

Тулский государственный университет
Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева
Российское химическое общество им. Д.И. Менделеева
Тулское отделение Российского химического общества им. Д.И. Менделеева
ТООО Научно-технический центр
ООО «ТУЛЬСКИЙ ДНТ»

ИННОВАЦИОННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

**ДОКЛАДЫ
VII МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

Тула
«Инновационные технологии»
2020

Инновационные наукоемкие технологии: доклады VII международной научно-практической конференции; под общ. ред. В.М. Панарина. – Тула: Инновационные технологии, 2020. – 205 с.

Настоящие материалы подготовлены по докладам участников международной научно-технической конференции «Инновационные наукоемкие технологии».

Рассмотрены вопросы подготовки магистров и специалистов в области современных наукоемких технологий и охраны окружающей среды, экологически чистые производственные технологии, химические, ресурс- и энергосберегающие технологии. Рассмотрены вопросы разработки информационных технологий и технологий пищевых производств.

Материал предназначен для научных сотрудников, инженерно-технических работников, студентов и аспирантов, занимающихся широким кругом современных проблем развития науки и технологий.

Редакционная коллегия

Академик РАН С.М. Алдошин, Академик РАН В.П. Мешалкин, д.т.н., проф. В.М. Панарин, д.т.н. А.А. Маслова, д.м.н. проф. М.Э. Соколов, к.т.н. Е.И. Вакунин, к.т.н. А.Е. Коряков, В.М. Михайловский, А.П. Метелкин.

Техническая редакция: Жукова Н.Н., Путилина Л.П.

ИННОВАЦИОННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

МОДЕРНИЗАЦИЯ УЗЛА УЧЕТА И РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА НА ВЫХОДЕ С ПОДЗЕМНОГО ГАЗОВОГО ХРАНИЛИЩА

А.И. Яппаров, Л.Х. Фокеева

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань

Аннотация. В статье была рассмотрена модернизация узла учета природного газа на базе сужающего устройства. Проведен обзор достоинств и недостатков метода переменного перепада давления. Разработан проект методики измерений на базе сужающего устройства.

Измерения расхода и количества природного газа через измерительные трубопроводы позволяют решать задачи ведения, автоматизации и оптимизации технологических процессов; рационального использования топливно-энергетических ресурсов; выполнения коммерческих взаиморасчетов. Учет и контроль использования энергоресурсов является мощнейшим стимулом к их сбережению, и важнейшая задача в данной области – обеспечение точности результатов измерений. Все вышеперечисленное в полной мере относится и к измерениям природного газа, отдаваемого на потребление населению, из подземного газового хранилища на участке подготовки и транспортировки газа на компрессорную станцию с подземного хранилища газа (далее – УППХГ), учет которого относится к сфере распространения государственного регулирования [1].

Целью данной работы является реконструкция и метрологическое обеспечение автоматизированной системы измерения количества газа на выходе природного газа с УППХГ.

В настоящее время широкое распространение получили системы измерения количества газа методом переменного перепада давления на базе стандартных сужающих устройств. Обусловлено это простотой конструкции, изготовления и монтажа, возможностью эксплуатации в широком диапазоне изменения параметров газа, таких как температура и давление [2].

Системой измерений количества природного газа называется совокупность функционально объединенных средств измерений (далее – СИ), систем обработки информации и технологического оборудования, предназначенных:

- для измерений объема природного газа в рабочих условиях;
- для измерений параметров природного газа;
- для вычисления объема природного газа, приведенного к стандартным условиям¹;

¹ Примечание. Согласно ГОСТ 2939-63 стандартными условиями считаются: температура газа +20 °С, атмосферное давление 760 мм рт. ст. и относительная влажность 0 %.

– для отображения и регистрации результатов измерений.

Для достижения целей работы были решены следующие задачи:

1. Произведен анализ технологического объекта, изучена нормативная техническая документация, произведен выбор пути решения возникших проблем в соответствии с новыми требованиями;

2. Метрологическое обеспечение, анализ существующих методов измерения объема газа и формулировка критерий, помогающих выбору оптимальных СИ, разработка метрологической документации на основе выбранных СИ и метода измерения расхода;

3. Достоверность и обоснованность полученных в работе выводов и результатов подтверждена методикой измерений в соответствии с ГОСТ 8.586.5-2005.

