минерала	Интенсивность дифракционных отражений фаз, отн. ед.					
	MgO (0,148 нм)		Mg(OH) ₂ (0,157 нм)		5Mg(OH) ₂ ·MgCl ₂ ·8H ₂ O (0,196 нм)	
	7 сут.	80 сут.	7 сут.	80 сут.	7 сут.	80 сут.
Нет	100	87	100	93	100	96
Андрадит	43	35	29	30	93	100
Эпидот	53	44	33	33	116	114
Альбит	66	47	нет	нет	139	161
Диопсид	64	52	23	25	91	99

Значения прочности образцов долгосрочного водного твердения составили 30 % показателей такого вяжущего в возрасте 28 сут. На воздухе. В камне содержится Mg(OH)₂, образованный при распаде значительного количества гидратных комплексов; сохраняется до 10 % исходного MgO.

Разработанные магнезиальные вяжущие рекомендованы для изготовления мелкоштучных изделий плотной и ячеистой структуры.

Преимущества сочетания каустического магнезита с сульфатом кальция отмечены в работах [2, с. 26]. Магнезиальные вяжущие затворяют растворами солей. Строительный гипс весьма чувствителен к действию водорастворимых добавок. Нашими исследованиями [1, с. 182; 3, с. 12] доказана возможность замены до 40—60 % каустического магнезита полуводным сульфатом кальция. При этом обеспечиваются условия для более полной гидратации магнезиальной и сульфатной составляющих; прочность смешанного вяжущего не только не снижается, а зачастую превосходит контрольные показатели. Гипсовый компонент уменьшает водопотребность, удлиняет сроки схватывания.

Объект следующего этапа исследования — смешанные вяжущие, полученные из каустического магнезита ПМК-75, строительного гипса Г-5АП (полугидрат сульфата кальция). Содержание гипсового компонента в различных композициях составляло 0—80 %.

Сульфомагнезиальные композиции не уступают по прочности каустическому магнезиту и характеризуются повышенной стойкостью к действию воды. Твердение сульфомагнезиального оксихлоридного вяжущего протекает при первоначальной гидратации MgO и сопровождается образованием $5Mg(OH)_2 \cdot MgCl_2 \cdot 8H_2O$, гидроксида магния $Mg(OH)_2$. Содержание нестабильного $3Mg(OH)_2 \cdot MgCl_2 \cdot 8H_2O$ невелико.

При повышении плотности затворителя от 1200 кг/м^3 до 1280 кг/м^3 значительная часть оксида магния преобразуется в гидроксихлориды; содержание гидроксида магния уменьшается на 30—40 %. В камне сульфомагнезиального вяжущего формируется также гидроксихлоркарбонат магния $Mg(OH)_2 \cdot MgCl_2 \cdot 2MgCO_3 \cdot 6H_2O$ — промежуточное соединение, характерное для низкомагнезиальных композиций.

Добавка $MgCl_2$ ускоряет гидратацию $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$, изменяя растворимость фазы. Однако действие добавок, не содержащих одноименных с сульфатом кальция ионов, зависит от их концентрации. Для затворения сульфомагнезиальных вяжущих использовали концентрированный раствор хлорида магния, замедливший гидратацию гипсовой части. С течением времени твердения по мере связывания $MgCl_2$ в гидроксихлориды магния характер влияния соли на гидратационные свойства $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$ меняется. С увеличением плотности раствора $MgCl_2$ снижается степень гидратации полугидрата сульфата кальция, и, как результат, минимизируется вклад двуводного гипса в формирование первичного каркаса камня вяжущего.

Замедленная гидратация полугидрата сульфата кальция $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, обусловленная повышением концентрации MgO и MgCl_2 , обеспечивает плавный характер кристаллизации $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, способствующий уплотнению и повышению водостойкости камня. В затвердевшем сульфомагнезиальном вяжущем зафиксированы фазы, характерные для самостоятельной гидратации компонентов. Однако не исключена возможность образования гидратов в виде двойных или тройных солей. При этом наибольшая роль в упрочнении и водостойкости сульфомагнезиального камня принадлежит характеру формирования структуры.

Исследования сульфомагнезиальных вяжущих длительного твердения показали, что после 10 лет пребывания на воздухе качественный состав материалов мало изменился. Камень смешанного вяжущего состоит из пентагидрооксихлорида и гидрооксида магния, двуводного гипса, негидратированных исходных веществ. Анализ дифрактограмм показал, что с увеличением концентрации MgCl_2 в затворителе растет степень гидратации MgO , повышается содержание пентагидрооксихлорида магния, стабильного при длительном твердении. Снижение гидратационной активности полугидрата сульфата кальция обуславливает уменьшение доли двуводного гипса.

Сопоставление структур затвердевшего вяжущего, затворенного различным по концентрации раствором хлорида магния, позволяет предположить, что крупноблочное строение камня делает более уязвимой композицию на основе высококонцентрированного раствора хлорида магния в условиях повышенной влажности.

Это согласуется с результатами испытаний материалов на водостойкость. Наибольшей устойчивостью к действию влаги характеризуются сульфомагнезиальные композиции с повышенным содержанием гидрооксида магния и двуводного гипса.

По данным дифрактометрического анализа, содержание пентагидрооксихлорида магния в сульфомагнезиальной композиции сопоставимо или превышает таковое в каустическом магнезите. Значительные количества доминирующего гидрооксихлорида магния в составе вяжущего с ограниченным содержанием оксида магния обусловлено повышенной активностью последнего в композиции. Это отличает сульфомагнезиальные композиции от смешанных вяжущих, содержащих силикатный или железистый компонент, в которых повышенная гидратационная активность оксида магния реализована не только в формировании гидрооксихлорида магния, а также в образовании гидросиликатов, гидроферритов магния.

В составе камня длительного твердения сохраняются негидратированные исходные вещества. Следовательно, в вяжущем не реализуется часть химически активных компонентов. Это указывает на необходимость поиска способов более полного вовлечения составляющих в процессы гидратации. Гидратационная активность исследуемых вяжущих весьма чувствительна к составу затворителя. Однако влияние этого фактора носит конфликтный характер: увеличение концентрации хлорида магния в затворителе, обеспечивающее активизацию оксида магния и формирование гидроксихлоридных комплексов, интенсивно упрочняющих камень вяжущего; сдерживает гидратацию полуводного сульфата кальция. Поиск оптимальной плотности раствора хлорида магния существенно не изменит ситуации. Представляется целесообразным раздельное затворение компонентов смешанного вяжущего, преимущества которого реализованы при приготовлении формовочной смеси для пенобетона [3, с. 12].

Выводы. Магнезиальные композиции — эффективная разновидность смешанных малоэнергоёмких вяжущих. Многокомпонентный состав и химическая активность составляющих расширяют возможности воздействия на процессы гидратации и структурообразования за счет изменения состояния, рецептуры и приемов приготовления композиции.

Список литературы:

1. Мирюк О.А., Ахметов И.С. Вяжущие вещества из техногенного сырья. — Рудный: Рудненский индустриальный институт, 2002. — 250 с.
2. Горбачева М.И., Игнатов В.И., Рябов Г.Г., Бородкин Н.Н. Композиционное водостойкое вяжущее на основе полуводного гипса // Строительные материалы. — 1987. — № 5. — С. 26—27.
3. Мирюк О.А. Особенности приготовления пеномасс для бесцементного ячеистого бетона // Техника и технология силикатов. — 2011. — Т. 18. — № 3. — С. 12—17.

СЕКЦИЯ 7.

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ПОЛИСАХАРИДОВ ИЗ КРАСНЫХ ВОДОРОСЛЕЙ И МОРСКИХ ТРАВ

Кадникова Ирина Арнольдовна

*д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник, ФГУП ТИНРО-Центр,
профессор кафедры ДВФУ,
г. Владивосток*

E-mail: kadnikova@tinro.ru

DEFENITION OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS DIRECTION IN OBTAINING POLYCACCHARIDES FROM RED ALGAE AND SEA GRASSES

Kadnikova Irina Arnoldovna

*doctor of Technical Sciences, Leading Scientist, FSUE "TINRO-centre",
professor of DVFU, Vladivostok*

АННОТАЦИЯ

Проведены сравнительные исследования химического состава красных водорослей и морских трав. Установлено, что направленность технологического процесса получения полисахаридов из морского растительного сырья определяется моносахаридным составом и содержанием клетчатки. Полученные данные позволяют сделать отбор сырья определенного отдела, класса, вида и прогнозировать получение определенного полисахарида, а также технологические подходы к его переработке для производства полисахаридов с заданными свойствами.

ABSTRACT

Comparative studies of the chemical composition of red algae and sea grasses have been carried out. Found that the technological process direction during obtaining polysaccharides from marine plant material is determined by its monosaccharide composition and fiber content. The collected data allow us to make the selection of raw materials of the specific biological type and to predict the obtaining of definite polysaccharide as well as the technological approaches to its processing for the production of polysaccharides with the desired properties.

Ключевые слова: красные водоросли, морские травы, химический состав, моносахариды, галактоза, 3,6-ангидрогалактоза, клетчатка, группы, технологический процесс.

Keywords: red algae, sea grasses, chemical composition, monosaccharides, galactose, 3,6-anhydrogalactose, fiber, groups, technological process.

Полисахариды являются одним из основных компонентов биомассы красных водорослей и морских трав. Химический состав красных водорослей и морских трав, состав и свойства их полисахаридов, а также технологии их получения отличаются и имеют свои особенности. Ранее было показано, что химический состав морского растительного сырья позволяет установить его общие технологические характеристики и определять направленность технологического процесса при получении полисахаридов [4. с. 28]. Однако этих данных оказалось недостаточно для разработки системного подхода к разработке технологий полисахаридов с регулярной структурой и заданными свойствами из морского растительного сырья.

Целью настоящей работы было определение направленности технологического процесса для получения полисахаридов с заданными свойствами из красных водорослей и морских трав.

В качестве объектов исследований использовали разные виды водорослей и трав (табл. 1).

Для химической оценки (содержания воды, минеральных и органических соединений, полисахаридов) водорослей и трав использовали стандартные методы [2. с. 2, 3, 14].

Общее содержание азотистых веществ определяли микрометодом по Кьельдалю на анализаторе азота “Kjeltek Auto 1030 Analyzer” фирмы “Тесатор”.

Содержание клетчатки определяли методом Кюришнера и Ганака после гидролиза водорослей и трав смесью концентри-

рованной азотной и 80 % уксусной кислот в соотношении 1:10 [1. с. 358].

Таблица 1.

Объекты исследования

Наименование объекта	Район сбора
Красные водоросли	
<i>Ahnfeltia tobuchiensis</i> (Kanno et Matsubara) V. Mak.	Прол. Старка и бухта Славянка, зал. Петра Великого, зал. Измены Южно-Курильского района
<i>Gracilaria verrucosa</i> (Huds.) Papenf.	Амурский залив, зал. Восток
<i>Gelidium amansii</i> (<i>Gelidium elegans</i> Kutz)	Чечжу, Киянг, побережье Республики Корея
<i>Porphyra umbricalis</i> (L.) Kutz	Бухта Спасение, Камчатка
<i>Odontalia corymbifera</i> (Gmel) J. Ag	Мыс Бакланий
<i>Tichocarpus crinitus</i> (Gmel) Rupr	Зал. Петра Великого
<i>Chondrus armatus</i> (Harv.) Okam.	Зал. Измены Южно-Курильского района, зал. Петра Великого
Морские травы	
<i>Phyllospadix iwatensis</i> Makino	Восточное побережье о. Путятин, мыс Бартенева
<i>Zostera marina</i>	Зал. Петра Великого

Моносахаридный состав биомассы красных водорослей был определен после полного восстановительного гидролиза с последующим количественным и качественным анализом компонентов гидролизатов методом ГЖХ [20. с. 839].

Моносахаридный состав биомассы морской травы определяли после гидролиза методом ГЖХ в виде ацетатов полиолов с ацетатом мио-инозита в качестве внутреннего стандарта [15. с. 21].

Газожидкостная хроматография (ГЖХ) выполнялась на хроматографе Hewlett-Packard 5890А с пламенно-ионизационным детектором, капиллярными колонками Ultra-1 (для исследования углеводов биомассы красных водорослей), HP Ultra-2 (для исследования углеводов морской травы) и интегратором HP 3393А, в потоке азота, с градиентом температуры от 175⁰С до 290⁰С со скоростью 10⁰С/мин.

Химический состав морского растительного сырья используемого для производства полисахаридов представлен в табл. 2.

Таблица 2.

**Химический состав красных водорослей и морских трав,
используемых для производства полисахаридов**

Сырье	Содержание, % к сухому веществу				
	минеральные	органические	азотистые	полисахариды	клетчатка
<i>A.tobuchiensis</i>	12,0	66,8	17,0—24,0	25,0	17,0
<i>G.amansii</i>	7,4	68,8	13,8—14,5	31,3—33,8	20,2—20,5
<i>G.verrucosa</i>	24,7	55,3	16,8—19,5	20,8—25,2	5,6—7,5
<i>P.umbricalis</i>	12,2	66,7	18,9	35,2—45,8	2,0
<i>O.corymbifera</i>	16,5	63,5	19,0	35,0	5,9
<i>C.armatus</i>	24,5	69,8	8,0—10,0	38,4—47,9	5,9—7,2
<i>T.crinitus</i>	26,6	73,4	20,0	45,5	2,6—5,5
<i>Z.marina</i>	16,7	54,6	8,4—9,7	32,0	12,6—12,9
<i>Ph.iwatensis</i>	17,1	60,9	7,5—8,7	30,0	20,6—21,3

Состав сухого вещества исследуемых растений представлен минеральными и органическими соединениями. Больше всего минеральных веществ накапливает тихокарпус — 26,6 %, меньше всего гелидиум — 7,4 %. Высокое содержание минеральных веществ указывает на присутствие кислых полисахаридов типа каррагинана (40 %) в тихокарпусе, большая часть анионных групп которых связана с катионами калия, натрия. У морских трав содержание минеральных веществ колеблется от 16,7 до 17,1 %.

Органические вещества биомассы морского растительного сырья в основном представлены углеводами и азотистыми веществами. Содержание последних изменяется от 7,5 % (в филлоспадиксе) до 24 % (в анфельции) (табл. 2).

Полисахариды в тканях водорослей связаны с белками, катионами металлов, а также внутри- и межмолекулярными взаимодействиями. Основной технологической задачей при получении полисахаридов является разрушение белково-углеводного комплекса растительных тканей. Содержание клетчатки в морском растительном сырье определяет технологические параметры обработки сырья при выделении полисахаридов. Больше всего клетчатки содержит филлоспадикс (21,3 %), меньше всего порфира и тихокарпус (2,0—2,6 %). Анфельция занимает промежуточное положение (17,0 %).

Известно, что основным полисахаридом *A.tobuchiensis*, *G. amansii*, *G. verrucosa* является агар [12. с. 290; 6. с. 264; 11. с. 91; 9. с. 156; 5. с. 76], *C. armatus*, *T. crinitus*, — каррагинан [3. с. 132; 13. с. 82; 23. с. 374], *P. umbricalis* — порфиран [17. с. 177; 18. с. 80]; *O. Corymbifera* —

одонталан [22. с. 235]; *Z. marina*, *P. iwatensis* — пектины — зостерин и филлорин [7. с. 30; 8. с. 104; 14. с. 200]. Максимальное содержание основного полисахарида — каррагинана (47,9 %) наблюдается в *C. armatus*, минимальное в *A. tobuchiensis* (25,0 %). Морские травы накапливают до 30 % пектинов, что несколько выше, чем в *A. tobuchiensis*.

В настоящее время моносахаридный состав углеводов можно устанавливать без их предварительного выделения из биомассы водорослей [19. с. 124; 21. с. 10.]. Данные полученные с помощью этого подхода представлены в табл. 3. Отмечены большие различия по содержанию галактозы и 3,6-ангидрогалактозы в углеводном составе биомассы водорослей и трав. Для красных водорослей характерно высокое содержание этих моносахаридов, которые являются структурными компонентами каррагинана и агара. В составе нейтральных моносахаридов морских трав отмечено низкое содержание галактозы по сравнению с красными водорослями и свидетельствует о преобладании в их биомассе кислого полисахарида [7. с. 31].

Сравнительный анализ химического состава морского растительного сырья показал, что основными характеристиками для установления направленности технологического процесса получения полисахаридов являются состав и соотношение моносахаридов, а также содержание клетчатки, характеризующей прочностные свойства растительных тканей (табл. 3).

Химические характеристики были выбраны в качестве классификационных переменных для изучения сходства и различий между сырьевыми источниками полисахаридов, а также возможности разделения их на группы.

Анализ собственных экспериментальных данных и сопоставление их с данными литературы позволил нам обосновать и предположить разделение морского растительного сырья на группы, определяющее технологические параметры получения гелеобразующих полисахаридов.

Красные водоросли и морские травы разделили на 3 группы в зависимости от содержания клетчатки (К), галактозы (G) и 3,6-ангидрогалактозы (A): 1-ая группа — $K > 15$, $G < 1$, $A = 0$ %; 2-ая группа: $10 < K < 15$, $10 < G < 20$, $A < 10$ %; 3-я группа: $K < 10$, $G > 20$, $A > 10$ %.

Таблица 3.

**Химические характеристики сырья для производства
гелеобразователей (% сухого вещества)**

№ п/п	Наименование водорослей	Клетчатка	Галактоза	3,6-Ангидрогалактоза
1	Филлоспадикс	20,6—21,3	0,95—1,0	-
2	Зостера	16,6—17,9	0,90—1,0	-
3	Гелидиум	13,7—20,0	10,5—11,8	8,0—10,0
4	Анфельция	12,0—15,6	8,2—9,0	6,3—7,5
5	Грацилярия	10,2—14,2	10,5—17,4	9,5—10,0
6	Одонтолия	5,6—8,0	9,2—12,5	4,4—6,2
7	Порфира ³	2,5—6,1	9,7—20,0	3,7—8,8
8	Филлофора ¹	1,3—13,0	25,8—26,5	12,4—13,0
9	Хондрус	5,9—7,2	20,1—23,1	10,2—12,3
10	Эухема ²	4,9—6,8	24,2—25,2	12,2—13,2
11	Иридея ³	5,0—6,5	24,8—26,0	10,6—11,8
12	Тихокарпус	2,6—5,5	22,8—23,2	10,7—12,0
13	Фуццеллярия ¹	2,4—3,8	21,5—22,5	13,5—14,1

Примечание: данные — ¹Микулич Д.В., Красильниковой С.В. (1986) [10. с. 101—102]; ² Кизеветера И.В. в соавторстве (1981) [8. с. 77], ³Усова А.И., Клочковой Н.Г. (1992) [23. с. 374—375].

С точки зрения технологии, филлоспадикс и зостера, отнесенные к первой группе морского растительного сырья, содержат очень прочный белково-полисахаридный комплекс и кислый полисахарид. Известно, чем выше содержание клетчатки, тем более жесткими должны быть условия предварительной обработки сырья (температура, рН среды, продолжительность). При этом деполимеризация полисахарида должна быть минимальной [16]. В связи с этим, для получения полисахарида из этого вида сырья требуется кислотная деминерализация и модификация при повышенной температуре, и постоянном контроле молекулярной массы полисахарида.

Красные водоросли, принадлежащие ко второй и третьей группе, содержат в своем составе моносахарид — 3,6-ангидрогалактозу, который разрушается при кислотном гидролизе. В связи с этим целесообразно проведение модификации сырья в щелочной и слабощелочной среде.

Водоросли анфельция, грацилярия, гелидиум, одонтолия, порфира, принадлежащие ко второй группе, содержат также прочный белково-полисахаридный комплекс, но нейтральный полисахарид агар. Полу-

чение полисахаридов из этой группы водорослей требует применение модификации сырья в щелочной среде при температуре выше 100⁰С и постоянном контроле прочности технологического геля.

Водоросли хондрус, тихокарпус (третья группа), содержат в 2 раза меньше клетчатки и высокосульфатированные полисахариды, которые хорошо растворяются в воде при температуре 50—60⁰С. Следовательно, получение каррагинанов из красных водорослей этой группы предполагает модификацию в щелочной среде при температуре от 20 до 50⁰С.

Таким образом, сравнительные исследования химического состава красных водорослей и морских трав позволяют сделать отбор сырья определенного отдела, класса, вида и прогнозировать получение определенного полисахарида, а также технологические подходы к его переработке для производства полисахаридов с заданными свойствами. Установлено, что основными характеристиками морского растительного сырья для определения технологического процесса является моносахаридный состав и содержание клетчатки, которые необходимо учитывать при разработке технологии полисахаридов с заданными свойствами.

Список литературы:

1. Бурштейн А.И. Методы исследования пищевых продуктов. — Киев: Госмедиздат., 1963. — 643 с.
2. ГОСТ 26-185-84. Водоросли морские, травы морские и продукты их переработки. Методы анализа. — Введен 7.05.84. — 53 с.
3. Ермак И.М., Хотимченко Ю.С. Физико-химические свойства, применение и биологическая активность каррагинана-полисахарида красных водорослей // Биология моря. — 1997. — Т. 23. — № 3. — С. 129—142.
4. Кадникова И.А. Технохимическая характеристика морского растительного сырья для производства гелеобразующих полисахаридов//Хранение и переработка сельхозсырья. — 2011. — № 9. — С. 26—29.
5. Кадникова И.А. Химический состав грацилярии культивируемой, естественной и их полисахаридов // Сб. тезисов Всесоюзн. Конф. «Научно-технические проблемы марикультуры в стране». — Владивосток, 1989. — С. 76.
6. Кадникова И.А., Подкорытова А.В., Суховерхов С.В. и др. Исследование технологических свойств красной водоросли *Gelidium amansii*, произрастающей вдоль побережья республики Корея, и агара//Известия ТИНРО. — 2001. — Т. 129. — С. 261—269.