4. Проведены исследования по оценке относительной расширенной неопределенности измерений объемного расхода и объема природного газа, приведенных к стандартным условиям.

Решение описанных задач обеспечивает уменьшение потерь переданного и принятого газа при его транспортировании на предприятие компрессорной станций, соблюдение обязательных метрологических требований и положений 102-ФЗ [1].

Список литературы

1. Федеральный закон "Об обеспечении единства измерений" от 26.06.2008 № 102-ФЗ

2. ГОСТ 8.586.1–2005 (ИСО 5167–1:2003). Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 1. Принцип метода измерения. – Введ. 2007–01–01. – Стандартинформ, 2007. – 42 с.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ АБСОРБЦИОННО-ГАЗОФРАКЦИОНИРУЮЩЕЙ УСТАНОВКИ

А.В. Ивлев, Р.Р. Галямов, А.Ю. Шарифуллина

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет» (ФГБОУ ВО «КНИТУ»),
г. Казань

Аннотация. В статье рассмотрена абсорбционно-газофракционирующая установка. Данный процесс был проанализирован с позиции задач управления, были определены технологические параметры контроля, регулирования, защиты и сигнализации. Осуществлен выбор комплекса технических средств для автоматизации данной установки.

В настоящее время актуальными являются вопросы совершенствования организации производства с учетом «цифровизации» процесса производства и управления [1]. Целью работы является разработка системы автоматизации

абсорбционно-газофракционирующей установки для разделения смеси жирного газа и нестабильного бензина заданного качества с минимальными энергетическими и материальными затратами.

Абсорбционно-газофракционирующая установка предназначена для разделения смеси жирного газа и нестабильного бензина на сухой газ, стабильный бензин и в зависимости от потребностей на фракции углеводородов C3, C4 и C5. Получаемый на установке сухой газ должен содержать в среднем 15-25 % (об.) метана, 60-70 % (об.) этана и 10-15 % (об.) пропана. В пропановой фракции пропана должно быть не менее 96 % (об.) (марка А) или не менее 92 % (об.) (марка Б), в изобутановой изобутана не менее 95 % (об.) (марка А) или не менее 87 % (об.) (марка Б), в бутановой фракции бутана не менее 96 % (об.) (марка А) или не менее 93 % (об.) (марка Б). [2].

Процесс разделения смеси жирного газа и нестабильного бензина представлен на рис.1. Жирный газ поступает в среднюю часть фракционирующего абсорбера 3. Несколькими тарелками выше подается нестабильный бензин. Обычно в абсорбере 3 имеется 40-50 тарелок, распределенных примерно поровну между абсорбционной и десорбционной секциями.

С верха абсорбера 3 уходит сухой газ с содержанием углеводородов C3-C5 не более 10-15 % (об.). В сепараторе 4 от него отделяется конденсат, а сухой газ направляется в заводскую топливную сеть. Тепло для отпаривания углеводородов C1-C2 подается в низ абсорбера с помощью «горячей струи». Для этого продукт с низа абсорбера забирается насосом 1, проходит один поток трубчатой печи 5 и вводится в абсорбер 3 под первую ректификационную тарелку.