7. Кадникова И.А., Кушева О.А. Обоснование технологии получения пектина низкой степени этерификации из морской травы *Phyllospadix iwatensis* //Хранение и переработка сельхозсырья. — 2004. — № 10. — С. 29—31.
8. Кизеветтер И.В., Суховеева М.В., Шмелькова Л.П. Промысловые морские водоросли и травы дальневосточных морей. — М.: Лег. и пищ. пром-ть, 1981. — 110 с.
9. Микулич Д.В., Анцупова Л.В. Химико-технологическая оценка черноморской грацилярии как сырья для производства агара //Материалы первой международной конференции «Морские прибрежные экосистемы: водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки». Москва: ВНИРО, 2002. — С. 154—160.
10. Микулич Д.В., Красильникова С.В. Прогнозирование технологических свойств агароподобных продуктов, полученных из смесей водорослей //Изв. ВУЗов (Пищевая технология). — 1986. — № 1. — С. 101—103.
11. Микулич Д.В. Исследование состава и физико-химических свойств агара из черноморской грацилярии //Тезисы докладов Межд. Симпозиума по марикультуре, 1995. — С. 91.
12. Подкорытова А.В., Блинов Ю.Г., Кадникова И.А., Суховерхов С.В., Сухотская Л.Ю., Хо-Донг Юн Высокоочищенный агар из *Ahnfeltia tobuchiensis* и его микробиологическое тестирование//Известия ТИНРО, 1999. — Т. 125. — С. 287—292.
13. Подкорытова А.В., Кадникова И.А., Усов А.И. Красная водоросль *Chondrus armatus* (Harv.) Okam. (Gigartinales), ее химический состав, содержание каррагинана//Растительные ресурсы, 1994. — Вып. 1—2. — С. 79—85.
14. Подкорытова А.В., Кушева О.А. Морские травы дальневосточных морей: химический состав, свойства полисахаридов, направления использования // Изв. ТИНРО, 1997. — Т. 120. — С. 197—203.
15. Слонекер Д. Газожидкостная хроматография ацетатов альдитов/Методы исследования углеводов /под ред. Уистлера и Бемиллера. — М.: Мир, 1975. — С. 20—24.
16. Суховерхов С.В., Кадникова И.А., Кушева О.А., Подкорытова А.В. Обоснование технологии получения агарозы из красной водоросли *Ahnfeltia tobuchiensis* //Известия ТИНРО. — 1999. — Т. 125. — С. 282—286.
17. Усов А.И. Сульфатированные полисахариды красных морских водорослей. — В кн.: Успехи биологической химии. М.: Наука, 1979. — Т. 20. — С. 169—191.
18. Усов А.И. Полисахариды красных морских водорослей // Прогресс химии углеводов. М.: Наука, 1985. — С. 77—96.

19. Усов А.И., Элашвили М.Я. Восстановительный гидролиз — новый метод определения моносахаридного состава и частичного расщепления галактанов красных водорослей. Тез. докл. Всесоюзн. совещ. БАВ гидробионтов — новые лекарственные, лечебно-профилактические и технические препараты. — Владивосток, 1991. — С. 124—125.
20. Усов А.И., Элашвили М.Я. Количественное определение 3,6-ангидро-галактозы и специфических галактанов красных водорослей в условиях полного восстановительного гидролиза//Биоорганическая химия. — 1991. — Т. 17. — № 6. — С. 839—848.
21. Усов А.И. Проблемы и достижения в структурном анализе сульфатированных полисахаридов красных водорослей//Химия растительного сырья. — 2001. — № 2. — С. 7—20.
22. Усов А.И., Кочетков Н.К. Полисахариды водорослей. 2. Полисахариды красной водоросли *Odonothalia corymbifera* (Gmel.) J.Ag. Выделение 6-О-метил-D-галактозы//Журнал общей химии. — 1968. — Т. 38. — С. 234—238.
23. Usov A.I. Klochkova N.G. Polysaccharides of algae. 45. Polysaccharide composition of red seaweed from Kamchatka coastal waters (Northwestern Pacific) studied by reductive hydrolysis of biomass//Botanica Marina. — 1992. — V. 35. — P. 371—378.

СЕКЦИЯ 8.
ТЕХНОЛОГИЯ
ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

ПОЛУЧЕНИЕ КОРМОВЫХ ЭКСТРУДАТОВ
НА ОСНОВЕ ПОДСОЛНЕЧНОЙ ЛУЗГИ

Коротков Владислав Георгиевич

профессор, д-р техн. наук
Оренбургский государственный университет
, г. Оренбург
E-mail: fpp@mail.osu.ru

Кишкилев Сергей Владимирович

аспирант
Оренбургский государственный университет,
г. Оренбург
E-mail: SergeiGray@gmail.com

Соловых Сергей Юрьевич

доцент, канд. техн. наук
Оренбургский государственный университет,
г. Оренбург

Антимонов Станислав Владиславович

доцент, канд. техн. наук
Оренбургский государственный университет,
г. Оренбург

EXTRUDATE OF FODDER BASED ON SUNFLOWER HUSK

Korotkov Vladislav

*professor, Doctor of Technical Sciences Orenburg State University,
Orenburg*

Kishkilev Sergey

graduate Orenburg State University, Orenburg

Solovikh Sergey

associate Professor, Ph.D. Orenburg State University, Orenburg

Antimonov Stanislav

associate Professor, Ph.D. Orenburg State University, Orenburg

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются способы обработки подсолнечной лузги с целью снижения содержания в ней клетчатки и на основе этих способов предложено современное технологическое решение, которое позволит повысить ее питательность и делает возможным применять лузгу в качестве компонента комбикормов. В качестве такого решения предложена экструзия лузги с предварительной химической обработкой (декременизацией).

ABSTRACT

The article deals with how to handle the buckwheat (sunflower) husk in order to reduce its content of fiber and by using these methods offer the modern technology solution that will improve its nutritional value, and makes it possible to apply the husk as a feed component for the birds, contributing to increase the yield of egg mass and meat productivity. As such solutions offered extrusion husk with chemical pretreatment.

Ключевые слова: лузга подсолнечная, клетчатка, отруби, гидроксид натрия, экструзия, экструдат, кормовая добавка, протеин, валовая энергия.

Keywords: sunflower husk, fiber, bran, sodium hydroxide, extrusion, the extrudate, feed supplement, protein, and gross energy.

При переработке подсолнечника в растительное масло образуется значительное количество лузги. Так, при работе Оренбургского маслоэкстракционного завода (ОАО «Оренбургский МЭЗ») этот показатель составляет в среднем 21029,40 т/год лузги или 16,69 % (с учетом потерь влаги) от поставляемого на переработку в масло подсолнечника в объеме — 126000 т/год.

Рассмотрим, на какой технологической стадии производства подсолнечного масла образуется лузга, на примере Оренбургского маслоэкстракционного завода (ОАО «Оренбургский МЭЗ»). В технологической схеме ОАО «Оренбургский МЭЗ» (реализуемой на основе типового технологического регламента) лузга образуется в процессе переработки семян подсолнечника в рушально-веечном отделении.

Процесс переработки подсолнечника в рушально-веечном отделении осуществляется в следующем виде: семена подсолнечника, предварительно очищенные от примесей на сепараторах А1-БИС-100 и расфасованные на автоматических весах ДН-500 и прошедшие магнитную защиту, подаются на обрушивание в бичевые рушки МНР. Далее рушанка самотеком поступает в аспирационные семеновеечные машины Р1-МСТ для разделения. На данном этапе выделенное ядро подается на вальцевые станки для измельчения и получения мятки. Мятка после вальцевых станков направляется в пресловое отделение. Образовавшаяся же после семеновеек Р1-МСТ лузга направляется в котельную или бункер. Контроль лузги осуществляется на аспирационных семеновеечных машинах Р1-МСТ. Часть лузги самотеком или норией направляется на дробилку ДДМ на измельчение для введения ее в гранулятор.

В основном лузга, полученная при переработке подсолнечника и выделяемая из рушанки в рушально-веечном отделении, сжигается в котельной ОАО «ОМЭЗ» или вывозится на городскую свалку. Часть лузги измельчается на дробилках ДДМ до прохода через сито 3 мм и вводится в жмых перед гранулированием [1].

При переработке семян подсолнечника лузга, выделяемая из рушанки, может быть использована для получения пара при сжигании ее в паровых котлах, в гидролизной промышленности; в измельченном виде она может быть использована в качестве наполнителя при силосовании кормов. Лузга, обогащенная соапстоком, в гранулированном виде также может быть использована на кормовые цели.

Другим, более рациональным путем использования подсолнечной лузги может быть применение ее в качестве компонента кормов, смесей или добавок к кормам. Широкое использование отходов маслоэкстракционных заводов (лузги) при производстве кормов сдерживается

рядом факторов — это плохая поедаемость и низкая перевариваемость животными, хотя химический состав лузги разнообразен.

Таблица 1.

**Химический состав подсолнечной лузги
маслоэкстракционного завода**

Наименование отхода	Химический состав, %					
	клетчатка	общий азот	жир	зола	БЭВ	P ₂ O ₅
Подсолнечная лузга	52,00— 4,75	0,06— 0,74	0,6— 0,8	1,29— 2,20	34,75— 39,55	0,05— 0,07

Одним из основных недостатков подсолнечной лузги является повышенное содержание клетчатки, достигающее значения 50 % и более, что делает ее практически не усвояемой для желудка животных.

Для снижения содержания клетчатки в подсолнечной лузге применима технология комплексного воздействия путем обработки химическими реагентами с последующим экструдированием в одношнековом пресс-экструдере.

Как показали исследования подсолнечную лузгу, с точки зрения организации стабильности и непрерывности процесса, в чистом виде подвергнуть экструзионной обработке невозможно, ее использовали как составляющую в бинарной смеси (подсолнечная лузга + отруби).

Необходимо отметить, что химическая обработка сводилась к увлажнению смеси растворами, определенной ранее концентрации 4 % Na₂CO₃ или 5 % NaOH. Для эффективной и качественной обработки смесь необходимо увлажнять раствором NaOH или Na₂CO₃ в течение 30 минут с последующим отволаживанием в течение 18 часов.

Подобное сочетание химической обработки смеси с ее последующим экструдированием позволяет получить продукт со значительно сниженным содержанием клетчатки в нем, неплохим внешним видом и органолептическими показателями.

Результаты исследований показали, что производительность пресс-экструдера для смеси: отруби пшеничные 80 %, лузга подсолнечная 20 %, обработанная 4 % раствором Na₂CO₃, равномерно увеличивается с 9,44 до 24,84 кг/ч. Производительность для смеси: отруби пшеничные 60 %, лузга подсолнечная 40 %, обработанная 4 % раствором Na₂CO₃ — равномерно уменьшается с 27,01 до 25,17 кг/ч.

Энергоемкость процесса экструдирования для смеси: отруби пшеничные 80 %, лузга подсолнечная 20 %, обработанная 4 % раствором Na_2CO_3 , равномерно уменьшается с 0,49 до 0,17 Вт. ч/кг. Для смеси отруби пшеничные 60 %, лузга подсолнечная 40 %, обработанная 4 % раствором Na_2CO_3 — равномерно уменьшается с 0,17 до 0,14 Вт. ч/кг.

Производительность для смеси: отруби пшеничные 80 %, лузга подсолнечная 20 %, обработанная 5 % раствором NaOH , равномерно уменьшается с 52,07 до 17,09 кг/ч. В смеси: отруби пшеничные 60 %, лузга подсолнечная 40 %, обработанная 5 % раствором NaOH — равномерно уменьшается с 22,2 до 8,91 кг/ч.

Установлено, что обработка смеси раствором NaOH позволяет получить максимальную производительность процесса прессования только для смеси влажностью 16 %.

Химическая обработка лузги заключается в связывание гидроксида натрия сырьем. В данном методе действующим началом на сырье являются ионы гидроксила. В результате их воздействия проходит ряд физико-химических преобразований. В том числе, под влиянием гидроксида натрия идет частичное растворение минеральных веществ, особенно кремниевой кислоты, пропитывающей плотным слоем клеточные стенки оболочек лузги. В результате снимается защитный слой и повышается способность сырья к набуханию.

Количество связываемого гидроксида зависит от условий процесса и вида сырья. Так, было установлено, что при обработке некоторых видов сырья он практически полностью вступает в реакции. Основная часть NaOH связывается с кремниевой кислотой, переводя ее в водорастворимый силикат натрия, меньшая часть взаимодействует с фенольными гидроксилами и карбоксилами лигнина, нейтрализует карбоксилы гемицеллюлоз и разрушает лигноуглеводные связи. Небольшое количество остаточной свободной щелочи в сырье не нуждается в нейтрализации, что позволяет обработанную лузгу непосредственно направить на корм скоту [3].

Применение в качестве химического реагента раствора Na_2CO_3 позволяет получить более низкую энергоемкость процесса и стабильный режим экструдирования.

Таблица 2.

Результаты расчета коэффициента перевариваемости

Состав смеси	влажность, %	масса до, г	масса после, г	k, %
1	2	3	4	5
Отруби пшеничные — 80 %, лузга подсолнечная — 20 %, 4 % Na ₂ CO ₃	16	0,88	0,61	69
Отруби пшеничные — 80 %, лузга подсолнечная — 20 %, 4 % Na ₂ CO ₃	18	0,92	0,63	68
Отруби пшеничные — 80 %, лузга подсолнечная — 20 %, 4 % Na ₂ CO ₃	20	0,9	0,63	70
Отруби пшеничные — 60 %, лузга подсолнечная — 40 %, 4 % Na ₂ CO ₃	16	0,93	0,71	76
Отруби пшеничные — 60 %, лузга подсолнечная — 40 %, 4 % Na ₂ CO ₃	18	0,94	0,68	72
Отруби пшеничные — 60 %, лузга подсолнечная — 40 %, 4 % Na ₂ CO ₃	20	0,94	0,7	74
Отруби пшеничные — 60 %, лузга гречишная — 40 %, 4 % Na ₂ CO ₃	20	0,73	0,5	68
Отруби пшеничные — 80 %, лузга подсолнечная — 20 %, 5 % NaOH	16	0,91	0,67	74
Отруби пшеничные — 80 %, лузга подсолнечная — 20 %, 5 % NaOH	18	0,91	0,64	70
Отруби пшеничные — 80 %, лузга подсолнечная — 20 %, 5 % NaOH	20	0,86	0,6	70
Отруби пшеничные — 60 %, лузга подсолнечная — 40 %, 5 % NaOH	16	0,94	0,7	74
Отруби пшеничные — 60 %, лузга подсолнечная — 40 %, 5 % NaOH	18	0,92	0,69	75
Отруби пшеничные — 60 %, лузга подсолнечная — 40 %, 5 % NaOH	20	0,95	0,65	68

Результаты исследований показали, что:

1. перевариваемость лучше в смеси с большим процентным содержанием отрубей;

2. коэффициент перевариваемости незначительно увеличивается при обработке 5 % раствором NaOH;

3. более высокое значение коэффициента перевариваемости характерно для смеси (отруби пшеничные — 60 %, лузга подсолнечная — 40 %, 4 % Na₂CO₃) с влажностью 16 %.

Проведенный химический анализ исходной смеси и полученного экструдата показал, что происходит снижение содержания сырой клетчатки и лигнина по сравнению с исходной смесью более чем в 2,5 раза (таблица 3).

Таблица 3.

**Химический состав образцов экструдированной смеси
(лузга подсолнечника 40 % +60 % пшеничные отруби),
обработанной 5 % NaOH, на а.с.**

Наименование образца	Первонач. влага, %	Гигроскоп. влага, %	Жир, %	Зола, %	Протеин, %	Клетчатка, %	Крахмал, %	Сахар, %	Лигнин, %
Смесь W ₀ = 18 %	7,14	5,21	2,5	4,61	10,88	<u>56,6*</u> 21,0	9,9	3,5	<u>32,14*</u> 17,73
Смесь W ₀ = 20 %	5,88	3,83	2,35	4,46	11,83	<u>56,6*</u> 20,7	13,5	4,1	<u>32,14*</u> 17,73

* результаты собственных исследований химического состава исходного продукта (ГОСТ на определение сырой клетчатки 13496.2-91), испытания проводились на: спектрофотометрах AAS-4 и C-115, КФК- 2МП.

Дальнейшие исследования показали, что исходное сырье следует измельчать, так как операция измельчения влияет как на производительность и энергоёмкость пресс-экструдера, так и на внешний (товарный) вид экструдата.

Из таблицы 4 следует, что дополнительная операция — измельчение оказывает положительное влияние на ведение технологического процесса по получению экструдированного продукта [2].

Таблица 4.

**Экструдированный продукт (бинарная смесь:
60 % отруби пшеничные + 40 % лузга подсолнечная,
предварительно обработанная 5 % NaOH)**

Влажность смеси, %					
18		20		22	
Производительность, кг/ч	Энергоемкость, кВт·ч/кг	Производительность, кг/ч	Энергоемкость, кВт·ч/кг	Производительность, кг/ч	Энергоемкость, кВт·ч/кг
без измельчения лузги					
36,0	0,189	18,0	0,298	21,6	0,270
с операцией измельчения лузги					
34,2	0,142	28,8	0,254	36,0	0,108

Список литературы:

1. Антимонов С.В., Габзалилова Ю.И. Современные проблемы науки и образования: Материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, специалистов, преподавателей и молодых ученых, 29 мая 2009: В 2 т. Т. 2. — Н. Новгород: НФ УРАО, 2009. — 416—418 с.
2. Антимонов С.В., Соловых С.Ю. Технология получения кормосмесей и добавок с применением нетрадиционного растительного сырья. Пищевые технологии. VIII Всероссийская конференция молодых ученых с международным участием (г. Казань, 2007 г.) Сборник тезисов докладов — Казань: Издательство «Отечество», 2007 — с. 222.
3. Дудкин М.С., Черно Н.К. Пищевые волокна Киев: Урожай, 1988. — 152 с.

**ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПРОДУКТ ПИТАНИЯ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ФЕРМЕНТАТИВНО-МОДИФИЦИРОВАННОЙ
КРЕВЕТОЧНОЙ БИОМАССЫ**

Каленик Татьяна Кузьминична

*д-р биол. наук, профессор, заведующий кафедрой
Дальневосточного федерального университета, Школа биомедицины,
г. Владивосток
E-mail: kalenik@bk.ru*

Грищенко Владимир Владимирович

*канд. техн. наук, доцент
Дальневосточного федерального университета, Школа биомедицины,
г. Владивосток
E-mail: vyg@yandex.ru*

Кравченко Марина Владимировна

*аспирант, ассистент Дальневосточного федерального университета,
Школа биомедицины, г. Владивосток
E-mail: zarco@list.ru*

**THE FUNCTIONAL FOOD PRODUCT
WITH USING OF ENZYMATIC MODIFIED
SHRIMP BIOMASS**

Kalenik Tatiana

*doctor of Biological Sciences, Professor, Head of faculty of Far East
Federal University School of Biomedicine, Vladivostok*

Grischenko Vladimir

*candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Far East Federal
University School of Biomedicine, Vladivostok*

Kravchenko Marina

*postgraduate student, assistant of Far East Federal University School of
Biomedicine, Vladivostok*

АННОТАЦИЯ

Целью работы явилась разработка технологии изготовления комбинированных высокобелковых паштетов с использованием ферментативно-модифицированной креветочной биомассы, проведение сравнительный анализ их биологическая ценность.

ABSTRACT

The aim of the study was to designing manufacturing technology combined with the use of high-protein pastes with using non-enzymatic and enzymatic-modified biomass of shrimp, conducting a comparative analysis of their biological value.

Ключевые слова: креветка северная, ферментативно-модифицированная креветочная биомасса, аминокислоты, высокобелковый паштет, жирные кислоты, соевые пептиды.

Keywords: Northern shrimp, enzymatic modified shrimp biomass, amino acids, high-protein paste, fatty acids, soy peptides.

В настоящее время, во многих странах, в ряде регионов России, в том числе и на Дальнем Востоке, значителен дефицит белковых продуктов питания. Это связано, в частности, с ростом цен на животные продукты, как основного источника белка, появлением в рационе питания населения синтетических, некачественных, импортных, плохо усвояемых организмом продуктов. По данным Института питания РАМН, в России, за последнее время, потребление животных белков снизилось на 25—35 %, и соответственно, увеличилось потребление углеводсодержащей пищи (картофеля, хлебобудничных изделий, макаронных изделий). Среднестатистическое потребление животного белка снизилось с 47,5 до 38,8 г в сутки и составило 49 % против 55 % рекомендуемых. В семьях с низким доходом потребление общего белка в сутки не превышает 29—40 г.

Частично проблема животного белка решена за счет производства пищевых продуктов, обогащенных некоторыми недостающими компонентами, получаемыми из нетрадиционного сырья (белок, минеральные вещества, полиненасыщенные жирные кислоты, пищевые волокна, витамины и т. д.), путем обогащения, прежде всего, продуктов массового потребления, доступных всем группам населения и регулярно используемых в повседневном питании. К ним относятся и мясные, и рыбные продукты. Эта группа продуктов составляет незаменимую и неотъемлемую часть рациона питания человека. Сочетание хороших вкусовых характеристик и относительно невысокой стоимости этих продуктов завоевали доверие потребителей [1].

Дальний Восток богат своими биоресурсами. В качестве сырья для производства функциональных продуктов питания рассматривается северный чилим (креветка северная) — *Pandalus borealis* — распространенный на севере Дальнего востока, заходящий в воды Японского моря и залив Петра Великого, один из наиболее доступных для населения Дальнего Востока. Он является видом холодноводных креветок. Это мелкий вид, но при этом наиболее ценными являются именно он, т. к. содержит наибольшее количество полезных веществ (антиоксидант-астаксантин, витамины, ферменты и гормоны; кальций, калий, магний, марганец, медь, молибден, фосфор, железо, аминокислоты: лейцин, лизин, аспарагиновая и глутаминовая кислоты, глицин,). Он был взят в основу создания креветочной биомассы [8].

Соя занимает особое место среди бобовых культур благодаря высокому содержанию полноценного белка (до 40 % и более) и жира (до 20 % и более). Это самая распространенная в мире бобовая культура.

По данным Института питания Российской академии медицинских наук, соевый белок в пищевом отношении легко усваивается, высокоценен, достаточно сбалансирован по аминокислотному составу, сравним по биологической ценности с белком молока, рыбы, говядины [4].

Следует отметить важность источника соевого белка, т. к. разные соевые продукты (соевая мука, соевый концентрат и изолированный соевый белок) имеют разный коэффициент усвояемости, они неравноценны по своим медико-биологическим свойствам, что также связано с различным способом их производства. Только соевые белковые продукты, получаемые по самой современной технологии — путем водной экстракции, имеют наибольший коэффициент усвояемости и в наибольшей степени сохраняют натуральные свойства сои. Соевые семена содержат, в среднем, около 35 % белка, изолированные соевые белки (изоляты) — до 90 % белка. Изолированный — выделенный из бобов сои, высокоочищенный белок [5].

Основанием для широкого комплексного использования креветочной биомассы и комплементарных соевых пептидов при производстве высокобелковых функциональных продуктов является уникальность аминокислотного состава креветочной биомассы и белков сои. За счет комплементарности белков сои с белками животного происхождения, что повышает общую биологическую ценность белкового состава готового продукта, нейтральность вкусоароматических характеристик соевых белков и их совместимость с различными видами сырья в рецептурах изделий.

Эти качества дают возможность вводить белковые ингредиенты в рецептуры продуктов и получать высокобелковые готовые изделия, не уступающие по биологической ценности традиционным продуктам и рационально использовать дорогостоящее сырье животного происхождения. Продукты, выработанные с соевыми белками, по цене более доступны массовому потребителю и позволяют частично покрыть дефицит белка в рационе питания [6].

В этой связи одним из основных путей решения проблемы дефицита белка является создание комбинированных высокобелковых функциональных продуктов с добавлением креветочной биомассы и соевых пептидов.

На базе Дальневосточного федерального университета Школой биомедицины были разработаны биотехнологии получения и химический состав функционального продукта питания, в том числе и с использованием ферментативно-модифицированной креветочной биомассы.

Научная новизна. Впервые разработаны технологии изготовления комбинированных высокобелковых паштетов с использованием ферментативно-модифицированной креветочной биомассы, проведен сравнительный анализ их биологическая ценность.

В рамках исследования была разработана технология получения высококачественных комбинированных паштетов, которая включает следующие операции: подготовка креветочной биомассы, в том числе и ферментно-модифицированной, бланшировка, варка продуктов растительного происхождения (морковь и тыква), измельчение креветочной биомассы и продуктов растительного происхождения, добавление коровьего масла, молочной сыворотки, соевых пептидов и пектина. Также были исследованы показатели качества высокобелковых паштетов: органолептические, физико-химические и микробиологические.

Характеристика компонентов паштета. Креветочная биомасса является источником полноценных белков (16—22 %) и липидов (0,7—2,3 %). Белки мяса креветки содержат высокое количество лейцина (7,26 г на 100 г белка), лизина (7,84 г на 100 г белка), глутаминовой кислоты (10,76 г на 100 г белка) и глицина (12,96 г на 100 г белка). В составе липидов мяса креветки идентифицировано более 40 жирных кислот, из которых насыщенные составляют до 25 %. Морковь и тыква — основной источник углевода (7,5 г на 100 г продукта) и каротина (3—9 мг на 100 г продукта). Коровье масло является источником витамина А (0,5 мг на 100 г продукта). Соевые

пептиды применяются для обогащения данного функционального продукта белковыми компонентами.

В рамках данного исследования впервые были исследованы жирнокислотные составы паштетов с добавлением и без добавления антиоксиданта. Огромное значение для обеспечения хранимоспособности этого вида изделий играют антиоксиданты.

Нами был использован новый наиболее эффективный антиоксидант «Флавит» (ТУ 9197-030-02699613-2007) с общим содержанием флавоноидов более 98 %, из которых более 90 % составляет дигидрокверцетин. Дегидрокверцетин был получен из хвойных деревьев институтом биологического приборостроения РАН, г. Пушино.

Для ферментативного гидролиза белка был использован ферментативный препарат — химотрипсин, который относится к группе протеолитических ферментов. Регистрационный номер химотрипсина ЛС-000125 от 08.04.2005.

На базе экспериментальных работ исследованы аминокислотный и жирнокислотный состав ферментативно-модифицированной креветочной биомассы для создания функциональных пищевых продуктов. Исследования показали, что необходимые для организма человека аспарагиновая, глутаминовая аминокислоты, лейцин и глицин превосходят по своему содержанию остальные аминокислоты.

На основании проведенной органолептической экспертизы исследуемого паштета были установлены следующие показатели качества — однородный, от светло-желтого до светло-розового оттенка, соответствующий цвету компонентов, сливочный вкус, без постороннего привкуса, приятный запах, с пастообразной, нежной, мягкой, сочной консистенцией.

Следовательно, полученный паштет удовлетворяет требованиям СанПин 2.3.2.1078-01, так как не было обнаружено ни санитарно-показательных микроорганизмов, ни токсичных элементов, что является признаком хорошего качества исследованных образцов паштетов [7].

Таким образом, можно считать, что стабильность жирнокислотного состава без добавления антиоксиданта выше, чем в образце. Но, некоторые жирные кислоты незначительно уступают по своему содержанию (каприловая, олеиновая, лауриновая, стеариновая и арахионовая).

Полученный паштет является обогащенным функциональным пищевым продуктом с добавлением одного или нескольких физиологически функциональных пищевых ингредиентов к тради-

ционными пищевыми продуктами с целью предотвращения возникновения или исправления имеющегося в организме человека дефицита питательных веществ, так как функциональные пищевые ингредиенты исходного растительного и (или) животного сырья в количестве, составляют в одной порции продукта менее 15 % от суточной потребности [2, 3].

Таким образом, разработанный высококачественный комбинированный пащтет с использованием ферментативно-модифицированной креветочной биомассы и продуктов растительного происхождения может быть рекомендован для корректировки рационов питания, в том числе для спортсменов различных специализаций.

Список литературы:

1. Баранов В.Ф. Роль сои в решении белковой проблемы. / В.Ф. Баранов, В.И. Клюка, А.В. Кочегура // Сб. научн. трудов. ВНИИМК «Повышение продуктивности сои». — Краснодар, 2000. — С. 6—11.
2. ГОСТ Р 52349-2005. Национальный стандарт Российской Федерации. Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения. — введ. 01.06.07. — М.: Изд-во стандартов, 2006 — 8 с.
3. ГОСТ Р 54059-2010. Национальный стандарт Российской Федерации. Продукты пищевые функциональные. Ингредиенты пищевые функциональные. Классификация и общие требования. Введ. 01.01.12. — М.: Стандартинформ, 2011 — 8 с.
4. Гуляев В.Н. Ценный источник белка / В.Н. Гуляев // Пищевая промышленность. — 1988. — № 12. — С. 38—41.
5. Доморощенкова М.Л. Новые виды текстурированных соевых белков для пищевой промышленности / М.Л. Доморощенкова, Т.Ф. Демьяненко // Пищевая промышленность. — 2002. — № 1. — С. 44—47.
6. Каленик Т.К., Ольховая Л.П., Чернышова А.Н. Влияние биотехнологической модификации сои на ее белковые компоненты / Т.К. Каленик / Хранение и переработка сельхозсырья. — 2009. — № 2. — С. 71—74.
7. СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Введ. 01.09.02. — М.: ИНФРА-М, 2002. — 180 с.
8. Тимофеева В.А. Товароведение продовольственных товаров: Учебник / В.А. Тимофеева. — М.: Феникс, 2005. — 417 с.

**РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУР
ДЛЯ КОЭКСТРУЗИОННЫХ ПРОДУКТОВ
МЕТОДОМ КОМПЬЮТЕРНОГО
ПРОГРАММИРОВАНИЯ**

Седых Ольга Леонидовна

старший преподаватель

Национального Университета Пищевых Технологий, г. Киев

E-mail: olgased@ukr.net

Запотоцкая Елена Васильевна

ассистент Национального Университета Пищевых Технологий,

г. Киев

E-mail: zapotocka@rambler.ru

**CREATION OF CORPS FOR COEKSTRUSION
PRODUCTS BY COMPUTER DESIGN**

Seidykh Olga

Senior Lecturer National University of Food Technologies, Kiev

Zapototskaya Elena

Assistant National University of Food Technologies, Kiev

АННОТАЦИЯ

В статье исследована возможность создания путем рецептурного программирования корпуса для коэкструзионных продуктов с учетом технологических свойств сырья. Представлена программная реализация в среде MathCad.

ABSTRACT

The article studies the possibility of creating package for co-extrusion products based on technological properties of materials through recipe programming. Software implementation within MathCad are presented.

Ключевые слова: моделирование, экструзионные продукты, фасоль, горох, рецептурное программирования, лимитирующие незаменимые аминокислоты, среда пакета MathCad.

Keywords: modeling, extrusion products, beans, peas, recipe programming, limiting essential amino acid, medium package MathCad.

Темп жизни современного человека, повышение мобильности, желание к минимуму сократить продолжительность приготовления пищи смещает вектор потребительских вкусов в сторону продуктов быстрого приготовления. Особое место среди продуктов «быстрого питания» занимают сухие завтраки экструзионной технологии (палочки, кольца, шарики, пластинки, хлопья, батончики или подушечки с начинками). Сырьем для производства данных продуктов являются зерновые культуры, в большинстве случаев кукуруза, пшеница, рис, овес, которые могут использоваться при изготовлении экструдатов отдельно или в смесях, а также разнообразные вкусовые и ароматические добавки. Такие продукты перегружены крахмалом и характеризуются небольшим содержанием белка, незаменимых аминокислот, витаминов, минеральных веществ. Систематическое потребление продуктов, содержащих недостаточное количество незаменимых аминокислот, витаминов и минеральных веществ может вызвать необратимые изменения в организме человека.

Белки являются наиболее ценным компонентом пищи. Они участвуют в важных функциях организма. Особенность белков состоит в их незаменимости другими пищевыми веществами. Белки пищи в организме человека расщепляются до органических кислот, из которых снова синтезируются новые аминокислоты, а потом белки. Это так называемые заменимые аминокислоты. Существует восемь аминокислот, а именно: изолейцин, лейцин, лизин, валин, метионин, треонин, триптофан, фенилаланин, которые не образуются в организме взрослого человека, а поступают только с пищей. Это так называемые незаменимые аминокислоты. При недостатке аминокислот задерживается развитие организма [2, 4].

Применение вместе с традиционной для производства продуктов экструзии зерновым сырьем такого нетрадиционного сырья, как горох, фасоль и чечевица позволит расширить ассортимент коэкструзионных продуктов и улучшить пищевую и биологическую ценность. Белок зернобобовых культур богат на аминокислоты, биологически полноценный, характеризуется высокой перевариваемостью. Растительные белки могут использоваться для повышения содержания белка, замены части основного сырья и снижение энергетической ценности продуктов.

Для определения ценности аминокислотного состава используют показатель аминокислотного сора, равный отношению содержания

аминокислоты в исследуемом белке к содержанию этой же аминокислоты в «идеальном белке». Аминокислота, имеющая аминокислотный SKOP меньше, чем 100 %, называется лимитирующей [4].

Анализ химического состава сырья, которое традиционно использовалось для производства сухих завтраков, показал, что все они имеют количественный дефицит эссенциальных аминокислот, поэтому для получения продукта с полноценным белком необходимо добавлять в рецептуру ингредиенты, которые бы компенсировали недостаток дефицитных аминокислот. Предлагается использовать как обогатитель зернобобовые культуры, содержащие в своем составе незаменимые аминокислоты, которых не хватает в основном сырье, физиологически активные углеводы, богатый комплекс витаминов и пищевых волокон.

Руководствуясь методом нутрициологии можно создать такие рецептурные композиции, состав которых соответствовал бы всем требованиям эталона.

В таблице 1 представлено содержание незаменимых аминокислот в зерновых белках и количество соответствующих аминокислот, которые необходимы человеку.

Таблица 1.

№ п/п	Незаменимые аминокислоты, мг/100 г белка	Крупа рисовая	Пшеница	Крупа овсяная	Крупа манная	Гречневая ядрица	Пшено	«Геркулес»	Крупа ячневая	Кукурузная крупа	Чечевица	Горох	Фасоль	Потребность человека
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	валин	6,00	4,34	4,30	4,76	4,68	4,09	5,09	4,80	4,94	5,29	4,93	5,33	5,0
2	изолейцин	4,71	3,67	3,62	4,37	3,65	3,74	3,62	4,65	4,94	4,25	5,32	4,90	4,0
3	лейцин	8,86	6,96	6,36	7,86	5,91	13,3	5,77	5,10	13,2	7,88	8,05	8,29	7,0
4	лизин	3,71	3,21	3,82	2,48	4,21	2,50	3,82	3,50	2,53	7,17	7,56	7,57	5,5
5	метионин+ цистин	4,24	3,66	3,36	3,64	5,16	4,14	3,67	3,60	3,01	2,13	2,71	2,05	3,5
6	треонин	3,43	3,48	3,18	3,06	3,17	3,48	3,45	2,50	2,41	4,00	4,10	4,14	4,0
7	триптофан	1,43	1,34	1,55	1,07	1,43	1,57	1,77	1,20	0,72	0,92	1,27	1,24	1,0
8	фенилаланин+ тирозин	9,43	7,77	8,27	7,86	8,19	8,61	8,91	8,20	7,95	8,46	8,29	8,38	6,0

Расчет выполнен для смеси круп: пшеничной, гречневой ядрицы, кукурузы и фасоли.

Задаем количество компонентов в смеси, в переменные k1, k2 k12 вводим соответствующие номера компонентов (в порядке увеличения), создаем матрицу A и вектор B, которые соответствуют значениям таблицы 1:

```

ORIGIN := 1

A := ⎛ 6  4.34  4.3  4.76  4.68  4.09  5.09  4.8  4.94  5.29  4.93  5.33 ⎞
     ⎜ 4.71  3.67  3.62  4.37  3.65  3.74  3.62  4.65  4.94  4.25  5.52  4.9  ⎟
     ⎜ 8.86  6.96  6.36  7.86  5.91  13.34  5.77  5.1  13.25  7.88  8.05  8.29 ⎟
     ⎜ 3.71  3.21  3.82  2.48  4.21  2.5  3.82  3.5  2.53  7.17  7.56  7.57 ⎟
     ⎜ 4.24  3.66  3.36  3.64  5.16  4.14  3.67  3.6  3.01  2.13  2.71  2.05 ⎟
     ⎜ 3.43  3.48  3.18  3.06  3.17  3.48  3.45  2.5  2.41  4  4.1  4.14 ⎟
     ⎜ 1.43  1.34  1.55  1.07  1.43  1.57  1.77  1.2  0.72  0.92  1.27  1.24 ⎟
     ⎜ 9.43  7.77  8.27  7.86  8.19  8.61  8.91  8.2  7.95  8.46  8.29  8.38 ⎟
B := ⎛ 5.0 ⎞
     ⎜ 4.0 ⎟
     ⎜ 7.0 ⎟
     ⎜ 5.5 ⎟
     ⎜ 3.5 ⎟
     ⎜ 4.0 ⎟
     ⎜ 1.0 ⎟
     ⎜ 6.0 ⎟

n := 4
k1 := 2    k2 := 5    k3 := 9    k4 := 12    k5 := 0    k6 := 0
k7 := 0    k8 := 0    k9 := 0    k10 := 0    k11 := 0    k12 := 0

```

Матрица 1.

Создаем матрицу C, что соответствует значениям незаменимых аминокислот для введенных компонентов; вектор D, что соответствует среднему значению каждой незаменимой аминокислоты для введенных компонентов; формируем вектор BD как разность между значениями потребностей человека (вектор B) и средними значениями (вектор D) каждой незаменимой аминокислоты для введенных компонентов; формируем вектор N_BD и находим основные лимитирующие незаменимые аминокислоты в этой композиции (вектор R):

```

R := ⎛ for i ∈ 1..n
     ⎜   k ← 0
     ⎜   for j ∈ 1..rows(BD)
     ⎜     k ← j if BDj = N_BDi
     ⎜   Ri ← k
R
```

$$R = \begin{pmatrix} 4 \\ 6 \\ 1 \\ 5 \end{pmatrix}$$

Матрица 2.

Для данной смеси круп: пшеничной, гречневой ядрицы, кукурузы и фасоли лимитирующие незаменимые аминокислоты — это лизин (4), треонин (6), валин(1), метионин+цистин (5).

Формируем матрицу C4 из коэффициентов основных лимитирующих незаменимых аминокислот этой композиции, вектор B4 из коэффициентов соответствующих значений потребностей человека и решаем систему уравнений относительно основных лимитирующих незаменимых аминокислот; рассчитываем аминокислотный СКОР в %, равный отношению количества аминокислоты в 100 г белка продукта к количеству той же аминокислоты в 100 г идеального белка:

$$C4 := \begin{array}{l} \text{for } i \in 1..n \\ \quad m \leftarrow R_i \\ \quad C1_i \leftarrow (C^T)^{\langle m \rangle} \\ C1^T \end{array} \quad B4 := \begin{array}{l} \text{for } i \in 1..n \\ \quad m \leftarrow R_i \\ \quad B4_i \leftarrow B_m \\ B4 \end{array} \quad x := \text{Isolve}(C4, B4)$$

Матрица 3.

$$P1 := \begin{array}{l} P \leftarrow C \cdot x \\ \text{for } j \in 1.. \text{rows}(B) \\ \quad P1_j \leftarrow \frac{P_j}{B_j} \cdot 100 \\ P1 \end{array} \quad P1 = \begin{pmatrix} 100 \\ 106.652 \\ 101.363 \\ 100 \\ 100 \\ 100 \\ 144.648 \\ 141.786 \end{pmatrix}$$

Матрица 4.

Согласно предложенной рецептурной композицией в продукте отсутствует дефицит незаменимых аминокислот, так как он имеет высокую биологическую ценность.

В таблице 2 приведены данные количества белка в 100 г продукта.

Таблица 2.

Крупа рисовая	Пшеница	Крупа овсянная	Крупа манная	Гречневая ядрица	Пшено	«Геркулес»	Крупа ячневая	Крупа кукурузная	Чечевица	Горох	Фасоль
7	11,2	11	10,3	12,6	11,5	11	10	8,3	24	20,5	21

Создаем векторы V и Y, которые соответствуют данным таблицы 2 и количеству белка (граммах) в 100 г каждого из компонентов смеси, находим соотношение каждого из компонентов в данной композиции:

$$V := (7 \quad 11.2 \quad 11 \quad 10.3 \quad 12.6 \quad 11.5 \quad 11 \quad 10 \quad 8.3 \quad 24 \quad 20.5 \quad 21)$$

$$y := \begin{cases} v \leftarrow V^T \\ \text{for } i \in 1..n \\ \quad d \leftarrow k_i \\ \quad | \quad y_i \leftarrow v_d \\ \end{cases} \quad G := \begin{cases} \text{for } i \in 1..n \\ \quad G_i \leftarrow \frac{x_i}{y_i} \cdot 100 \\ \quad | \quad G \end{cases} \quad g := \begin{cases} \text{for } i \in 1..n \\ \quad g_i \leftarrow \left\lfloor \frac{G_i}{\min(G)} \right\rfloor \\ \quad | \quad g \end{cases} \quad x1 := \begin{cases} \text{for } i \in 1..n \\ \quad x1_i \leftarrow \frac{g_i}{\sum g} \cdot 100 \\ \quad | \quad x1 \end{cases}$$

$$x1 = \begin{pmatrix} 51.018 \\ 15.01 \\ 12.495 \\ 21.478 \end{pmatrix}$$

Матрица 5.

Для получения биологически полноценного продукта из смеси пшеницы, гречневой ядрицы, кукурузы и фасоли необходимо их соотношение:

$$51,018: 15,01 : 12,495 : 21,478$$

Согласно предложенной рецептурной композицией в продукте отсутствует дефицит незаменимых аминокислот, исходя из рассчитанного вектора P1 для смеси можно сделать вывод, что полученные рецептурные композиции полностью сбалансированы по аминокислотному скору.

Состав полученных композиций подлежал корреляции, учитывая особенности технологии экструдирования и органолептические показатели готовых экструдатов.

Соответственно вышеизложенному материалу можно сделать вывод, что используя компьютерное программирование можно создавать рецептурные композиции повышенной пищевой ценности.

Список литературы:

1. Гурский Д.А., Турбина Е.С. Вычисления в MathCad 12. — СПб.: Питер, 2006.
2. Дьяконов В.П. Справочник по MATHCAD 7.0 PRO. М.: СК-ПРЕСС, 1998. 785 с.
3. Ковбаса В.М., Терлецька В.А., Єгорова І.К. Розробка продуктів екструзійної технології з використанням пророщеного зерна. І К.: УкрІНТЕІ, 1996. І 20 с.
4. Химический состав пищевых продуктов. Книга 2: Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов / Под ред. И.М. Скурихина и М.Н. Волгарева. — 2-е изд. — М.: Агропромиздат, 1987. — 360 с.