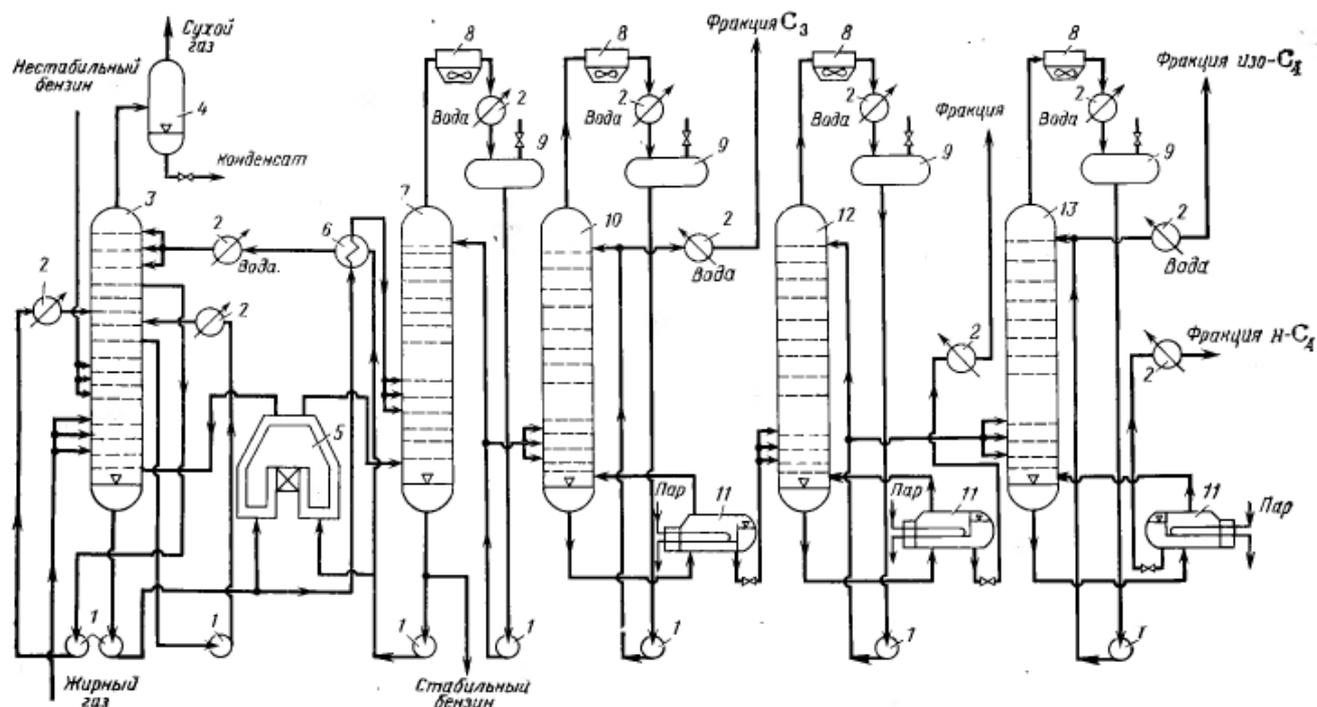


Рис.1. абсорбционно-газофракционирующая установка: 3-фракционирующий абсорбер, 4- сепаратор, 5- трубчатая печь, 6- теплообменник, 7-стабилизационная колонна, 10,12,13- ректификационная колонна

Деэтанализированный бензин, насыщенный фракциями С3-С5, после подогрева в теплообменнике 6 подается в стабилизационную колонну 7 для отделения сжиженного газа – рефлюкса (углеводороды – пропан, бутан и пентан). Пары рефлюкса (головная фракция стабилизации) с верха колонны 7, сконденсировавшись в холодильнике 2, поступают в приемник 9.

В колонне 13 отделяется изобутановая фракция; пары ее конденсируются в аппаратах 8 и 2, стекают в приемник 9 и, охладившись в холодильнике 2, направляются в товарный парк. Бутановая фракция откачивается из кипятильника 11 через холодильник 2. [3]

Результаты исследований. В качестве объекта управления при автоматизации процесса разделение смеси жирного газа и нестабильного бензина принимаем установку, состоящую из абсорбера, ректификационных колонн, теплообменников, холодильников, конденсаторов и насосов. Для разработки системы автоматизации, в начале необходимо определить технологические параметры, которые необходимо контролировать и регулировать. Затем необходимо определить параметры, которые влияют на безопасность ведения технологического процесса. Далее, с учетом большого количества характеристик и требований, осуществляется обогатанный выбор технических средств автоматизации. Для измерения состава газа в данном технологическом процессе, будем использовать хроматограф технологического газа. Сравнив приборы нескольких производителей, был выбран Rosemount 700XA фирмы Emerson [5]. Для анализа фракционной смеси в данном процессе был выбран автоматический поточный анализатор фракционного состава нефтепродуктов MicroDist™ фирмы ISL-by-PAC. Для измерения температуры, оптимальным будет являться термометр сопротивления Omnicard M TR12 компании «Endress+Hauser» [4]. Для определения такого технологического параметра как уровень, будем использовать буйковый уровнемер Сапфир-22МП-ДУ-Ех фирмы «Метран». В качестве датчика давления предлагается использовать Метран-150 [5]. Измерение расхода осуществляется кориолисовым расходомером ЭМИС-МАСС.

Проведя сравнительный анализ контроллерного оборудования различных производителей, в качестве контроллера системы управления был выбран продукт фирмы Siemens Simatic S7-400H. Параллельно с ним, для обеспечения безопасного ведения данного технологического процесса, будет использоваться система противоаварийной защиты, построенная на базе контроллера Simatic S7-400FH [6,7].

Заключение. В данной работе был выполнен глубокий анализ технологического процесса с точки зрения его автоматизации. Определены контуры регулирования, сигнализации, защиты и блокировки. Учитывая особенности технологического процесса и технические характеристики устройств автоматизации, были выбраны датчики, исполнительные механизмы, а также контроллерное оборудование. В результате была разработана система автоматизации абсорбционно-газофракционирующей установки, выполненная с учетом современных требований к автоматизации и с использованием самых современных средств управления.

Список литературы

1. Зарипова Р.С. Организация производства в условиях цифровой экономики / Р.С. Зарипова, Р.Р. Галямов, А.Ю. Шарифуллина. – Наука Красноярья, 2019. – Т.8, № 1-2. – С. 20-23.
2. Дронин А.П. Технология разделения углеводородных газов / А.П. Дронин, И.А. Пугач. - М., Химия, 1975. - 176 с.
3. Альбом технологических схем процессов переработки нефти и газа. – Под ред. Б.И.Бондаренко. – М.: Химия, 1983. – 128 с., ил.
4. Официальный сайт компании Endress+Hauser [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.ru.endress.com/ru>, свободный.
5. Официальный сайт компании Метран [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.emerson.ru/ru-ru/automation/measurement-instrumentation/metran>, свободный.
6. Каталог продукции Siemens [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://mall.industry.siemens.com/mall/ru/ru/Catalog/Products/5000131?tree=CatalogTree>, свободный
7. Рафикова Д.А. Разработка автоматизированной системы управления процессом очистки диметилдиоксана / Д.А. Рафикова, Р.Р. Галямов, А.Ю. Шарифуллина. - Научный аспект, 2019. – Т. 13, № 2. – С. 1576-1580.

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПЕПТИДОМИМЕТИКОВ НА ОСНОВЕ ПРОИЗВОДНЫХ АМИНОКИСЛОТ В КАЧЕСТВЕ АГЕНТОВ АНТИБАКТЕРИАЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

Т.Г. Бодрова, М.К. Гусева, У.А. Буданова, Ю.Л. Себякин
МИРЭА- Российский технологический университет, институт тонких
химических технологий им. М.В. Ломоносова,
г. Москва

Аннотация. Быстрое появление и распространение мультирезистентных бактерий породило острую потребность в новых антибактериальных средствах [1]. Разработана схема синтеза ряда соединений на основе триптамина и октиламина с различной длиной углеводородного радикала и содержащих в своей структуре аминокислоты и их производные.

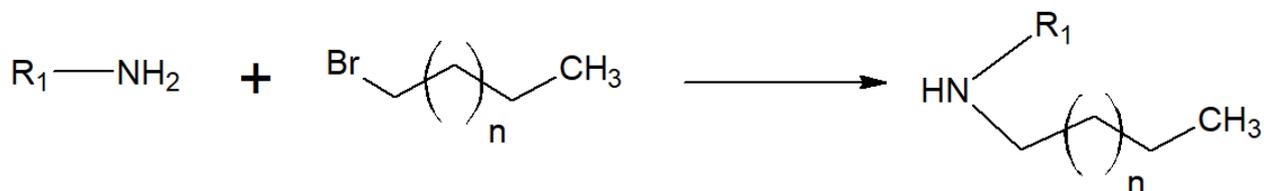
Известно, что некоторые антимикробные пептиды и липопептиды способны повреждать мембраны бактериальных клеток, тем самым вызывая их гибель [2,3].