БЕЗАЛКОГОЛЬНЫЕ НАПИТКИ НА ОСНОВЕ БАЛЬЗАМОВ «АЛТАЙСКИЙ БУКЕТ»

Фищенко Евгения Сергеевна

*канд. техн. наук, доцент,
Дальневосточный федеральный университет,
г. Владивосток
E-mail: evgeniya_goricka@mail.ru*

Макарова Елена Владимировна

*канд. техн. наук, доцент,
Дальневосточный федеральный университет,
г. Владивосток
E-mail: ell_m@mail.ru*

Текутьева Людмила Александровна

*канд. техн. наук профессор,
Дальневосточный федеральный университет,
г. Владивосток
E-mail: lat7777@mail.ru*

Сон Оксана Михайловна

*канд. техн. наук доцент,
Дальневосточный федеральный университет,
г. Владивосток
E-mail: oksana_son@bk.ru*

Палагина Марина Всеволодовна

*д-р биол. наук, профессор,
Дальневосточный федеральный университет,
г. Владивосток
E-mail: marina-palagina@yandex.ru*

Алексеев Николай Николаевич

*директор по стратегическому развитию,
ООО НПФ Алтайский букет,
г. Барнаул
E-mail: siblife2010@mail.ru*

SOFT DRINKS BASED BALM "ALTAI BOUQUET"

Fishchenko Evgeniia

*Ph.D., Associate Professor, The Far Eastern Federal University,
Vladivostok*

Makarova Elena

*Ph.D., Associate Professor, The Far Eastern Federal University,
Vladivostok*

Tekuteva Lyudmila

Ph.D., Professor, Far Eastern Federal University, Vladivostok

Son Oksana

Ph.D., Senior Lecturer, Far Eastern Federal University, Vladivostok

Palagina Marina

Ph.D., Professor, Far Eastern Federal University, Vladivostok

Alekseev Nikolai

Strategic Development Director, Company « Altai bouquet», Barnaul

АННОТАЦИЯ

Целью данной работы является разработка рецептур безалкогольных напитков с использованием растительного сырья Алтая. При разработке рецептур безалкогольных напитков подбор ингредиентов был проведен на основе прогноза их химического состава, в том числе веществ, нормализующих окислительно-восстановительные процессы.

ABSTRACT

The aim of this work is to develop formulations of soft drinks with plant material Altai. In developing the recipe ingredients of soft drinks selection was conducted on the basis of the forecast of their chemical composition, including substances that normalize the redox processes.

Ключевые слова: безалкогольные напитки, биологически активные вещества растительного происхождения, бальзамы.

Keywords: soft drinks, biologically active substances of plant origin, balms.

Доступными и массовыми продуктами, содержащими биологически активные вещества растительного происхождения, могут стать в России безалкогольные и чайные напитки, бальзамы, сиропы и др., поскольку потребление жидкости в рационе питания не может быть сокращено без ущерба для здоровья. Однако, ассортимент напитков на основе дикорастущего и лекарственно-технического сырья, выпускаемый нашей промышленностью, составляет лишь несколько наименований, что диктует настоятельную необходимость в дальнейшем разработке рецептур новых продуктов с повышенной биологической ценностью.

Принципиально важной особенностью научно-исследовательских работ выбранного направления является ориентация на продукты питания, изготовленные с применением местного растительного сырья и соответствующих добавок, биологическая и энергетическая ценность которых значительно выше, чем у импортных или привозимых из других районов России продуктов. Это обусловлено известной экологической закономерностью сходства биохимического состава всех региональных компонентов биоты (воды — почвы — растений — продуктов питания — организма человека), оказывающих решающее влияние на формирование регионального генотипа [1].

Сложный комплекс веществ, входящий в их состав, одновременно с лечением улучшает обмен веществ организма в целом, нормализует состояние его внутренней среды, повышает сопротивляемость организма к вредным воздействиям. Наряду с этим многие лекарственные растения и продукты их переработки обеспечивают высокие органолептические показатели пищи. Положительные свойства многих растений (в особенности лекарственных, эфирно-масличных, пряноароматических и др.) обусловлены их способностью активизировать ферментные системы и усилить энергетическое обеспечение организма. Важно отметить, что по своей биохимической природе, лекарственно-техническое сырье ближе человеческому организму, чем пищевые добавки синтетического происхождения, действуют на организм мягче, физиологическая активность их шире и поэтому, при правильном применении, они не вызывают побочного действия [4].

Специалистами ДВФУ (г. Владивосток) совместно с научно-производственной фирмой «Алтайский букет» (г. Барнаул) проведены технологические исследования разработки напитков с целью достижения заданных параметров на основании теоретических и экспериментальных данных. Рецептуры различных форм напитков отработывали

на модельных образцах на натуральной основе. Выбор видов и количеств бальзамов и экстрактов осуществляли на основании результатов органолептического анализа модельных растворов, а также рекомендаций Института питания РАМН, базирующихся на основании «Норм физиологических потребностей в основных пищевых веществах и энергии населения России». Проведенные исследования позволили определить несколько вариантов композиций напитков на основе бальзамов «Алтайский букет» и экстрактов дикорастущих трав.

Исследованиями, проведенными [5] было отмечено, что бальзамы на основе дикорастущего и интродуцированного растительного сырья, отличаются повышенным содержанием веществ фенольной природы, стабильностью в хранении, антиоксидантной (АОА) и антирадикальной активностью (АРА). Бальзамы «Алтайский букет» различного направления (тонизирующий, витаминный, очищающий, нормализующий, антистрессовый, печеночный, противоаллергический, иммуномодулирующий, успокаивающий) на основе водных экстрактов растений, концентрированного сока вишни и меда, являются вкусовой и функциональной основой для разрабатываемых напитков. В качестве водной основы предложено использование столовой минеральной природной воды «Родники России», т. к. вода имеет естественный состав полезных микроэлементов и химических соединений, необходимых человеку для здоровья: гидрокарбонаты улучшают работу желудка, оздоравливающе действуют на слизистые оболочки, поддерживают кислотно-щелочной баланс; натрий регулирует водный обмен, вместе с калием поддерживает давление в тканевых и межтканевых жидкостях организма; магний регулирует работу сердца и кровяное давление, способствует улучшению функций желчного пузыря, благотворно влияет на нервную систему; кальций входит в состав зубов и костей, необходим для нормального функционирования мышц и сердца; хлориды влияют на работу центральной нервной системы и регулируют пищеварительную функцию организма, поддерживают кислотно-щелочной баланс; сульфаты влияют на деятельность пищеварительной функции организма, предотвращают воздействие на печень различных токсических веществ и подходит для ежедневного употребления.

Введение в напитки массового потребления бальзамов и водных экстрактов напитков позволяет значительно повысить их биологическую ценность, что существенным образом отражается на коррекции химического состава рациона, обеспечении разнообразного лечебно-профилактического эффекта. Данные напитки рассматриваются как специальные восстановительные продукты, предназначенные как для реабилитации лиц с нарушениями микроэлементного статуса, так и для профилактики различных экпатологических заболеваний.

В рецептуры напитков включали бальзамы и экстракты, содержащее кальций (трава зверобоя, плоды шиповника, корень солодки уральской, лист крапивы двудомной); витамин С (лист смородины черной, плоды шиповника, лист крапивы двудомной), способствующий усвоению кальция; фосфор (лист смородины черной) [2], липотропные вещества (цвет ромашки, корень солодки уральской), улучшающие липидный обмен в печени и повышающие ее антиоксидантную функцию, а также сырье с повышенным количеством серосодержащих аминокислот (крапива двудомная) [3]. Сочетание бальзамов из дикорастущего лекарственного сырья и экстрактов является универсальным, так как способствует синергизму действия составляющих ее биологически активных компонентов.

В связи с тем, что механизм действия антиоксидантов заключается в ингибировании реакций свободнорадикального автоокисления веществ, подбор ингредиентов продукта осуществляли на основе прогноза химического состава его компонентов, в том числе веществ, нормализующих окислительно-восстановительные процессы. Ингредиенты композиции дикоросов имеют в своем составе широкий спектр минеральных веществ, в том числе железо, йод, кальций, калий; моносахариды, маннит, органические кислоты; все витамины группы В, витамин С, холин, флавоноиды. Растительные комплексы, входящие в состав напитков, содержат тирозин и триптофан, необходимые для синтеза серотонина, сам серотонин, а также гликозиды, алкалоиды, биофлавоноиды и другие биологически активные соединения [2].

Моделирование рецептуры, учитывающее химический состав исходного сырья, норм потребления, а также тонизирующее действие на организм, активизацию обмена веществ, лечебный антиоксидантный эффект, позволило создать биологически активную композицию.

В таблице 1 приведены результаты исследований химического состава и энергетической ценности напитков.

Таблица 1.

Химический состав и энергетическая ценность напитков

Наименование компонента	Содержание в 100 мл напитка
Углеводы, г	11
Органические кислоты, г	1,4
Витамин С, мг	2,3
Танины, мг	600-1000
Вода, г	98,4
Моно- и дисахариды, г	0,7
Органические кислоты, г	0,1
Энергетическая ценность, ккал	41,7

В напитках содержится значительное количество элементов, участвующих в кровообращении, таких как железо, марганец. Образцы достаточно богаты цинком, входящим в состав гормона инсулина. В них хорошо сбалансировано количество кальция и магния, которые формируют костную ткань, участвуют в регуляции работы центральной нервной системы, в углеводном и энергетическом обмене. Образцы богаты калием, который входит в состав клеток мышечной ткани, повышает водоудерживающую способность протоплазмы, укрепляет работу сердечной мышцы.

Таким образом, разработанные напитки обладают, мембрано-стабилизирующим, резистентным, седативным, желчегонным, адаптационным действием, повышает концентрацию биологически важных микроэлементов. Перечисленные свойства позволяют рекомендовать напитки на основе бальзамов «Алтайский букет», экстрактов растительных трав для пищевой коррекции различных нарушений функционального состояния организма, в том числе во время восстановительного периода после различных заболеваний.

Список литературы:

1. Бурлакова Е.Б. Разработка научных основ безопасного применения биологически активных добавок // Матер. 2-ого Московск. Междун. Конгресса «Биотехнология: состояние и перспективы развития», Москва, 2003, 10—14 ноября, Часть 2, С. 85.
2. Гаммерман А.Ф., Кадаев Г.Н., Яценко-Хмелевский А.А. Лекарственные растения. М.: Высшая школа. 1984, 400 с.
3. Максимов О.Б., Кулеш Н.И., Горовой П.Т. Полифенолы дальневосточных растений. Владивосток: Дальнаука, 2002. 332 с.
4. Соколова Н.В. Лекарственные растения и пищевая промышленность // Хранение и переработка сельхозсырья. 1998. № 3. С. 27.
5. Цыбулько Е.И., Макарова Е.В., Кулеш Н.И., Юдина Т.П. О содержании полифенольных веществ в композициях из дикорастущего сырья Дальневосточного региона для производства сиропов функционального назначения. //Хранение и переработка сельхозсырья. 2003. № 12. С. 58—60.

СЕКЦИЯ 9.

ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕЛКОВЫХ ПРЕПАРАТОВ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МЕХОВОГО ПОЛУФАБРИКАТА

Бобылева Ольга Васильевна

*ст. преподаватель ФГБОУ ВПО МГАВМиБ,
г. Москва*

E-mail: lola415@mail.ru

RATIONAL USE OF PROTEIN PREPARATIONS OF ANIMAL ORIGIN IN THE PRODUCTION OF FUR SEMI-FINISHED PRODUCTS

Olga Bobyleva

senior lecturer FGBOU VPO MGAVMiB, Moscow

АННОТАЦИЯ

В статье ставится цель — применение дисперсий кератина в крашении мехового полуфабриката лисицы для улучшения ее качества. Проведена оценка качества кератина и использование его в крашении меха; исследованы некоторые показатели качества мехового полуфабриката лисицы. В результате проведенных исследований получено, что применение дисперсий кератина в отделочных операциях позволяет получить крашенный полуфабрикат с более высокими потребительскими свойствами.

ABSTRACT

The article aims at studying the use of keratin's dispersion at fox fur semi-manufactured product coloration for its better quality. Keratin's

quality rating and its use in fur coloration have been carried out and several quality parameters of fox fur semi-manufactured product have been examined. As a result of research, it is found that the use of keratin's dispersion in finishing operations allows to get fur semi-manufactured product with higher suitability.

Ключевые слова: кератин, фибриллярный белок, меховой полуфабрикат, крашение меха.

Keywords: keratin, fibrillar protein, fur semi-manufactured product, fur coloration.

Комплексная переработка сырья животного происхождения, включающая вовлечение в хозяйственный оборот отходов производства в качестве исходного сырья для смежных отраслей, приобретает в настоящее время особую значимость и актуальность [1].

Термин «безотходные производства» носит условный характер, так как безотходная технология в реальных условиях может быть реализована не в полной мере, так как полностью все отходы мехового производства переработать с минимальной затратой сил и средств достаточно сложно.

Многофункциональность белковых препаратов позволяет их использовать в самых различных направлениях для разнообразных целей. Особое место в ряду белковых препаратов являются фибриллярные белки, в частности коллаген и кератин, так, в меховом производстве весьма перспективным направлением является переработка кератинсодержащих отходов, получение из них дисперсии кератина для использования ее в крашении.

Таким образом, получение кератина и внедрение его в производственные процессы, в частности в отделочных операциях, обеспечивает не только выпуск качественного мехового полуфабриката, но и позволяет разработать безотходные, экономически выгодные для предприятия технологии.

Цель работы — применение дисперсий кератина в крашении мехового полуфабриката лисицы для улучшения ее качества.

Объектами исследования служили:

- кератинсодержащие отходы мехового производства;
- дисперсии кератина, полученные по методике, разработанной на кафедре товароведения и технологии сырья животного происхождения им. С.А. Каспарьянца [2];
- выделанные шкурки лисицы, окрашенные по трем вариантам.

Эксперимент проводили на предприятии ОАО «Русский мех», в ходе исследований были изучены такие показатели как: химический состав, значения pH и плотность дисперсий кератина; устойчивость окраски волосяного покрова к сухому трению, действию света и стираемость волосяного покрова мехового полуфабриката, разрывное напряжение волоса, а также гистологическое его строение с помощью СЭМ. Испытания проводили согласно действующим методикам.

На первом этапе работы были получены дисперсии кератина из кератинсодержащих материалов, образовавшихся в результате изготовления основной продукции мехового производства, и проведена оценка их качества.

В результате исследований химического состава, выявлено, что дисперсии кератина представляют собой хорошо очищенный продукт с содержанием основного компонента — белка 98,7 %. Плотность дисперсии кератина составляет в среднем 2,12 г/см³, а значения pH — 5,2, что удовлетворяет условиям, указанным в патенте «Способ получения кератина» № 2092072 [2].

Крашение полуфабриката лисицы проводили по трем вариантам:

- вариант 1 — по типовой схеме;
- вариант 2 — перед крашением, на подготовительных этапах, на волосяной покров полуфабриката наносили дисперсию кератина и далее окрашивали его согласно типовой технологии;
- 3 вариант — крашение полуфабриката проводили по типовой схеме, с последующим нанесением дисперсии кератина на волосяной покров.

На следующем этапе эксперимента были определены некоторые показатели качества крашения полуфабриката лисицы: устойчивость окраски волосяного покрова к сухому трению и к действию света. Испытуемые образцы по всем трем вариантам крашения имели наивысший балл (4—5 и 5) по устойчивости к действию света и сухому трению.

Таблица 1.

Некоторые физико-механические показатели волоса

Вариант обработки	Истираемость, %	Разрывное напряжение, мПа (n=30)
1	14,2	150,6±4,5
2	12,1	168,2±4,2
3	11,0	185,9±5,6

Исходя из результатов исследования физико-механических свойств окрашенного полуфабриката лисицы, установлено, что дисперсии кератина положительно влияют на показатель потери массы образцов при истирании, так, наименьшее значение было получено при вариантах 2 и 3.

Образцы волос с мехового полуфабриката, обработанного по второму и третьему варианту крашения, были в среднем на 14 % прочнее, чем образцы волос по типовому варианту, вероятно, это связано с образованием тонкой пленки на поверхности волокна, способствующей увеличению защитной функции чешуйчатого слоя.

Обобщая представленные данные, следует отметить, что при предварительном нанесении дисперсии кератина уменьшается процент стираемости и при этом возрастают прочностные свойства волосяного покрова мехового полуфабриката.

На рисунке 1 и 2 представлены фотографии поверхности чешуйчатого слоя пуховых и остевых волос. Исходя из сравнительного анализа полученных экспериментальных данных, можно отметить, что у острого волоса полуфабриката лисицы после крашения по типовому варианту чешуйки неплотно прилегали друг к другу и имели неровный оптический край.

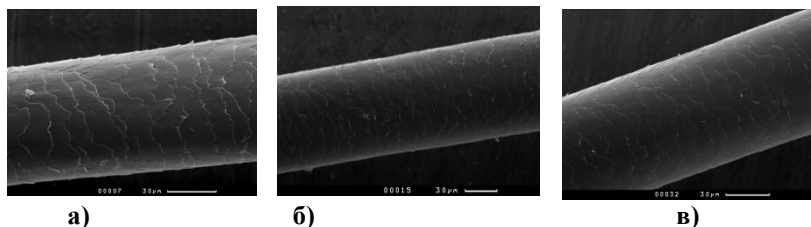


Рисунок 1. Микрофотографии острого волоса лисицы крашенного: а — по типовому варианту; б — по варианту 1; в — по варианту 2

Поверхность стержня волоса шероховатая, что негативно отразится при эксплуатации изделия, повысится риск свойлачивания в местах наибольшего трения меха и постепенное изменение окраски.

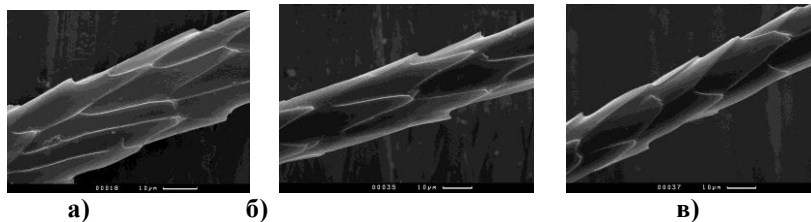


Рисунок 2. Микрофотографии пухового волоса лисицы крашенного: а — по типовому варианту; б — по варианту 1; в — по варианту 2

В тоже время волосы, обработанные дисперсией кератина, во многом сохранили структуру, которая была у некрашеного волоса, данный факт еще раз подтверждает защитную роль действия дисперсии кератина. Аналогичная тенденция была выявлена и при изучении пухового волоса (рисунок 2).

При сравнении вариантов 2 и 3 установлено, что на меховом полуфабрикате основные категории волос, обработанные дисперсией кератина до крашения, имели значительно более гладкую и менее поврежденную форму чешуек, чем на волосах, обработанных дисперсией кератина после процесса крашения, что связано с технологией нанесения.

Таким образом, дисперсии кератина целесообразнее наносить на волосяной покров мехового полуфабриката до крашения, так как такой вариант нанесения в большей степени защищает волос в процессе крашения.

В заключение необходимо отметить, что применение дисперсий кератина в отделочных операциях позволяет получить крашеный полуфабрикат с более высокими потребительскими свойствами.

Список литературы:

1. Получение и оценка качества дисперсий кератина из белоксодержащих отходов перопухового производства. — 2009. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.collagen.su>.
2. Способ получения кератина: Пат. 2092072 РФ/А.И. Сапожникова, С.А. Каспарьянц, Н.В. Месропова и др. — 1997. — БИ № 28.

ПОВЫШЕНИЕ ЭСТЕТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЕРА СТРАУСА ПУТЕМ КРАШЕНИЯ

Горбачева Мария Владимировна

канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО МГАВМиБ,

г. Москва

E-mail: gmv76@bk.ru

ENHANCE THE AESTHETIC PROPERTIES OSTRICH FEATHER BY STAINING

Maria Gorbacheva

АННОТАЦИЯ

Автором изучена возможность окрашивания пера африканского страуса различными видами красителей. Цель работы — выбор наиболее оптимального варианта окуночного крашения пера страуса.

Проведена оценка качества крашения пера страуса, по органолептическим свойствам и устойчивости к мокрому и сухому трению. Даны рекомендации по оптимизации процесса крашения пера страуса.

ABSTRACT

The author studied the possibility of coloring feather of an african ostrich by the different kinds of dyes. Purpose — to choose the most optimal kinds of dyes for the ostrich feather.

Were given the evaluation of the quality dyeing the ostrich feather by organoleptic properties and resistance to wet and to dry abrasion.

Were given the recommendations on the optimization of the dyeing process ostrich feather.

Ключевые слова: черный африканский страус, качество крашения пера, красители, окуночное крашение пера.

Key words: Black african ostrich, quality of dyeing feathers, dyes, dyeing of feather

Торговля перьями страусов насчитывает тысячелетия и восходит к ранним цивилизациям египтян, ассирийцев и вавилонян. В настоящее время в нашей стране значение перьев с точки зрения

рентабельности незначительно — доход от их продажи составляет только 10 % (и менее) общего дохода от продажи продукции страусоводства.

Расширение ассортимента изделий из перьев, обладающих оригинальной окраской и высокими эстетическими свойствами, полученных от страуса, является актуальной проблемой, т. к. интерес к данному виду продукции постоянно растет. Кроме того, технологической инструкции на крашение пера африканского страуса на данный момент не существует, что обуславливает научную новизну работы.

Исходя из вышеизложенного, цель работы — выбор наиболее оптимального варианта окуночного крашения пера страуса.