Антибактериальная активность напрямую зависит от структуры соединения, в частности от значения гидрофильно-липофильного баланса, величина которого должна варьироваться в пределах от 4 до 8. В данном исследовании анализируется влияние различного позиционирования арильных и алкильных фрагментов относительно соединительного звена на значения ГЛБ и терапевтические свойства.

Цель работы – создание новых пептидомиметиков на основе природных аминокислот с последующим изучением зависимости «структура - свойства».

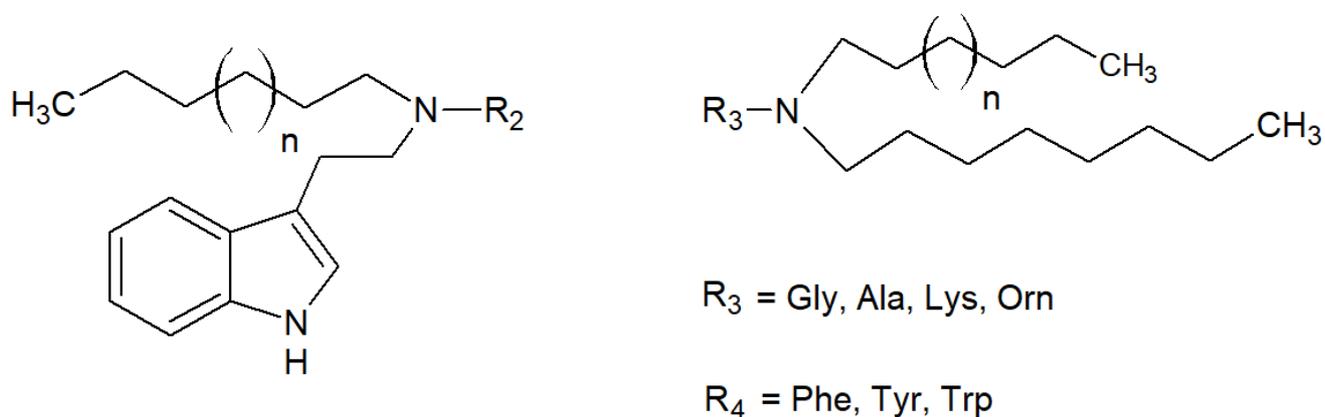
Метод получения необходимых структур основан на алкилировании аминов (схема 1). Данный способ относительно прост и позволяет быстро и эффективно осуществлять параллельный синтез сразу нескольких соединений [4].

Схема 1



В рамках работы производится синтез ряда соединений на основе триптамина и октиламина (схема 2) с различной длиной углеводородного радикала, и содержащих в своей структуре аминокислоты или их производные. При этом соблюдается следующая закономерность: если гидрофобный домен содержит ароматическое звено, то гидрофильный должен содержать алифатическую цепь и наоборот.

Схема 2



Разработанная схема синтеза позволяет получать целевые соединения с высокими выходами и в количествах, достаточных для последующих биологических испытаний.

Работа поддержана грантом Российского фонда фундаментальных исследований, грант РФФИ № 20-04-00672.

Список литературы

1. Paulsen M. H. et al. Antimicrobial activity of amphiphilic α , α -disubstituted β -amino amide derivatives against ESBL-CARBA producing multi-resistant bacteria; effect of halogenation, lipophilicity and cationic character //European journal of medicinal chemistry. – 2019. – Т. 183. – С. 111671.
2. Ghosh C. et al. Small molecular antibacterial peptoid mimics: the simpler the better! //Journal of medicinal chemistry. – 2014. – Т. 57. – №. 4. – С. 1428-1436.

3. Fjell C. D. et al. *Designing antimicrobial peptides: form follows function* // *Nature reviews Drug discovery*. – 2012. – Т. 11. – №. 1. – С. 37.

4. Li L. et al. *Combinatorial synthesis and high-throughput screening of alkyl amines for nonviral gene delivery* // *Bioconjugate chemistry*. – 2013. – Т. 24. – №. 9. – С. 1543-1551.

ОРГАНИЗАЦИЯ УДАЛЕННОГО КОНСОЛЬНОГО ДОСТУПА В АСУТП

Н.А. Гузь, Л.Х. Фокеева

Казанского национально исследовательского технологического университета,
г. Казань

Аннотация. Цель статьи заключается в рассмотрении особенностей подключения удаленного доступа к промышленным сетям. Обнаружение проблем в безопасности и передачи данных в открытой сети. Рассмотрены способы защиты данных в общедоступной сети Internet и приведены данные статистики использования компонентов АСУТП в сети Internet.

Ключевые слова: VPN, IPsec, SSL, Internet.

Введение

Наиболее ценным ресурсом для каждого предприятия и сотрудника является время. Эффективное использование этого ресурса благоприятно влияет на качество конечной продукции и рентабельность предприятия. Использование режима удаленного доступа при пуско-наладочных работах и эксплуатации автоматизированного технологического процесса является решением экономии времени и затрат специалиста предприятия. Особенно актуальна данная проблема для объектов, находящихся в труднодоступных местах.

В настоящее время практически все технологические процессы можно управлять удаленно, без присутствия человека на промышленном объекте. Но существует проблема при передаче данных в открытом виде: есть угроза атаки злоумышленников и проникновения вредоносного программного обеспечения, которая приведет к выходу из строя оборудования, экологическим катастрофам и даже человеческим жертвам. Для этого нужно использовать защищенные каналы удаленного доступа [1].

По исследованиям экспертов компании Positive Technologies в 2017 году США (31 %) занимает наибольшее число компонентов АСУТП, которые подключены к сети Internet, далее идут Германия (8 %) и Китай (5 %), Россия (менее 1 %) занимает 31 место [2]. В связи с приведенными данными Россия значительно отстает от развитых стран, поэтому данная тема заслуживает внимания.

Организация удаленного доступа

Чаще всего применяют общедоступную сеть Internet, но она не совсем безопасная. Организация удаленного доступа связано с использованием внутренней приватной сети (VPN). Для защиты данных используют специальные протоколы IPsec (Internet Protocol Security) и SSL (Secure Sockets Layer). Для

подключения к ресурсам промышленной сети через VPN применяют устойчивый к взломам режим тунелирования. Этот режим представляет собой безопасное виртуальное соединение, служащая для инкапсулирования данных одного протокола в пакеты другого [3].

Для использования протокола IPsec нужно установить и настроить на конечных устройствах специальное программное обеспечение, оно не подходит для использования при эксплуатации автоматизацией промышленного объекта.

Целью удаленного доступа при эксплуатации промышленного объекта является способность привлечения большого количества подрядчиков, которые будут задействованы при решении задач, касающиеся конкретного производителя оборудования. Так как не все пользователи технологического оборудования достаточно квалифицированы, а производители не могут держать специалистов на объектах клиента.

Сети, построенные на SSL VPN, позволяют работать через защищенное соединение при помощи обычного браузера. Для шифрования данных при обмене между устройствами используется пара ключей, а для подтверждения подлинности отправителя и отсутствия искажений в информации - сертификаты SSL. С помощью SSL можно создать соединение с любыми устройствами без установки специального клиентского ПО [4].

Реализация протоколов IPsec осуществляется на уровне сети, а SSL – на уровне приложения. Оптимально для АСУТП использовать протокол SSL, так как он является наиболее гибким. Основное преимущество реализации сети SSL VPN это простота подключения и отсутствие необходимости установки программного обеспечения.

Список литературы

1. https://www.anti-malware.ru/analytics/Threats_Analysis/remote_access.
2. <https://www.securitylab.ru/news/486148.php>.
3. <https://www.osp.ru/lan/2008/03/4870297>.
4. http://www.sovit.net/articles/technologies/ipsec_vs_ssl/.