Объектами исследования служили перья, снятые с туши самки страуса, с крыла, спины и груди, перо было отобрано на ооо «русский страус». На рисунке 1 представлены фотографии пера страуса с различных топографических участков.

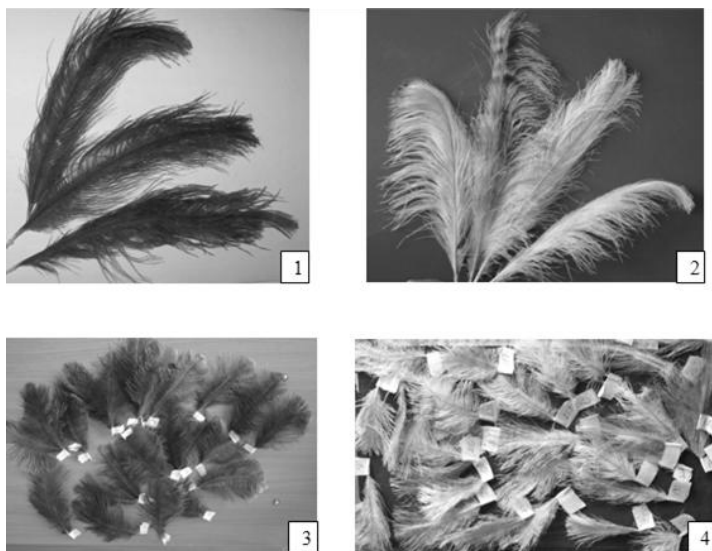


Рисунок 1. Перо страуса с различных топографических участков птерилии: 1 — кроющее крыла, 2 — маховое крыла, 3 — контурное спины, 4 — контурное груди

Исследуемое перо было белого, светло-серого и коричневого цветов.

Отобранное перо было промыто и окрашено различными видами красителей фирмы “jos.h.lowenstein&sons.inc.”, окуночным способом [3]. Кислотными красителями перья красили в красный, желтый и синий цвета, концентрация варьировала от 1,0 до 2,5 г/л, окислительными — в черный цвет (при концентрации 3,0—4,5 г/л) и оптическими — тониروвали перья (с концентрацией красителя 0,5—1,5 г/л). Крашение пера проводили по отдельным его цветовым категориям:

- белое и светло-серое перо было окрашено кислотными красителями в красный, желтый и синий цвета, коричневые — синий и красный.
- Окислительными красителями были окрашены образцы перьев коричневого (со спины и крыла) и светло-серого цвета.
- Оптическими красителями тониروвали белое, светло-серое и коричневое перо.

Оценку качества окрашенных перьев проводили по органолептическим показателям, устойчивости окраски пера к трению и к действию света, а также по насыщенности цвета, светлоте и тону окраски, в соответствии с цветовой системой X,Y,Z, принятой Международной Комиссией по освещению (МКО) в 1931 г [2].

Выбор красителей был обусловлен разнообразием цветовой гаммы — кислотные, и возможностью окрашивания материала при низких температурах — окислительные, а также распространенностью их применения на предприятиях [3].

Белое перо, окрашенное кислотным желтым красителем при концентрации 1,0 г/л, 1,5 г/л, и 2,0 г/л, прокрашено равномерно по всей длине пера. Однако при концентрации красителя 1,0 г/л и 1,5 г/л интенсивность окраски более выражена на концах боронок опахала.

Что касается белых перьев, окрашенных кислотными красителями в синий и красные цвета, то независимо от концентрации красителя цвет распределялся равномерно по всей площади пера, наиболее насыщенный и яркий цвет был при концентрации красителя 2 г/л.

Светло-серое перо, окрашенное в различные цвета, кислотными красителями отличалось равномерностью окраски по всей длине опахала, независимо от концентрации красителя. Образцы, окрашенные с концентрацией красителя 1,5 г/л в желтый цвет, имели лучшие результаты по органолептической оценке (по насыщенности, яркости, интенсивности), хотя при детальном осмотре отличались незначительно от образцов с меньшей концентрацией, за исключением очина.

При осмотре пера окрашенного в синий цвет, было установлено, что краситель распределялся равномерно по всей площади пера, более ярким, интенсивным синим цветом отличались перья с концентрацией 1,5 г/л, при концентрации 2,0 г/л образцы имели темный, глубокий синий цвет, создавая эффект «перенасыщенности цвета».

При визуальном осмотре коричневого пера, окрашенного красным кислотным красителем в различных концентрациях, существенных изменений в тоне не выявлено. Все образцы имеют равномерную насыщенную винно-бордовую окраску по очину и опахалу, следовательно, выбранные концентрации красителя не повлияла на насыщенность (тон) цвета.

Образцы пера окрашенные *окислительными красителями* во всех исследуемых концентрациях имели равномерно прокрашенный очин и опахало, в отличие от пера, окрашенного кислотными красителями. Кроме того, наиболее насыщенную и яркую окраску имело перо с более широким и распушенным опахалом, вероятно, это связано с особенностями микроструктуры пера различных категорий [1]. Что касается изменений цвета в зависимости от выбранных концентраций, то прослеживается закономерная тенденция — с увеличением количества красителя повышается насыщенность, яркость и глубина окраски пера.

Выбранные концентрации на *светло-серых перьях*, не позволили достичь черной окраски, при этом все образцы были окрашены равномерно по очину и опахалу. При самых низких концентрациях был получен легкий, пепельно-серый оттенок, переходящий с повышением концентрации в темно-серый различной насыщенности, таким образом, для достижения искомого черного цвета необходимо продолжить поиск оптимальной концентрации красителя.

Далее была проведена тонировка отобранных перьев африканского страуса. На белых и светло-серых перьях, не зависимо от концентрации красителя четко прослеживается тонировка, при этом увеличение концентрации ведет к повышению насыщенности. При низких концентрациях очин у пера снятого с крыла тусклый, не прокрашенный, в отличие от пера с груди. Лучшим по органолептической оценке можно считать светло-серое перо, даже при концентрации 0,5 г/л образцы имели светло-сиреневый оттенок равномерный по всей длине пера.

У коричневых перьев со спины и маховых с крыла, эффект тонировки по опахалу при низких концентрациях (0,5—1,0 г/л) практически не заметен, в отличие от очина и стержня. Исходя из вышеизложенного, для достижения необходимо результата

необходимо продолжить исследования по выбору оптимальной концентрации оптических красителей для тонировки различных цветовых категорий пера Черного африканского страуса.

В заключение необходимо отметить, что перо Черного африканского страуса легко поддается крашению, как кислотными, так и окислительными красителями и даже при низких концентрациях красителя приобретает стойкий насыщенный тон, согласно заданному цвету.

Использование окислительных красителей для крашения пера является актуальным для имитации менее яркого пера самки под черное перо самца, что позволит разнообразить и увеличить ассортимент.

Список литературы:

1. Горбачева М.В., Сапожникова А.И. Исследования некоторых товарных свойств пера страуса// Птица и птицепродукты. 2010. — № 2.,С. 45—49.
2. Джадд Д., Вышецки Г. Цвет в науке и технике. М.: Мир, 1978. — 592 с.
3. Шпак Н.В. Совершенствование процессов крашения пушно-мехового сырья на базе использования химических материалов компании “Lowenstein”./ Новосибирск, 2000.

**КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА
ЦВЕТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
ШКУРОК НОРКИ
ЦВЕТОВОГО ТИПА САПФИР**

Квашук Анна Николаевна

*аспирант кафедры товароведения и технологии сырья животного происхождения им. С.А. Каспарьянца, МГАВМиБ им. К.И. Скрябина,
г. Москва*

E-mail: rogue07home@gmail.com

**QUANTITATIVE EVALUATION
OF COLOUR PELTS MINK COLOR
TYPES SAPPHIRE**

Kvashuk Anna

*graduate student of merchandising and technology raw materials of animal origin named S.A. Kaspariyantsa, MGAVMiB named K.I. Scriabin,
Moscow*

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается использование инструментальной оценки цветовых характеристик шкурок норки (на примере цветового типа сапфир). Результаты исследования имеют практическое значение, так как позволяют получить числовые значения цветовых координат для цветового типа внутри одного вида (норка). Метод количественной оценки цвета является объективным, в отличие от традиционной визуальной оценки цвета, которая сейчас используется при подборе шкурок в наборы.

ABSTRACT

The article discusses the use of instrumental assessment of the color characteristics pelts of mink (for example color type sapphire). Results of the study are of practical importance because they allow to obtain the numerical values of the color coordinates for the color type within a species (mink). The method of quantitative assessment of color is objective, as opposed to traditional visual assessment of color, which is now used in the selection of pelts in sets.

Ключевые слова: измерение цвета; шкурки норки цветового типа сапфир

Keywords: color measurement; pelts mink color type sapphire

Наиболее широко распространенным методом оценки цвета был и остаётся визуальный. Человеческое зрение может считаться одним из наиболее точных измерительных приборов, но оно не в состоянии ни присваивать цветам определенные числовые значения, ни в точности их запоминать. Именно поэтому возникла необходимость в разработке метода количественной оценки цвета, а также в систематизации способов воспроизведения цвета. Традиционно сортировка проводится визуальным методом, который является простым и общедоступным, хотя итоги проведенной работы полностью зависят от опыта и индивидуальных особенностей эксперта.

Наиболее востребованным и универсальным мехом на сегодняшний день является норка. Отличаясь повышенной носкостью, а также превосходными эстетическими свойствами и широкими возможностями в обработке, шкурки норки как исходный материал для моделей всевозможных фасонов очень популярны среди почитателей меха во всем мире.

Как известно, цветовой тип пушного сырья является одним из параметров, по которому осуществляется сортировка шкурок. Цена шкурки в значительной степени зависит от цвета и цветового типа.

Несмотря на достижения современной техники, до сих пор ни один из существующих цветоизмерительных приборов в нашей стране практически не используется для сортировки и идентификации цвета меха. В этой связи представляет интерес изучение возможности применения компьютерной техники для количественной оценки цвета шкурки норки при сортировке.

В качестве объектов исследования служили невыделанные шкурки норки цветового типа сапфир (клеточного разведения 19 штук в каждом бунте), предоставленные ЗАО Меховой холодильник, получаемый из них полуфабрикат, а так же цифровые фотоизображения данных объектов.

Инструментальный метод заключался в оценке цвета волосяного покрова шкурок норки с помощью ЭВМ путем: сканирования шкурки с последующим получением цифрового изображения в цветовых моделях RGB, HLS и цветовом пространстве Lab, применяемых в области компьютерной обработки изображений а так же; измерения показателей цвета основных топографических участков (бок, хребет, огузок).

При проведении данного исследования использовались следующие оборудование и материалы: компьютер, сканер Epson CX4300, операционная система Windows XP, графический редактор CorelDRAW 13.0, приложение Corel PHOTO-PAINT X3, портативный сферический спектрофотометр X-rite SP-62. Статистическая обработка полученных результатов проводилась на PC, с использованием программных пакетов Microsoft Office 2003 Home Edition, Statistica 6.0.

Перед началом опытов осуществляли изменение настроек оборудования: устанавливали разрешения изображения не менее 300 dpi, уточняли значения экспозиции. Шкурку встряхивали, расправляли и расчесывали волосяной покров, укладывали волосяным покровом вниз на сканирующее устройство и сканировали. Средствами Corel на цифровое изображение накладывали виртуальную масштабную сетку (рисунок 1), которую совмещали с фотоизображением шкурки на экране.

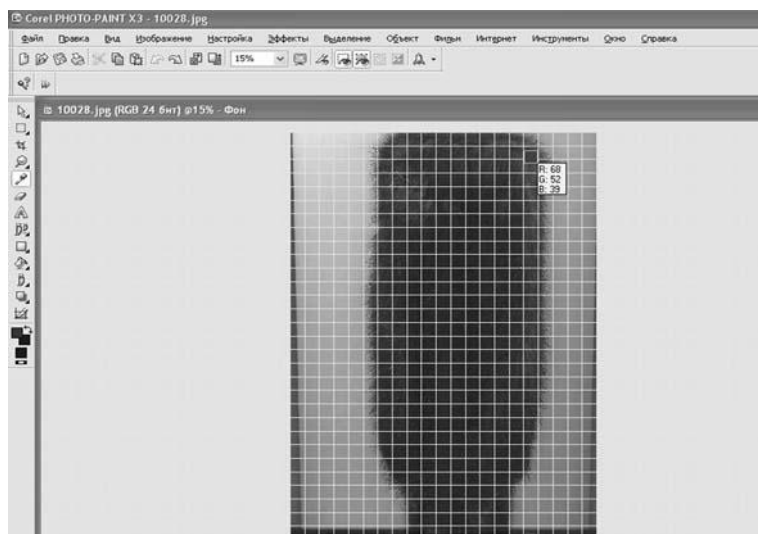


Рисунок 1. Изображение шкурки норки в программе Corel Draw

Нижнюю горизонталь масштабной сетки уравнивали с нижней границей шкурки. Количественную оценку цвета волосяного покрова осуществляли посредством графического редактора CorelDRAW 13.0, Corel PHOTOPAINT X3.

Указатель инструмента последовательно слева направо и сверху вниз перемещали по линиям сетки, фиксировали цвет, код которого отображался в специальном окне.

Для оценки **общего тона**, координаты цветовой области оценивали относительно нижней точки хребтовой линии.

По полученным данным цветовых характеристик проводили оценку естественной окраски шкурки путем анализа значений. Результаты показателей для общего тона статистически обрабатывали с помощью программного обеспечения Microsoft EXCEL. Далее по полученным показателям проводили визуализацию пересечения цветовых координат.

Так же анализ цветовых характеристик шкурок норки цветового типа сапфир проводился с помощью спектрофотометра. В современных спектральных анализаторах для разложения излучения на спектральные составляющие используются характеризующиеся высоким разрешением вогнутые голографические решетки. Разложенный на спектральные составляющие свет фокусируется на фотодиодную линейку. После этого информация преобразуется в цифровой вид, анализируется и обрабатывается.

Измерения проводились следующим образом: после включения прибора перед началом использования необходимо произвести калибровку (считывание прибором белого и черного эталонов) с помощью специального калибровочного стенда. Для этого прибор устанавливали на стенд и на дисплее прибора выбирали пункт “Calibrate”. Шкурку встряхивали, добиваясь максимально возможного вертикального расположения волоса. На приборе выбирается начало нового проекта, для того, что бы все последующие измерения сохранились в отдельную выборку. После этого прибор накладывался на волосную покров строго вертикально, чтобы в отверстие прибора попали волосы ости и подпуши. Для точных повторяющихся измерений подошва лапки должна плотно прилегать к поверхности измеряемого образца, сканирование происходит автоматически. На одной шкурке норки проводилось 3 измерения, результат для каждой шкурки усреднялся.

Определение и воспроизведение цвета с помощью компьютера в основном базируется на системе RGB (красный, зеленый, синий — аддитивная цветовая модель, описывающая способ синтеза цвета для цветовоспроизведения), изначально цветовые характеристики исследуемых объектов были определены именно в этой системе. Однако, для большей достоверности в интерпретации полученных результатов, параллельно полученные данные были переведены

в систему HLS, так как чаще всего, при описании цвета, используются не процентные соотношения цветов, а показатели, описывающие цвет с точки зрения насыщенности, светлоты, цветового тона. Lab — это цветовой режим, не зависящий от устройств, которые используются программным обеспечением для управления цветом. Он также применяется Photoshop при преобразовании изображений из режима RGB в режим CMYK. При этом светлота задана координатой L (изменяется от 0 до 100, то есть от самого темного до самого светлого), хроматическая составляющая — двумя декартовыми координатами а и b. Первая обозначает положение цвета в диапазоне от зеленого до пурпурного, вторая — от синего до желтого [2, с. 134].

В отличие от цветového пространства RGB, которое является, по сути, набором аппаратных данных для воспроизведения цвета на бумаге или на экране монитора (цвет может зависеть от типа печатной машины, марки красок, влажности воздуха в цеху или производителя монитора и его настроек), Lab однозначно определяет цвет [1, с. 69].

Таблица 1.

**Инструментальная оценка шкурок норки клеточного разведения
цветового типа сапфир в цветовых моделях RGB, HLS
и системе Lab (n=19)**

№ Бунта						
	1	2	3	4	5	6
Визуальное отображение цветовых координат						
R	164±7	162±6	161±4	165±4	165±3	161±6
G	161±5	159±4	158±3	161±6	162±5	159±2
B	157±3	155±5	155±5	157±2,5	158±1,3	155±5
H	34±1	34±7	30±3	30±4,5	34±4,5	40±5,5
L	62,9±0,5	62,2±0,2	62±0,25	63±0,1	63.3±0,3	62±0,2
S	2,7±0,4	2,7±0,5	2,4±0,9	3,1±0,3	2,7±0,4	2,4±0,5
L	66,47± 0,76	65,80± 0,42	65,54± 0,47	66,69± 0,93	66,91± 0,60	65,70± 0,53
a	0,69± 0,05	0,68± 0,02	0,65± 0,02	0,71± 0,04	0,57± 0,03	0,62± 0,04
b	1,74± 0,09	1,60± 0,05	1,55± 0,06	1,91± 0,17	1,74± 0,06	1,47± 0,05

Как видно, из результатов, представленных в таблице все шкурки норки относятся к одному цветовому типу, а незначительные отклонения от среднего показателя цветовых координат позволяют подобрать все шкурки в один набор для пошива какого-либо изделия.

Список литературы:

1. Джадд Д., Вышецки Г. Цвет в науке и технике / Пер. с англ. яз. Л.Ф. Артюшина. — М.: Мир, 1978 — 592 с.
2. Фершильд М.Д. Модели цветового восприятия / Пер. с англ. яз. А.А. Шадрина. — Рочестер: Рочерстерский технологический институт, 2004 — 493 с.

ВОЛОСЫ ЖИВОТНЫХ КАК ОБЪЕКТ ЭКСПЕРТИЗЫ

Стрепетова Оксана Алексеевна

старший преподаватель ФГБОУ ВПО МГАВМиБ, Москва

E-mail: strepetova@bk.ru

ANIMAL HAIR AS THE SUBJECT OF EXAMINATION

Oksana Strepetova

АННОТАЦИЯ

Цель работы — получение объективных характеристик волосяного покрова кролика породы Рекс для создания базы данных идентификационной экспертизы. В работе использованы следующие методы: органолептический и электронная сканирующая микроскопия. Изучен морфологический состав и гистологическое строение волос кролика породы Рекс разных окрасов.

ABSTRACT

The aim of the paper is to gain objective characteristics of hair coat of Rex breed (hares) for creating an identification examination database. In the paper there were used such approaches as sensory examination and scanning electron microscopy. Hair morphological composition and its minute structure of Rex breed of different coat patterns have been examined.

Ключевые слова: волос кролика, рекс, идентификация, гистологическое строение, чешуйчатый слой, сердцевина.

Key words: hare hair, Rex, identification, minute structure, epidermis, medulla.

Волосы животных являются объектами экспертиз, выполняемых в экспертных учреждениях судебно-медицинской службы, в тех случаях, когда волос животных выступают в качестве вещественных доказательств при расследовании различных правонарушений, а так же подразделениях судебно-экспертных учреждений органов юстиции [1].

В условиях современного развития рынка химических материалов для крашения меха, а так же разнообразия технологий отделки мехового полуфабриката становится возможным устранение пороков цвета, а также имитация дешевых видов меха под дорогостоящие. Фальсификация меха на сегодняшний день приобрела весьма распространенный характер. По данным статистики каждое третье изделие из натурального меха является поддельным. Наиболее распространенный и доступный вид мехового полуфабриката, который используют в имитации под более дорогие меха — это шкурки кролика.

Имитацию или подделку неспециалисту отличить практически невозможно. Встречаются имитации, которые не всегда возможно правильно идентифицировать органолептическим методом, следовательно, необходимо использовать инструментальные методы. С целью получения объективных значений (характеристик) при проведении идентификации объектов животного происхождения необходима база данных для проведения идентификационной экспертизы.

Различные категории волос от животных одного вид отличаются друг от друга макро- и микроморфологически. Волосы имеющие одну таксономическую принадлежность, будучи сходными по микро-структуре, различаются макроморфологически — по длине, толщине, форме стержня, иногда окраске.

Весомое значение при идентификации имеет микроскопическое строение. К нему относятся особенности архитектоники волосяного стержня: соотношение степени развития трех (чешуйчатый, корковый и сердцевинный) слоев, пигментация коркового слоя, орнамент и форма кутикулы, форма, размеры и расположение сердцевинных клеток и пустот между ними и внутри них и др. [3].

Объектами исследований служили шкурки кролика породы Рекс окраски кастор и шиншилловая. Исследования проводили по стан-

дартным методикам, полученные результаты обрабатывали методом вариационной статистики. Изучение остевых и пуховых волос проводили в сканирующем электронном микроскопе JSM 840A (Япония) по общепринятой методике [2].

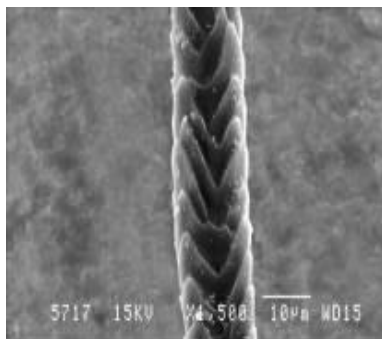
На первом этапе работы был изучен морфологический состав волосяного покрова шкурок кролика породы Рекс окраски кастор и шиншиллового. Волосяной покров шкурок кролика породы Рекс представлен остевыми и пуховыми волосами.

Остевые волосы являются наиболее длинными в волосяном покрове шкурок кролика породы Рекс изучаемых окрасок. Остевые волосы от основания до грани извитые, имеют ланцетовидную форму с извитым (растянутым) основанием, в области грани остевой волос значительно утолщен, кончик волоса короткий и прямой.

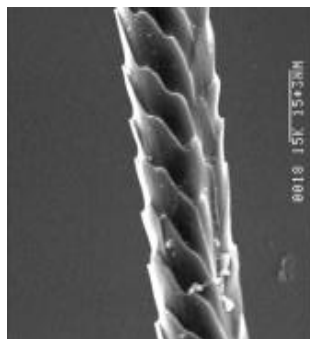
Пуховые волосы составляют нижний ярус волосяного покрова шкурок. Извитость пухового волоса неравномерная волнистая, штопорообразная. Вершина кончика стержня пухового волоса не имеет извитости. Пуховой волос имеет цилиндрическую форму с заостренным кончиком.

Можно отметить, что различий в морфологическом составе волос шкурок кролика двух цветовых типов не выявлено, данный факт необходимо учитывать при создании программы для проведения идентификации по данному показателю.

Далее были проведены исследования по изучению строения чешуйчатого слоя пуховых и остевых волос шкурок кролика породы Рекс окраски кастор и шиншиллового.



а)



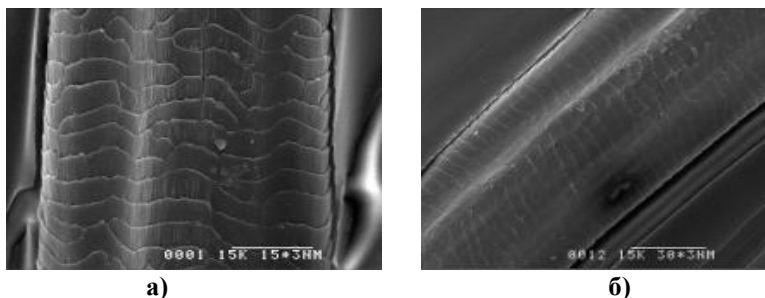
б)

Рисунок 1. Кутикула пухового волоса кролика породы:
а) окрас шиншиллового Рекс, б) окрас кастор

В ходе эксперимента установлено, что форма кутикулы пухового волоса кольцевидная простая, образована высокими клетками цилиндрической формы с прямыми или наклонными ровными либо слегка волнистыми краями, причем клетки как бы вставлены одна в другую. Свободные края клеток кутикулы пуховых волос достаточно ровные.

В тоже время, форма кутикулы острого волоса лентовидная, т. е. их длина больше высоты, клетки вытянуты по поперечнику всего волоса и прилегают плотно друг к другу. Края клеток волнистые, чешуя низкая, по конфигурации свободного края чешуйки цельные (ровные).

Исходя из архитектоники волос шкурок кролика Рекса различных цветовых типов, видимых изменений формы кутикулы пухового и острого волоса в зависимости от цвета не обнаружено. Однако для получения более полной и объективной картины, считаем целесообразным провести ряд дополнительных исследований.



**Рисунок 2. Кутикула острого волоса кролика породы Рекс:
а) окрас шиншилловый; б) окрас кастор**

Как известно, сердцевина расположена в центральной части волоса и представляет собой рыхлую пористую структуру [3]. Толщина сердцевинки меняется пропорционально толщине волоса, так наибольшее значение данного показателя выявлено в гранне, меньшее развитие сердцевинного канала отмечено в шейке и в основании волоса. Сердцевина ячеистая, воздухоносная, колонная (промежуточная) — полости разделены неравномерно утолщенными перегородками, которые представлены в виде пластинок. В ходе исследований микроструктуры волос обнаружены в сердцевинном слое зерна пигмента.

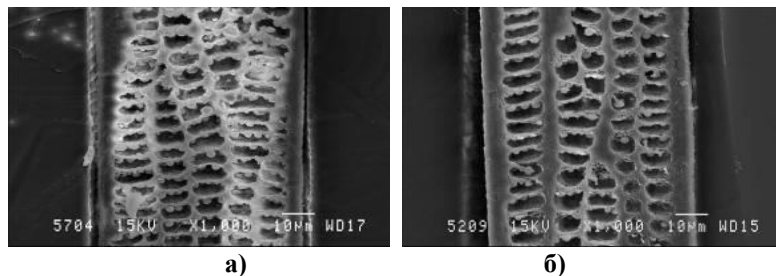


Рисунок 3. Продольный срез грани остевого волоса кролика породы Рекс: а) окрас кастор; б) окрас шиншилловый

Следует отметить, что у корня и кончика зрелого волоса сердцевина отсутствует.

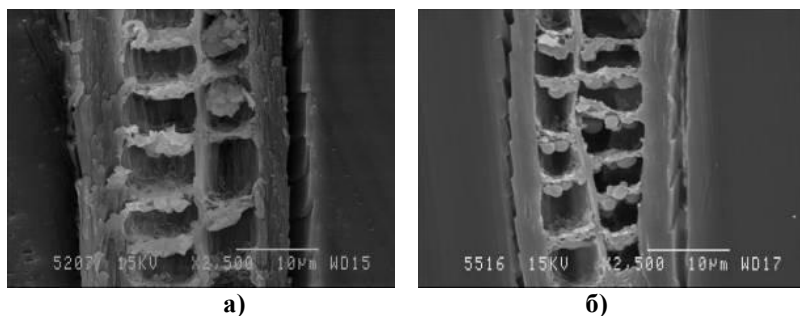


Рисунок 4. Продольный срез основания остевого волоса кролика породы Рекс: а) окрас кастор ; б) окрас шиншилловый

Как видно из рисунка 5, форма поперечного сечения волоса — гантелевидная, двояковогнутая. Сердцевина в остром волосе кролика занимает более $\frac{2}{3}$ диаметра стержня, что является характерным для данного вида.

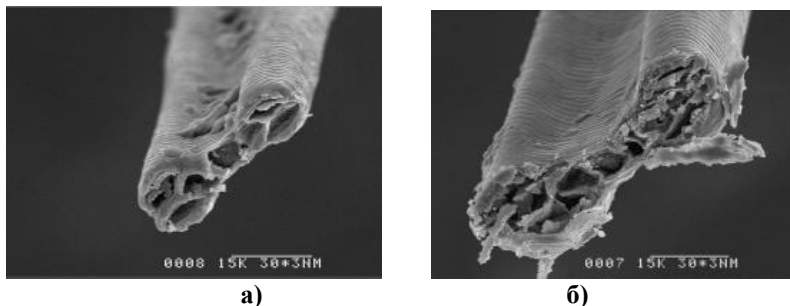


Рисунок 5. Сердцевинный слой остевого волоса шкурки кролика породы Рекс: а) окрас шиншилловый; б) окрас кастор

В заключение следует отметить, что по морфологическому составу и гистологическому строению изучаемые образцы волос кролика породы Рекс имеют некоторые схожие характеристики. Однако, по таким показателям как цвет, длина и толщина волос обладают отличительными признаками.

Волос как биологический объект экспертизы уникален по своему морфологическому и гистологическому строению и может быть использован их для определения таксономических характеристик. Необходимо отметить, что результаты, полученные в ходе исследования, позволят разработать основные критерии для идентификации.

Список литературы:

1. Кисин М.В. Судебно-биологическая экспертиза волос животных. Вып. 2. М.: Российский федеральный центр судебной экспертизы, 2001, 175 с.
2. Соколов Е.В., Скурат Л.Н., Степанова Л.В. и др. Руководство по изучению кожного покрова млекопитающих. — М.: Наука, 1988, 279 с.
3. Чернова О.Ф., Целикова Т.Н. Атлас волос млекопитающих. Тонкая структура остных волос и игл в сканирующем электронном микроскопе. — Изд.: КМК. — 2004, 432 с.

КОНСЕРВИРОВАНИЕ КОЖЕВЕННОГО СЫРЬЯ ПРЕПАРАТОМ «ТОКСИСПОРИН»

Ухорцева Наталья Вячеславовна

*аспирант кафедры товароведения и технологии сырья животного происхождения им. С.А. Каспарьянца, МГАВМиБ им. К.И. Скрябина,
г. Москва*

E-mail: meryblond@bk.ru

PRESERVATION HIDES THE PREPARATION «TOKSISPORIN»

Uhortseva Natalia

graduate student of merchandising and technology raw materials of animal origin named S.A. Kaspariantsa, MGAVMiB named K.I. Scriabin, Moscow

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается возможность использования препарата «Токсиспорин» для консервирования кожевенного сырья. Практическая значимость проводимых исследований заключается в подборе вариантов консервирования, позволяющих исключить или сократить количество хлорида натрия — наиболее распространенного в настоящее время консерванта, используемого в консервировании кожевенного сырья.

ABSTRACT

The possibility of using the drug "Toksispurin" for preserving hides. The practical significance of the research is to select options for conservation, allowing eliminate or reduce the amount of sodium chloride — the most common now a preservative used in the preservation of hides and skins.

Ключевые слова: консервирование; «Токсиспорин»; кожевенное сырьё

Keywords: preservation; Toksisporin; hides

Сохранение качества сырья животного происхождения требует большого внимания, необходимо тщательно продумывать комплекс мероприятий, позволяющих предохранить его в первую очередь

от бактериального повреждения в процессе обработки и выделки. В этом важную роль играет правильное консервирование сырья. Основным материалом, широко используемым для консервирования кожевенного сырья, является хлорид натрия. Широко известно, что при положительном эффекте оказываемом на консервирование, хлорид натрия попадая в сточные воды, отрицательно влияет на окружающую среду. Замена хлорида натрия на экологически чистые продукты позволит вплотную подойти как к решению проблемы консервирования кожевенного сырья, так и поможет улучшить и стабилизировать качество сырья при заготовках и последующем хранении [1, с. 30].

В связи с этим, наша работа направлена на решение проблемы — избавиться от использования хлорида натрия в консервировании или заметно сократить его количество.

Нами была изучена эффективность консервирующей смеси «Токсиспорин» при консервировании кожевенного сырья. Токсиспорин может использоваться, как в сухой, так и в жидкой формах. Препарат обладает одновременно антибактериальной и противовирусной активностью за счет высокой антагонистической активности микробной ассоциации спор бактерий рода *Bacillus* и действия глауконита [3, с. 40].

На первом этапе работы шкуру мездрили, проводили обрядку, разрезали на пласты размером 30х30 см. Подготовленные образцы разделили на 4 группы, включающие каждая по 2 образца.

Для консервирования образцов опытных групп использовали консервирующую смесь «Токсиспорин» (10 % от массы сырья) в чистом виде, а также с добавлением NaCl (10 % и 5 % от массы сырья). Четвертая группа, была использована в качестве контрольной; образцы были законсервированы по стандартной технологии (40 % NaCl от массы сырья). В результате были получены группы образцов:

1. Консервирующая смесь «Токсиспорин» 10 % от массы сырья + 10 % хлорида натрия от массы сырья;
2. Консервирующая смесь «Токсиспорин» 10 % от массы сырья + 5 % хлорида натрия от массы сырья;
3. Консервирующая смесь «Токсиспорин» 10 % от массы сырья
4. контроль (мокросоление врасстил, 40 % NaCl от массы сырья)

Далее все образцы закладывали на хранение, сроком 7 суток.

Для характеристики изменений свойств кожаной ткани в процессе хранения, определяли температуру сваривания, pH водной вытяжки, содержание влаги и общую бактериальную обсемененность.

В ходе исследований было установлено, что на 7 сутки после консервирования 3 группа образцов — законсервированная «Токсиспорином» без добавления NaCl покрылась плесенью. На остальных образцах не было выявлено признаков бактериальной порчи.

В таблице 1 приведены данные по изменению содержания влаги в образцах

Таблица 1.

Содержание влаги

Группы	Содержание влаги, %		
	Парная шкура	После консервирования	Через 7 суток
1	56	46	39
2	-	46	33
3	-	-	-
контроль	-	47	46

Как видно из данных таблицы 1 в процессе хранения в течении 7 суток происходило снижение содержания количества влаги в образцах 1 и 2 группа. Содержание влаги в опытных образцах снизилось в ходе эксперимента на 7 % и 13 % соответственно.

Содержание влаги в образцах контрольной группы не изменилось в ходе эксперимента.

Поскольку образцы как опытные, так и контрольные хранили в одинаковых условиях можно предположить, что используемый препарат в сочетании с NaCl обуславливает более интенсивную потерю ими влаги.

Температуру сваривания опытных и контрольных образцов в процессе эксперимента проверяли после консервирования и на седьмые сутки хранения, с целью установления изменений, происходящих с сырьем, поскольку снижение или повышение данного показателя косвенно может свидетельствовать о внутрискелетных изменениях. Результаты данного исследования представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Температура сваривания

Группы	Температура сваривания, °С		
	Парная шкура	После консервирования	Через 7 суток
1	62,0±0,1	60,0±0,3	61,0±0,2
2	-	62,0±0,2	62,0±0,3
3	-	-	-
контроль	-	62,0±0,3	62,0±0,2

Из данных, представленных в таблице 2 видно, что температура сваривания всех опытных образцов, в процессе хранения, изменяется незначительно. Данный показатель у образцов контрольной группы стабилен на протяжении всего срока хранения. Проведенное исследование позволяет предположить, что используемый препарат не оказывает структурирующего действия на дерму и обуславливает сохранность образцов, законсервированных с уменьшенным количеством NaCl.

Определение pH водной вытяжки также позволяет косвенно судить об изменениях, происходящих в структуре кожной ткани — изменение реакции среды в щелочную сторону свидетельствует о развитии гнилостных процессов в сырье.

Результаты проведенных нами исследований отражены в таблице 3.

Таблица 3.

pH водной вытяжки в процессе хранения

Группы	pH водной вытяжки		
	Парная шкура	После консервирования	Через 7 суток
1	7,2	6,9	7,0
2	-	6,8	6,9
3	-	-	-
контроль	-	6,7	7,1

Как видно из представленных данных, показатель pH водной вытяжки как исследованных опытных, так и контрольных образцов, увеличивается в процессе хранения. Однако pH контрольного образца увеличивается относительно больше. По-видимому, применение данных биоцидов при консервировании по 1 и 2 вариантам приостановило развитие гнилостных процессов, это так же подтверждает органолептическая оценка образцов, при которой не выявлено наличия гнилостного запаха, ослизнения тканей и теклости волоса.

Непосредственно после консервирования и на 7 сутки хранения были проведены исследования степени бактериальной обсемененности опытных и контрольных образцов методом редуктазной пробы. Данный метод основан на способности ферментов, выделяемых микроорганизмами (в частности редуктазы), обесцвечивать слабый органический краситель — резазурин. Степень обесцвечивания соотносится со степенью обсемененности сырья микроорганизмами [2, с. 5]. Анализ результатов проведенного исследования показал, что образцы группы 1 и 2 после консервирования находятся в нормальном состоянии, чего нельзя сказать об образцах 3-ей группы,

так как они бактериально обсеменены. В соответствии с данными приведенными в таблице 4, определяли состояние козювеного сыра.

Таблица 4.

Определение количества микроорганизмов с помощью редуктазной пробы с резазурином

Состояние сыра	Количество микроорганизмов в 1 г образца	Цвет	Шкала цветности
Нормальное	До 20 млн.	Сине-сиреневая	
Удовлетворительное	От 20 до 40 млн.	Розово-сиреневая	
Плохое	От 40 до 70 млн.	Ярко-розовая	
Очень плохое	Свыше 70 млн.	Обесцвечено более 25 % столбика жидкости	

Проведенное исследование подтвердило данные предыдущих опытов, свидетельствующих о том, что применение опытного препарата обеспечивает стабильное состояние образцов в процессе хранения.

Анализируя полученные в процессе эксперимента результаты, следует отметить, что использование «Токсиспорина» в количестве 10 % от массы сыра в качестве консерванта, без добавления NaCl не дает ожидаемого консервирующего эффекта — на 7 сутки образцы этой группы были покрыты плесенью. В то же время, образцы групп 1 и 2, законсервированные смесью «Токсиспорина» и NaCl в указанных концентрациях сохраняют стабильность исследованных показателей наравне с образцами, законсервированными традиционным способом в течение срока исследования.

Список литературы:

1. Костылев А.Ф., Товароведение и технология первичной обработки кожевенного сырья/ Костылев А.Ф., Каспарьянц С.А., Шкутов Ю.Г. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Легпромбыгиздат, 1988 — 216 с.
2. Сапожникова А.И., Способ определения бактериальной обсемененности сырья животного происхождения: Методическое указание/ А.И. Сапожникова, С.А. Каспарьянц, П.В. Житенко и др. — М.: МВА, 1987 — 13 с.
3. Хлудеев К.Д., Товароведение и экспертиза кожевенного сырья. Учебник/ К.Д. Хлудеев, И.М. Гордиенко. — М.: Колос, 2008 — 302 с.

СЕКЦИЯ 10.

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ

ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ОПАСНОСТЬ ОТХОДА ПРОИЗВОДСТВА ПИГМЕНТНОЙ ДВУОКСИ ТИТАНА И ПУТИ ЕГО ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ

Барсукова Анна Владимировна

аспирант, СумГУ, г. Сумы

E-mail: rodik-1983@mail.ru

Вакал Сергей Васильевич

канд. техн. наук, директор ГП «СГ НИИ «МинДуП», г. Сумы

E-mail: yacal@mail.ru

POTENTIAL HAZARD OF PIGMENT TITANIUM DIOXIDE PRODUCTION WASTES AND WAYS OF ITS NEUTRALIZATION

Anna Barsukova

Graduate student, Sumy State University, Sumy

Sergey Vakal

*Candidate of Technical Sciences, director of Sumy State Scientific-Research
Institute of Mineral Fertilizers and Pigments (Gos NII MINDIP), Sumy*

АННОТАЦИЯ

В данной статье приведены основные источники образования отходов в Сумском районе, где лидирующее место занимает

ОАО «Сумыхимпром». Здесь рассмотрено негативное воздействие железного купороса как основного отхода титанового производства на окружающую среду: на атмосферу (образование «кислотных дождей»), на гидросферу (повышенное содержание железа в поверхностных водах), на литосферу (изменение физико-химических свойств почв) и на здоровье человека. Основное внимание уделено проблемам утилизации, а также возможным путям обезвреживания железного купороса.

ABSTRACT

This article summarizes the main sources of waste in the Sumy region, where a leader is JSC "Sumyhimprom". Here we consider the negative impact of iron sulphate as the main waste of titanium production on the environment: the atmosphere (the formation of "acid rain"), the hydrosphere (high content of iron in surface waters), the lithosphere (the change of physical and chemical properties of the soil) and on human health. The main attention is focused on recycling and utilization problems, and possible ways of iron sulphate neutralization.

Ключевые слова: железный купорос; кислотный дождь; опасность окружающей среде; железорудные окатыши.

Keywords: waste; iron sulfate; the danger to the environment; the iron ore pellets

Цель.

Среди ряда экологических проблем, которые касаются Сумской области, особенно остро стоит проблема отходов. Отходы, накапливаясь на территориях предприятий, в отвалах, шламонакопителях, тем самым наносят значительное воздействие на окружающую среду.

Актуальность данной статьи состоит в том, что самый «безвредный» отход является потенциально опасным для биосферы. Ситуация на сегодняшний день усложняется тем, что сохраняется значительный разрыв между объемами накопления отходов и объемами их обезвреживания и использования.

Поэтому основной задачей является нахождение путей обезвреживания отходов с минимальной нагрузкой на окружающую среду.

Метод.

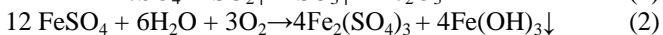
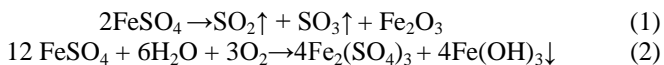
Наибольшая доля накопленных отходов около 28 млн. т. принадлежит ОАО «Сумыхимпром. Образованные отходы в 2012 году имеют следующий состав:

134,292 тыс. т. железного купороса (3-й класс опасности);

275,543 тыс. т. — фосфогипса (4-й класс опасности);

179,200 тыс. т — шламов после станции нейтрализации кислых сточных вод (4-й класс опасности).

На ОАО «Сумыхимпром» накоплено 1596786,194 т. железного купороса (3-й класс опасности). По классификации опасности отходов железный купорос считается не опасным. Однако он состоит из потенциально неблагоприятных составных. Это чистое железо и группа — SO_2 . Поскольку отход сернокислотной переработки титаносодержащих шламов складывается в террикон под открытым небом, то под воздействием осадков, солнца, ветра и т. п. происходит следующее превращение:



Сульфат железа в свою очередь обладает подсушивающим эффектом, который губителен для роста и развития мха. Высокие дозы сульфата железа вызывают ожоги растительного покрова, что проявляется в виде почернения. Так или иначе, сульфат железа под воздействием природных явлений попадает в почву. Как показывают исследования, проводимые с образцами почв, отобранных в зоне загрязнения, можно утверждать следующее:

1. изменение структурно-агрегатного состава верхнего слоя почв в зоне интенсивного загрязнения (до 3 км от ОАО «Сумыхимпром»). Содержание агрономически ценной части почвы (от 0,25 до 10 мм) падает до 29—50 %, в это время глыбистые агрегаты достигают 40—70 %, а на расстоянии 10 км содержание глыбистой части уменьшается до 20 %, а агрономически ценной части почвы увеличивается до 73—78 %;

2. изменение коэффициента структурности. Коэффициент структурности близ накопления отходов уменьшается с 2,7—3,1 до 0,4—1,4;

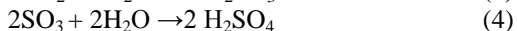
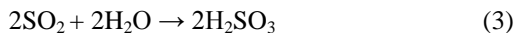
3. снижение способности почвы длительное время сохранять благоприятное для жизни растений сложение. Такой показатель характеризуется коэффициентом водоупорности почвенных агрегатов, который снижается с 0,4—0,5 до 0,2—0,3;

4. ухудшение структурно-агрегатного состава почвы приводит к возрастанию плотности верхнего слоя. Это связано с влиянием на него «кислых осадков», поэтому кислотно-основные свойства почв сдвинуты в сторону подкисления.

Таким образом, избыточное количество железного купороса приводит к изменению физических и химических свойств почвы. Следовательно, такая почва становится не плодородной, мало пригодной для выращивания и произрастания каких-либо культур.

В почве железный купорос не задерживается и попадает в поверхностные воды. После чего наблюдается повышенное содержание железа в питьевой воде. Это приводит к ущербу технического оборудования и систем водного хозяйства, увеличивая затраты на их содержание и снижая срок их службы, что может привести к росту расходов у жителей. В течение длительного периода времени из такой некачественной воды в напорных резервуарах, водонагревателях и установках с медленным водотоком начинают образовываться железные бактерии, покрывают коррозией трубопроводы и их соединения, а также забивая водную систему образовавшимися красно-коричневыми слизистообразными осадениями. Такую воду человек использует в своем быту, в том числе и пьет. А значит, такая вода является причиной ряда появившихся заболеваний у человека.

Из уравнения (2) видно как образуются сернистые ангидриды. Сернистые ангидриды — это основная причина образования кислотных дождей. В экологии уделяют пристальное внимание проблеме кислотных дождей. Эти осадки образуются в результате загрязнения воздуха, при этом соединяются атмосферная влага и кислотообразующие газы (оксиды серы).



В полученных уравнениях (3,4) образуются сернистая и серная кислоты соответственно. Кислотные дожди опасны тем, что наносят непоправимый вред окружающей среде и могут переноситься на тысячи километров. Эти осадки являются причиной гибели лесной и водной экосистем. Эрозия почвы, замедление роста деревьев, сокращение животных, снижение урожайности в сельскохозяйственной отрасли являются следствием кислотных дождей. Окисление почвы приводит к уничтожению питательных веществ, необходимых растениям, деградации флоры и фауны. При увеличении кислотности почва становится бедной на обменные основания. В естественных условиях чистое освобождение оснований из обменной формы происходит в почве вследствие обмена водородными ионами H^+ . H^+ могут быть получены из внешних источников или вследствие происходящих в почве процессов. Почвы глинистого механического состава, содержащие повышенное количество гумуса и обменного кальция, обладают высокой сопротивляемостью к процессам подкисления. При этом возникает реакция типа:



Именно реакции такого типа (5) в почвах ведут к потере ими Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ и т. д. и приводит к развитию кислотности в почвах. Так содержание Ca^{2+} в черноземе типичном возле источника загрязнения в 3 раза меньше нормы, а Mg^{2+} — в 2,5 раза. Степень насыщения почв основаниями на территории ОАО «Сумыхимпром» снижается с 98 % до 75 %, что дает основания для известкования почв.

Также нельзя забывать, что под действием «кислых осадков» из горных пород вымывается свинец, ртуть и алюминий, которые попадают в поверхностные воды. Эти тяжелые металлы вызывают онкологические патологии, серьёзные заболевания печени, нервной системы, почек и желудка. Развитие астмы и заболеваний дыхательных путей также может быть следствием кислотных дождей.

Кислотные дожди опасны не только для живой природы, но и для многовековых памятников архитектуры, металлических и бетонных конструкций. Прочные строительные сооружения также подвержены влиянию кислотных дождей, так как оксид серы вступает в реакцию с магнием и кальцием, которые входят в состав строительных сооружений.

Оказывается, такое «безвредное соединение» как железный купорос может быть потенциально опасен. Поэтому утилизация железного купороса просто необходима и актуальна на сегодняшний день.

Результат.

В 2012 году 39009 т. отходов железного купороса было использовано на ОАО «Сумыхимпром» в производстве пигментов и коагулянтов, 30848 т. железного купороса было продано другим производствам. На предприятии создана опытно-исследовательская установка производства коагулянтов для систем очистки воды [3, с. 15].

Ведутся работы по изучению возможности использования отходов производства титановых белил в качестве сырья для производства железохромовых катализаторов конверсии оксида углерода на базе УкрГАЗТ кафедрой охраны труда и окружающей среды [1, с. 360]. Проблемой уменьшения экологической нагрузки на окружающую среду занимаются представители кафедры ХТНВ НУ «Львовская политехника» [4, с. 26]. Также данной проблематикой снижения количества не утилизируемых отходов железного купороса занимается Государственный НИИ минеральных удобрений и пигментов г. Сумы, который разработал технологию обезвреживания данного вида отходов при их взаимодействии с аммиаком и получении продуктов, имеющих товарную ценность [2, с. 178]. Однако вопрос полной утилизации железного купороса не решен.

На сегодняшний день рентабельно и с точки зрения экологии целесообразно перерабатывать основной отход титанового произ-

водства на железорудные окатыши. Благодаря такому методу обезвреживания отход становится не опасным, так как убирается вредная группа-SO₂. Железорудный окатыш может быть передан на предприятия черной металлургии. По данной технологии можно перерабатывать до 10 т. железного купороса в час.

Выводы.

На Украине производство пигментной двуокиси титана осуществляется сульфатным способом, основанным на взаимодействии титан-содержащего сырья с серной кислотой, выщелачивании полученных пластов, очистке суспензий от шлама, осаждении гидратированного диоксида титана из раствора с последующей многостадийной обработкой его для получения пигмента с определенными свойствами. Одной из важнейших проблем в производстве двуокиси титана до настоящего времени остается проблема образования такого много-тоннажного отхода как железный купорос, который создает потенциальную опасность окружающей природной среде даже при его складировании на оборудованных территориях.

Учитывая на перспективы увеличения производства двуокиси титана в Украине актуально вовлекать железный купорос в качестве техногенного сырья. Таким решением является получение железорудных окатышей для металлургической промышленности, что позволит сократить добычу железной руды, и улучшить экологические показатели регионов, где расположены предприятия по выпуску двуокиси титана.

На сегодня предыдущие экспериментальные исследования показали возможность реализации данной технологии со значительным экологическим эффектом.

Список литературы:

1. Гармаш Б.К. Проблемы утилизации твердых промышленных отходов: статья. Х.: — УкрГАЗТ, — 360 с.
2. Карпович Э.А. О возможности комплексной утилизации железного купороса: збірник наукових праць Міжнародної науково-практичної конференції «Комплексне використання сировини, енерго- та ресурсозберігаючі технології у виробництві неорганічних речовин», Ч.: — 2004. — 178 с.
3. Сапов Ю.Н. Предварительные соображения по организации производства сернокислого окисного железа для коагуляции воды на Сумском химвкомбинате: научн. работа. Л.: Ленингипрохим, 1969. — 15 с.
4. Яворський В.Т. Дослідження процесу кристалізації кристалогідратів заліза(II) сульфату із гідролізної кислоти: збірник матеріалів конф. «Сучасні проблеми технології неорганічних речовин», Д.: — 2008. — 26 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНАЛИЗА РИСКА В ОБЕСПЕЧЕНИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Тверигин Александр Александрович

*аспирант кафедры «Подъемно-транспортные машины»,
ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный технический
университет», г. Астрахань*

E-mail: tverigin.aleksandr@gmail.com

RISK ANALYSIS IMPLEMENTATION TO ENSURE INDUSTRIAL SAFETY

Tverigin Aleksandr Aleksandrovich

*Postgraduate Student of the Department «Lifting-and-Shifting Machines»,
FSBEI HPE «Astrakhan State Technical University», Astrakhan*

АННОТАЦИЯ

Проблема техносферной безопасности остро стоит перед государством и обществом. Для объективной оценки опасности требуется универсальный метод, позволяющий провести сравнение эффективности и стоимости различных методов повышения уровня техносферной безопасности. Таким методом является количественная оценка риска, позволяющая рекомендовать индивидуальные меры безопасности, выявлять «слабые» места каждой технической системы, а также эффективно расходовать и распределять ресурсы на обеспечение безопасности.

ABSTRACT

Technosphere security problem is acute to the state and society. For objective assessment of risk requires a universal method that allows to compare the effectiveness and cost of different methods to increase the level of safety of Technosphere. This method is a quantitative risk assessment to recommend individual security measures to identify "weak" points of each of the technical system, and efficient use and allocation of resources to ensure the safety.

Ключевые слова: оценка риска, промышленная безопасность, производственный контроль, декларация промышленной безопасности

Keywords: risk assessment, industrial safety, process control, industrial safety declaration

В настоящее время проблема техносферной безопасности остро стоит перед государством и обществом, которая представляет серьезную угрозу здоровью и жизни населения, в связи с тем, что источники опасности многочисленны и разнообразны по своей природе. Когда к охранам мероприятиям применяется слишком общий подход, проблемы решаются поверхностно и достигается незначительный конечный результат, а иногда эффективность расходуемых ресурсов на обеспечение безопасности оказывается на близком к нулевому уровню. Для эффективного решения имеющихся проблем промышленной безопасности необходимо определить наиболее важные из них, а затем использовать имеющиеся финансовые и научные средства для решения наиболее значимых проблем. При выборе приоритетных задач следует учитывать, какие программы или мероприятия реально выполнимы, которые дадут наибольшую отдачу на единицу затраченных ресурсов в области нейтрализации техносферных опасностей. В соответствии с этим, приоритетность проблем определяется не только исходя из размеров наносимого ущерба, но также из экономической и социальной эффективности мер, которые можно применить для их решения и/или ликвидации. Для объективной оценки опасности требуется универсальный метод оценки технического и социального ущербов в результате аварий, также позволяющий провести сравнение эффективности и стоимости различных методов повышения уровня техносферной безопасности.

Наиболее удачным методом, позволяющим решить множественный комплекс задач промышленной безопасности, в мировой практике считается оценка риска аварий, что подтверждается введением методов риск-анализа в новые нормативные документы Российской Федерации, первым из которых является Технический регламент таможенного союза «О безопасности машин и оборудования» [5], согласно которому в статье 4 «Обеспечение безопасности машин и (или) оборудования при разработке (проектировании)» предъявляются требования к оценке риска «для идентифицированных видов опасности, для которых должна проводиться оценка риска расчетным, экспериментальным, экспертным путем или по данным эксплуатации аналогичных машин и (или) оборудования <...>, а при разработке (проектировании) должен определяться и устанавливаться допустимый риск для машины и (или) оборудования», а также «риск от применения машины и (или) оборудования, изготовленных по согласованной проектной (конструкторской) документации,

который не должен быть выше допустимого риска, установленного разработчиком (проектировщиком)».

Другой важной областью применения риск-анализа является разработка декларации промышленной безопасности для действующих и вновь строящихся опасных производственных объектов (ОПО), в соответствии с Федеральным законом «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [6]. Согласно РД 03-14-2005 [2], основным разделом декларации промышленной безопасности является раздел «Результаты анализа безопасности», который включает всестороннюю оценку риска условий возникновения и развития аварий ОПО и связанных с ними угроз:

1. перечень основных возможных причин возникновения аварий и факторов, способствующих возникновению и развитию аварий;
2. краткое описание сценариев наиболее вероятных аварий и наиболее опасных последствий аварий;
3. данные о размерах вероятных зон действия поражающих факторов для идентифицированных сценариев аварии;
4. сведения о возможном числе пострадавших, включая погибших среди работников и иных физических (третьих) лиц;
5. сведения о возможном причинении вреда работникам производственного объекта и иным физическим лицам, ущерба имуществу и вреда окружающей природной среде.

Использование результатов анализа риска в процессе разработки декларации промышленной безопасности ОПО позволяет идентифицировать наиболее опасные производственные участки декларируемого объекта и наиболее значимые опасные факторы, влияющие на показатели безопасности, ранжировать их в соответствии с уровнем опасности, которые количественно подтверждены уровнем риска, и сравнивать их с уровнем приемлемого риска.

Кроме того, анализ риска является составной частью Положения о производственном контроле ОПО [3], где результаты риск-анализа источников кумулятивных эффектов опасных факторов служат исходной информацией для разработки и обоснования периодичности и «глубины» системы ТОиР, экспертизы технического состояния ОПО, реконструкции его конструктивных элементов и др., а также реорганизации системы управления промышленной безопасностью, вплоть до выделения её в отдельную структуру управления предприятием эксплуатирующем ОПО.

Риск аварии ОПО является техническим и технологическим показателем характеризующим соответствие действительных технических систем уровню развития техники [4], технологии, а также защиты

персонала предприятия и населения. Инновационные проекты, при развитии глобализационных процессов в мире, должны быть также подвергнуты риск-анализу на соответствие мировым стандартам безопасности. Основным инструментом соответствия передовых технологий является сертификация продукции и услуг. Собственно сертификация (сертификаты) является подтверждением соответствия продукции и услуг техническим регламентам, а также следующим из них нормативно-техническим документам (руководящим документам, методическим указаниям, инструкциям и др.).

Из анализа нормативной базы следует, что риск-анализ занимает важное место в обеспечении промышленной безопасности производственных объектов. В настоящее время широко используются качественные методы анализа риска, которые отличаются высокой трудоемкостью, существенной неопределенностью данных и наличием субъективных оценок потенциальной опасности. Все вышеуказанные недостатки в значительной степени преодолеваются при использовании количественных методов анализа риска, которые позволяют снизить субъективность выводов экспертов, оценивать уровни технической и технологической опасности различной природы, оценивать возможные последствия крупных аварий на ОПО, принимать превентивные организационно-технические и управленческие решения по снижению уровня риска систем ОПО и определять их экономическую эффективность [1]. Развитие количественных методов оценки риска ОПО позволит, кроме того, рекомендовать индивидуальные меры безопасности, направленные на предупреждение аварий на конкретном производстве, выявлять «слабые» места каждой технической системы для последующего обоснования мер обеспечения безопасности, а также эффективно расходовать и распределять ресурсы на обеспечение безопасности.

Список литературы:

1. Панасенко Н.Н., Тверигин А.А. Производственный контроль портовых перегрузочных процессов опасных грузов / Инновационные технологии в машиностроении: проблемы, задачи, решения: сборник научных трудов. — Орск: Издательство Орского гуманитарно-технологического института (филиала) ОГУ, 2012. — 192—196 с.
2. РД 03-14-2005. Порядок оформления декларации промышленной безопасности опасных производственных объектов и перечень включаемых в нее сведений.
3. РД 04-355-00. Методические рекомендации по организации производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на опасных производственных объектах.

4. Р 50.1.046-2003. Рекомендации по выбору форм и схем обязательного подтверждения соответствия продукции при разработке технических регламентов.
5. ТР ТС 010/2011. Технический регламент таможенного союза «О безопасности машин и оборудования».
6. Федеральный закон от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

**ОБРАЗОВАНИЕ И ТРАНСФОРМАЦИЯ
ПЕРВИЧНЫХ И ВТОРИЧНЫХ
АТМОСФЕРНЫХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ
НА ПРИМЕРЕ СОЕДИНЕНИЙ СЕРЫ И АЗОТА,
КАК ВАЖНАЯ ЗАДАЧА МОНИТОРИНГА
АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА**

Чернявский Сергей Анатольевич
аспирант НИУ МИЭТ, г. Зеленоград
E-mail: spin204@yandex.ru

**THE FORMATION AND TRANSFORMATION
OF PRIMARY AND SECONDARY ATMOSPHERIC
POLLUTANTS ON THE EXAMPLE OF SULFUR
AND NITROGEN COMPOUNDS,
AS AN IMPORTANT TASK OF MONITORING
OF ATMOSPHERIC AIR**

Sergey Chernyavskiy
Postgraduate of National Research University of Electronic Technology,
Zelenograd

АННОТАЦИЯ

Цель работы — демонстрация схем формирования вторичных атмосферных загрязнителей на примере соединений серы и азота и изменения атмосферной концентрации во времени первичных и вторичных загрязнителей. Методы исследования: математический аппарат с использованием уравнений химической кинетики и системы

дифференциальных уравнений с заданными начальными условиями. Результаты работы — графические иллюстрации изменения концентрации первичных и вторичных загрязнителей со временем. Выводы — вторичные загрязнители гораздо дольше находятся в атмосфере по сравнению с первичными, и таким образом, необходимо изучать механизмы образования вторичных загрязнителей.

ABSTRACT

The aim of the work is the demonstration of the scheme of the formation of secondary air pollutants on the example of sulphur and nitrogen compounds and changes in the atmospheric concentrations in the time of primary and secondary pollutants. Research methods are mathematical apparatus using the equations of chemical kinetics and the system of differential equations with gave initial conditions. The results of the work are graphic illustration of changes in the concentration of primary and secondary pollutants over time. Findings suggest that secondary pollutants much longer are in the atmosphere compared with the primary, and thus, the need to study the mechanisms of formation of secondary pollutants.

Ключевые слова: первичные и вторичные загрязнители, трансформация соединений, скорость химической реакции, константы скорости химической реакции, молярная концентрация вещества.

Keywords: primary and secondary pollutants, transformation of compounds, speed of chemical reaction, rate constants of chemical reaction, mole concentration of substance.

Одними из самых вредных загрязнителей атмосферы являются соединения, содержащие серу, в первую очередь SO_2 (диоксид серы, сернистый газ). Он образуется при сжигании топлива, как в ТЭЦ, так и двигателях внутреннего сгорания, в металлургических производствах, в производстве серной кислоты и при переработке нефти. Поступление SO_2 в атмосферу и превращение его в серную кислоту в значительной степени происходит в условиях влажных атлантических ветров в зимний отопительный сезон при сжигании большого количества серосодержащего топлива. Эти процессы получили известность в середине XX в. (1952 г.), когда в результате мощных дымовых выбросов, содержащих частицы дыма и SO_2 , в Лондоне возник густой туман, в котором происходило медленное образование аэрозоля серной кислоты. Главным действующим компонентом смога является сернистый газ в сочетании с аэрозолем

серной кислоты; оба эти компонента отрицательно влияют на здоровье человека [2], [3].

Другими распространёнными химическими загрязнителями и, в то же время, одними из самых опасных, являются оксиды азота. Наибольшее значение из всех оксидов азота имеют NO (монооксид азота) и NO₂ (диоксид азота). NO достаточно стабилен и выделяется вместе с выхлопными газами из-за неполного сгорания топлива в двигателях внутреннего сгорания. Попадая в атмосферу NO постоянно превращается в NO₂. В результате, оксиды азота накапливаются в нижних слоях атмосферы и их присутствие вызывает кислотные дожди, в которых присутствуют частицы азотной кислоты (HNO₃) и сказываются на дальнейших трансформациях. Оксиды азота играют большую роль в возникновении фотохимического смога, называемого также фотохимическим туманом. Этот смог был впервые обнаружен в 1944 г. над Лос-Анджелесом и наиболее часто наблюдался там в последующие годы, поэтому его называют смогом лос-анджелесского типа. Основной причиной фотохимического тумана являются выхлопные газы автомобилей [2], [3].

Соединения, которые содержат азот и серу могут образовывать аэрозоли, содержащие одновременно и азот и серу, речь о таких аэрозолях пойдёт далее.

Рассматривая задачи переноса, рассеяния и взаимодействия газовой примесей, поступающих от совокупности точечных, линейных и площадных источников, а также аэрозолей, образующихся в атмосфере в результате химических реакций, рассмотрим общее соотношение химической кинетики, которое имеет вид:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -k \cdot C^{-n},$$

C — мольная концентрация реагента, моль/л;

k — константа скорости химической реакции, ч⁻¹;

n — порядок реакции, при $n = 1$ имеем реакции первого порядка [3].

Самый важный параметр, который влияет на формировании примесей в атмосфере – скорость химической реакции ν , которая и определяет характер изменения концентрации компонентов реакции с течением времени.

Для реакции скорость $A + B \rightarrow G + H$ имеет вид [3]:

$$v = \frac{\partial c_G}{\partial t} = -\frac{\partial c_A}{\partial t},$$

где: А и В — молекулы реагентов, участвующие в химических реакциях;

Г и Н — молекулы продуктов, получившиеся в результате химической реакции;

c_A, c_G — концентрации продуктов и реагентов соответственно.

В свою очередь: $v = k \cdot c_A$.

В этом случае уравнение скорости для реакции первого порядка имеет вид:

$$v = -\frac{\partial c_A}{\partial t} = k \cdot c_A. \quad (1)$$

Интегрируя уравнение (1) и обозначая концентрацию в начальный момент времени ($t = 0$) через c_0 получаем:

$$c_A = c_0 e^{-kt} \quad (2)$$

Из уравнения (2) получаем уравнение скорости для константы скорости реакции первого порядка:

$$k = \frac{1}{t} \ln \frac{c_0}{c_A} \quad (3)$$

где: k — константа скорости реакции первого порядка, ч^{-1} ,

t — время нахождения загрязнителя в атмосфере, ч,

c_0 — концентрация загрязнителя в начальный момент времени, моль/л,

c_A — концентрация загрязнителя в атмосфере, моль/л

В общем случае скорость химической реакции v и константы скорости реакции k_i зависят от температуры T . Предположим, что температура на всём протяжении реакции меняется незначительно (в пределах 20—25°C), то для схемы превращений вторичных соединений имеют место бимолекулярные реакции. Также предпо-

ложим, что распространение концентрации соединений зависит только от времени [5].

Рассмотрим два случая формирования химических соединений в атмосфере:

1. *Последовательная реакция* ($A \xrightarrow{1} B \xrightarrow{2} C$) для которой изменение концентрации имеет вид [1]:

$$\frac{\partial}{\partial t} c_B = v_B = (k_1 - k_2) \cdot c_B. \quad (4)$$

2. *Параллельная реакция* ($A \xleftarrow{1} B \xrightarrow{2} C$) для которой изменение концентрации имеет вид [1]:

$$\frac{\partial}{\partial t} c_B = v_B = (k_1 + k_2) \cdot c_B. \quad (5)$$

На рис. 1 и рис. 2 проиллюстрированы схемы формирования более сложных химических соединений в атмосфере, содержащих серу и азот [7].

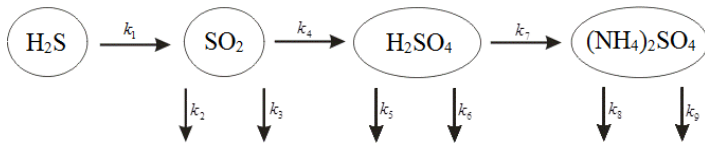


Рисунок 1. Процесс формирования вторичных соединений серы в атмосфере

На схеме из рис. 1 показаны следующие химические соединения: сероводород (H₂S), сернистый газ (SO₂), серная кислота (H₂SO₄), сульфат аммония ((NH₄)₂SO₄).

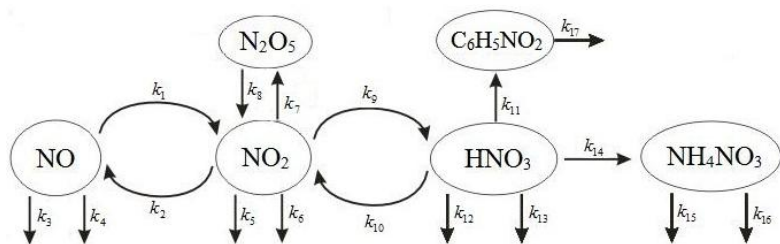


Рисунок 2. Процесс формирования вторичных соединений азота в атмосфере

На схеме из рис. 2 показаны следующие химические соединения: монооксид азота (NO), диоксид азота (NO₂), пентаоксид азота (N₂O₅), азотная кислота (HNO₃), нитрит бензола (C₆H₅NO₂), нитрат аммония (NH₄NO₃).

В качестве частиц аэрозоля выступают как частицы кислоты (серной и азотной), так и частицы оснований (сульфат и нитрит аммония). Основания сложнее всего уловить в атмосфере, так как они являются результатом взаимодействия сразу двух разных химических веществ, содержащих азот и серу одновременно. Именно на последние компоненты схем на рис. 1 и рис. 2 необходимо обратить пристальное внимание.

Ниже представлены названия химических веществ, которым соответствуют формулы из рис. 1 и рис. 2.

Таблица 1.

Численные значения констант превращения серосодержащих соединений [7]

Процесс	Обозначение	$k_i, \text{ч}^{-1}$
Трансформация H ₂ S в SO ₂ под внешними факторами	k_1	0,12
Вымывание SO ₂ в почву	k_2	0,01
Поглощение SO ₂ почвой	k_3	0,015
Окисление SO ₂ → H ₂ SO ₄	k_4	0,127
Вымывание H ₂ SO ₄ в почву	k_5	0,012
Поглощение H ₂ SO ₄ почвой	k_6	0,005
Нейтрализация H ₂ SO ₄ → (NH ₄) ₂ SO ₄	k_7	0,02
Вымывание (NH ₄) ₂ SO ₄ в почву	k_8	0,007
Поглощение (NH ₄) ₂ SO ₄ почвой	k_9	0,002

Таблица 2.

Численные значения констант превращения азотосодержащих соединений [7]

Процесс	Обозначение	$k_p, \text{ч}^{-1}$
Окисление $\text{NO} \rightarrow \text{NO}_2$	k_1	0,8
Фотолиз $\text{NO}_2 \rightarrow \text{NO}$	k_2	0,01
Вымывание NO в почву	k_3	0,01
Поглощение NO почвой	k_4	0,01
Вымывание NO_2 в почву	k_5	0,01
Поглощение NO_2 почвой	k_6	0,01
Трансформация NO_2 в N_2O_5	k_7	0,023
Разложение N_2O_5 в NO_2	k_8	0,015
Окисление $\text{NO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3$	k_9	0,149
Разложение до NO_2	k_{10}	0,012
Взаимодействие с органикой (бензол)	k_{11}	0,025
Вымывание HNO_3 в почву	k_{12}	0,012
Поглощение HNO_3 почвой	k_{13}	0,02
Нейтрализация $\text{HNO}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3$	k_{14}	0,01
Вымывание NH_4NO_3 в почву	k_{15}	0,011
Поглощение NH_4NO_3 почвой	k_{16}	0,013
Поглощение нитрита бензола ($\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$) почвой	k_{17}	0,74

По рис. 1 и формулам (4) и (5) составим систему дифференциальных уравнений, каждое уравнение которой показывает изменение концентрации каждого серосодержащего вещества.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d}{dt} c_{\text{H}_2\text{S}} = -k_1 \cdot c_{\text{H}_2\text{S}} \\ \frac{d}{dt} c_{\text{CO}_2} = -(k_2 + k_3 + k_4) \cdot c_{\text{CO}_2} + k_1 \cdot c_{\text{H}_2\text{S}} \\ \frac{d}{dt} c_{\text{H}_2\text{SO}_4} = -(k_5 + k_6 + k_7) \cdot c_{\text{H}_2\text{SO}_4} + k_4 \cdot c_{\text{SO}_2} \\ \frac{d}{dt} c_{(\text{NH})_2\text{SO}_4} = -(k_8 + k_9) \cdot c_{(\text{NH})_2\text{SO}_4} + k_7 \cdot c_{\text{H}_2\text{SO}_4} \end{array} \right. \quad (6)$$

Начальные условия для системы дифференциальных уравнений выглядят следующим образом:

$$c_{H_2S}(0) = 0,05; \quad c_{SO_2} = 0,93; \quad c_{H_2SO_4} = 0,02; \quad c_{(NH_4)_2SO_4} = 0$$

Используя значения констант скоростей реакций из таблицы 1 решаем систему (6) с заданными начальными условиями и, получаем графическое решение.

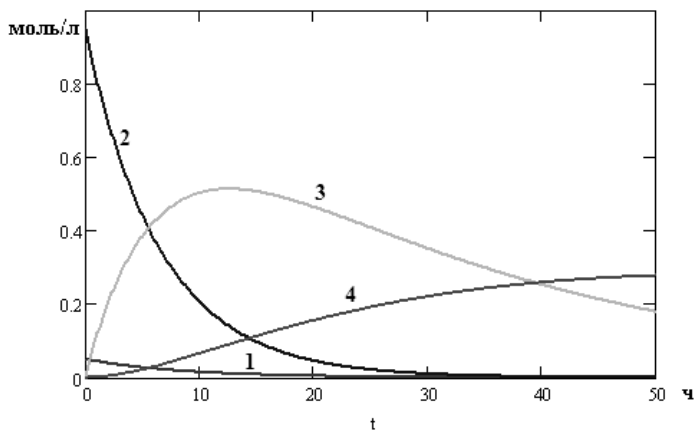


Рисунок 2. Зависимости мольной концентрации серосодержащих веществ от времени для каждого элемента: 1 — изменение концентрации сероводорода; 2 — изменение концентрации диоксида серы; 3 — изменение концентрации частиц аэрозоля серной кислоты; 4 — изменение концентрации серосодержащего аэрозоля

По рис. 2 и формулам (4) и (5) составим систему дифференциальных уравнений (7), каждое уравнение которой показывает изменение концентрации каждого азотсодержащего вещества.

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \frac{d}{dt} c_{NO} = -(k_1 + k_3 + k_4) \cdot c_{NO} + k_2 \cdot c_{NO_2}, \\
 \frac{d}{dt} c_{NO_2} = -(k_2 + k_5 + k_6 + k_7 + k_9) \cdot c_{NO_2} + k_1 \cdot c_{NO} + k_8 \cdot c_{N_2O_5} + k_{10} \cdot c_{HNO_3}, \\
 \frac{d}{dt} c_{N_2O_5} = -k_8 \cdot c_{N_2O_5} + k_7 \cdot c_{NO_2}, \\
 \frac{d}{dt} c_{HNO_3} = -(k_{11} + k_{12} + k_{13} + k_{14}) \cdot c_{HNO_3} + k_9 \cdot c_{NO_2}, \\
 \frac{d}{dt} c_{NH_4NO_3} = -(k_{15} + k_{16}) \cdot c_{NH_4NO_3} + k_{14} \cdot c_{HNO_3}, \\
 \frac{d}{dt} c_{C_6H_5NO_2} = -k_{17} \cdot c_{C_6H_5NO_2} + k_{11} \cdot c_{HNO_3}.
 \end{array} \right. \quad (7)$$

Начальные условия для системы дифференциальных уравнений выглядят следующим образом:

$$\begin{aligned}
 c_{NO}(0) &= 0,77; & c_{NO_2}(0) &= 0,18; & c_{N_2O_5}(0) &= 0; \\
 c_{HNO_3}(0) &= 0,02; & c_{NH_4NO_3}(0) &= 0,02; & c_{C_6H_5NO_2}(0) &= 0,01
 \end{aligned}$$

Аналогично предыдущему случаю, используем значения констант скоростей реакций из таблицы 2, решаем систему (7) с заданными начальными условиями и, получаем графическое решение.

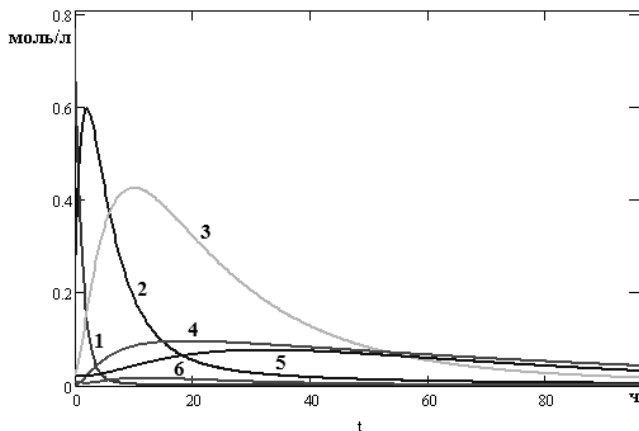


Рисунок 4. Зависимости мольной доли реагирующих азотосодержащих веществ от времени для каждого элемента: 1 — изменение концентрации монооксида азота; 2 — изменение концентрации диоксида азота; 3 — изменение концентрации частиц аэрозоля азотной кислоты; 4 — изменение концентрации пентаоксида азота; 5 — изменение концентрации азотосодержащего аэрозоля; 6 — изменение концентрации частиц нитрита бензола

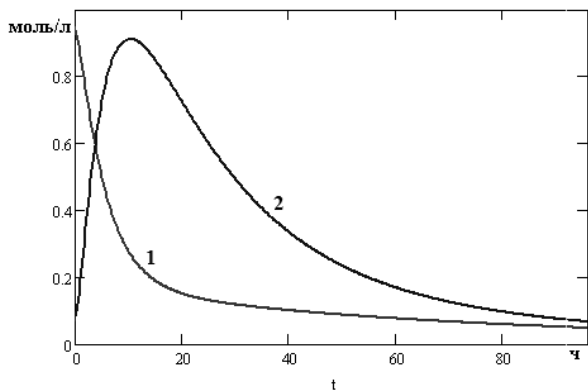


Рисунок 5. Суммарное сравнение концентраций частиц газообразных веществ и аэрозолей, содержащих азот: 1 — изменение концентрации суммы оксидов азота; 2 — изменение концентрации частиц суммы аэрозольных частиц, содержащих азот

По рис. 4 и рис. 5 очевидно, что мольная концентрация аэрозолей по сравнению с мольной концентрацией газообразных выбросов, гораздо дольше держится в атмосфере. Однако с достаточно большим течением времени мольная концентрация аэрозолей заметно ослабевает. За то время, когда частицы аэрозолей находятся в атмосфере, они могут наносить вред чистым помещениям микроэлектроники и здоровью населения [6].

Таким образом, обнаружение и исследование в атмосфере аэрозольных частиц является важнейшей задачей при мониторинге атмосферы.

Список литературы:

1. Алоян А.Е. Динамика и кинетика газовых примесей и аэрозолей в атмосфере: Курс лекций. — М.: ИВМ РАН, 2002. — 201 с.
2. Годовская Л.Ф. Химия окружающей среды: 3-е изд. — М.: Мир: Бином, 2008. — 295 с.
3. Детков С.П., Детков В.П., Астахов В.А. Охрана природы нефтегазовых районов. — М.: Недра, 1994. — 335 с.
4. Трифонов К.И., Девисилов В.А. Физико-химические процессы в техносфере: учебник. — М.: Инфра-М, 2011, — 240 с.
5. Справочник химика. Том 3. Химическое равновесие и кинетика. Свойства растворов. Электродные процессы. — М.: Химия, 1965. — 1005 с.
6. Чернявский С.А. Моделирование процессов загрязнения атмосферы двуокисью углерода // Сборник научных трудов / Под ред. д. т. н., проф. В.И. Каракеяна — М.: МИЭТ, 2011. — С. 171—173.
7. Швыряев И.А. Физико-химические превращения в атмосфере и оценка экологического риска от выбросов промышленных объектов: дис. канд. хим. наук. — М., 2006. — 211 с.

О ЗАДАЧАХ ДИФФУЗИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРЕ

Янов Александр Юрьевич

*канд. биол. наук, филиал федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего профессионального
образования «Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет) в г. Озерске,
г. Озерск Челябинской области
E-mail: Al-end@yandex.ru*

ON THE PROBLEM OF DIFFUSION OF ATMOSPHERIC POLLUTANTS

Yanov Alexander Yurievich

*candidate of biological Sciences, Branch of Federal State State-Financed
Educational Institution of Higher Professional Education «South Ural State
University» (national research university) in Ozersk,
Ozersk of Chelyabinsky region*

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются экспериментальные и аналитические подходы к исследованию распространения загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы. Сформулированы недостатки, присущие указанным подходам.

ABSTRACT

The article deals with the experimental and analytical approaches to the study of the spread of pollutants in the surface layer of the atmosphere. Stated drawbacks of the specified approach.

Ключевые слова: моделирование; диффузия; атмосфера; загрязняющие вещества.

Keywords: modeling; diffusion; the atmosphere; pollutants.

Выбросы загрязняющих веществ через трубы производственных предприятий оказывают вредное воздействие на окружающую среду и, в том числе, на человека — прямо или опосредованно [11].

На загрязнение воздушных бассейнов городов влияют как природные особенности, связанные с потенциалом загрязнения атмосферы

и определяющими его климатическими факторами, так и особенности реализации потенциала загрязнения — наличие, мощность и характер источников загрязнения атмосферы, особенности их расположения. Рельеф может, как усиливать, так и ослаблять действие климатических и техногенных факторов. Причины неблагоприятия у каждого города в той или иной степени специфичны, однако в меру их сходства города с точки зрения характера источников загрязнения могут быть подразделены на несколько групп [11].

Основными источниками загрязнения, как правило, являются промышленные предприятия. Для многих регионов характерна высокая территориальная концентрация промышленных предприятий, образующих промзоны вблизи городов и поселков-спутников. В некоторых случаях загрязняющие вещества долгое время находятся в окружающей экосистеме и продолжают наносить вред спустя десятилетия. Наиболее известны с этой точки зрения авария на Чернобыльской АЭС и Восточно-Уральский радиоактивный след.

Вследствие этого важно знать зависимость между количеством выбросов вредных примесей в единицу времени и их содержанием в воздухе на различных высотах и различных расстояниях для адекватного прогнозирования ситуации и принятия оптимального решения.

Задачи о распространении примесей в атмосфере при длительном выбросе из производственных труб рассмотрены во многих работах [2—6, 10]. При решении этих задач использовались как аналитические, так и эмпирические методы исследования.

Большой практический интерес с точки зрения защиты от вредного влияния загрязняющих веществ и прогнозирования места и времени их наибольшего сосредоточения представляют исследования аварийных кратковременных выбросов из труб (например, при разрушении фильтрующих установок) и при взрывах, управляемых и неуправляемых. Работы, посвященные анализу аварий и взрывов, носят в основном, экспериментальный характер [1, 7].

При построении моделей атмосферной диффузии используют различные подходы; одна из первых методик была предложена Фиком [3, 9] и базировалась на предположении об идентичности законов диффузии и теплопроводности. Математическая формулировка закона Фика в одномерном случае имеет вид классического уравнения диффузии:

$$\frac{\partial \bar{q}}{\partial t} = D_T \frac{\partial^2 \bar{q}}{\partial x^2},$$

где: D_T — коэффициент турбулентной диффузии;

\bar{q} — среднее значение концентрации вещества.

Решение этого уравнения диффузии имеет вид нормальной, или гауссовой, функции распределения. Гауссовы диффузионные модели достаточно хорошо описывают наблюдаемые концентрации частиц и их чаще всего используют на практике [2, 4].

Кроме того, при изучении атмосферной диффузии используют статический подход [1, 3]. Вместо исследования потока вещества или количества движения в фиксированной точке пространства в этом случае изучают историю движения индивидуальных частиц определяют статические свойства, необходимые для описания диффузии.

При турбулентном движении в атмосфере, в отличие от броуновского движения, наблюдается сильная автокоррелированность [9]. Простейший некоррелированный диффузионный процесс, описываемый формулой:

$$P(m, n) = \left(\frac{2}{\pi n}\right)^{1/2} \exp\left(-\frac{m^2}{2n}\right),$$

в пределе при большом n соответствует фиковской диффузии.

Для многих случаев в литературе как результат обобщения экспериментальных данных [1, 2, 4] приводятся полуэмпирические соотношения, позволяющие рассчитать концентрацию примеси в приповерхностном слое атмосферы.

Методам решения уравнений Фика присущи системные недостатки: невозможность расчета концентрационных полей в непосредственной близости от источника выбросов, отсутствие аналитических решений в конечном виде и сложность учета поглощения примеси поверхностью земли. В ряде случаев не учитывается нестационарность процессов.

Таким образом, эмпирические и статистические модели массопереноса в атмосфере, приводимые в литературе, часто носят полуэмпирический характер и представлены в виде рекомендаций к расчетам. Эти методики содержат много коэффициентов, описывающих большое количество факторов, воздействующих на миграцию, и вследствие этого сложны в применении. Статистические методы, как и полуэмпирические зависимости, не дают возможности получения решения для любой точки пространства и, как правило, имеют ограниченную по параметрам область применения.

Если обратиться к аналитическим способам расчета концентрационных полей, то прямое решение уравнения диффузии приводит

к сложным итоговым выражениям [5—9], не адаптированным для прямого инженерного применения. С другой стороны, применение аналитического подхода делает модели более гибкой к параметрам и обеспечивает значительную универсальность.

Уравнение диффузии в этом случае представляется в виде [8]:

$$V \frac{\partial m_i}{\partial x} = D_T \left(\frac{\partial^2 m_i}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 m_i}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 m_i}{\partial z^2} \right) + \frac{j_{vi}}{\rho}$$

Источник примеси заменяется на распределенный в пространстве внутренний источник:

$$j_{vi} = j_{vi0} \exp \left(-\frac{x^2 + y^2}{r_0^2} - k_1 \frac{z}{r_0} \right)$$

Следует отметить, что используемый метод внутренних источников позволяет минимизировать количество искусственных эмпирических параметров, но требует специальных знаний в области моделирования массообменных процессов.

Список литературы:

1. Бакуров А.С. Динамика радиационной обстановки на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа / А.С. Бакуров и др. // Вопросы радиационной безопасности. — 1997. — № 4. — С. 68—74.
2. Волков Э.П. Контроль загазованности атмосферы выбросами ТЭС / Э.С. Волков. — М.: Энергоатомиздат, 1986.
3. Вызова Н.Л. Рассеяние примеси в пограничном слое атмосферы / Н.Л. Вызова. — М.: Гидрометеиздат, 1974.
4. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. — Л.: Гидрометиздат, 1987.
5. Пашацкий Н.В. Инженерная экология: распространение ЗВ (аварийный выброс из трубы, взрывы) / Н.В. Пашацкий, А.В. Прохоров, В.В. Мозин // Инженерная экология. — 2001. — № 5. — С. 14—20.
6. Пашацкий Н.В. Рассеяние выбросов из производственной трубы в воздушном бассейне / Н.В. Пашацкий, А.В. Прохоров, В.В. Мозин // Инженерная экология. — 2000. — № 3. — С. 30—37.
7. Поршнева А.И. Численное исследование распространения и осаждения радиоактивных аэрозолей в контейменте при аварии на АЭС / А.И. Поршнева, В.П. Решетин // ИФЖ. — 1993. — Т. 64, № 3. — С. 363—368.

8. Прохоров А.В. Диффузионная модель распространения выбросов в атмосфере / А.В. Прохоров // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. — 2010. — № 12. — С. 61—62.
9. Прохоров А.В. Теплопроводность и массообмен в системах с приповерхностными источниками: дис. канд. техн. наук / А.В. Прохоров. — Озерск, 2003. — 122 с.
10. Рихтер А.А. Охрана водного и воздушного бассейнов от выбросов тепловых электростанций / А.А. Рихтер и др. — М.: Энергоатомиздат, 1981.
11. Стурман В.И. Природные и техногенные факторы загрязнения атмосферного воздуха российских городов / В.И. Стурман // Вестник Удмуртского университета. — 2008. — № 6—2. — С. 15—29.

«ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ – ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ»

Материалы XVIII международной заочной научно-практической
конференции

20 февраля 2013 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 04.03.13. Формат бумаги 60x84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 12,75. Тираж 550 экз.

Издательство «СибАК»
630075, г. Новосибирск, Залесского 5/1, оф. 605
E-mail: mail@sibac.info

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии «Allprint»
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3