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕКОТОРЫХ ПРИРОДНЫХ КРАСИТЕЛЕЙ

А.М. Князева, Ю.В. Королева

Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта,
г. Калининград

Аннотация. Рассмотрены спектральные характеристики водных экстрактов растительных материалов, потенциально содержащих красители органического происхождения, отвечающие за красящие свойства растения. Качественная идентификация органических красителей проводилась методом спектроскопии в ультрафиолетовой и видимой области. Для снятия спектров поглощения были подготовлены растворы растительных экстрактов с 10- и 50-кратным разведением в кислой, нейтральной и щелочной среде.

Натуральные красители охватывают широкий спектр химических классов, представителями которых являются антрахинон, индигоид, нафтохинон, каротиноид, флавоон, флавонол и антоцианидин.

Прикладные области применения натуральных красителей охватывают все сферы деятельности человека, а именно они могут использоваться в качестве экологически чистых красителей в различных важных областях благодаря их эстетической ценности, пользе для здоровья и другим характеристикам в качестве альтернативы потенциально вредным синтетическим красителям.

Цель исследования – проведение спектрального анализа растительных экстрактов методом УФ-спектроскопии, идентификация и определение компонентного состава.

Материалы и методы исследования. Объектом исследования являются измельченные и высушенные растительные материалы: кора дуба (*Quercus cortex*), корень марены красильной (*Rhizomata et radices R.*), кора крушины (*Cortex Frangulae*), плоды можжевельника (*Juniperi fructus*), плоды аронии черноплодной (*Aroniae melanocarpae fructus*), листья индигоферы красильной (*Indigofera tinctoria*), свежие плоды клубники, свежие плоды черной смородины.

Метод исследования – водная экстракция с последующей идентификацией красителей методом УФ-спектроскопии. Электронные спектры поглощения 10 и 50 кратно разбавленных растворов регистрировали в диапазоне длин волны 190-700 нм с использованием спектрофотометра Shimadzu UV-1800. Для изучения влияния кислотности среды (рН) проводили регистрацию электронных спектров поглощения экстрактов при рН 1,0 и 13,0.

Результаты и их обсуждение. На спектре поглощения водного экстракта коры дуба с 10-кратным разведением обнаруживаются полосы поглощения при 199 нм (наиболее интенсивная) и 271 нм (плечо). Согласно литературным данным [1] такое расположение полос поглощения обусловлено присутствием дубильных веществ – эллаготаннинов, обладающих сильным поглощением около 200 нм и плечом около 277 нм. Стоит отметить, в кислотной или щелочной средах эллаготанины легко гидролизуются, вследствие этого характерного поглощения для них отсутствует. Максимумы поглощения 234,00 и 272,00 нм при рН 1,0 можно отнести к присутствию в составе коры дуба фенольных соединений, а именно галловой кислоты, которые согласно литературе [2] имеет максимумы поглощения 232 и 272 нм. В щелочной среде идентификация сигналов в области 190-320 нм невозможна вследствие образующихся шумов при высокой оптической плотности раствора.

При 50-кратном разведении исходных экстрактов коры дуба интенсивность абсорбции в кислой и щелочной среде при 272 и 285 нм резко снижается, в водной среде полностью изменяется форма кривой поглощения. В нейтральной среде на спектре появляются максимумы поглощения 271,00 и 349,50 нм (плечевой пик). Такое расположение полос обусловлено присутствием в химическом составе экстракта флавоноидных соединений – флавонов и флавонолов, имеющим основные полосы поглощения при 320-380 нм (первая полоса) и при 240-270 нм (вторая полоса) [3]. На кривых поглощения в кислотной и щелочной средах наблюдается сильное поглощение около 200 нм с

точкой перегиба между 250-260 нм и слабоинтенсивный пик между 270-280 нм, что указывает на наличие конденсированных таннинов.

Электронные спектры поглощения экстракта марены красильной с 10-кратным разведением в кислой и водной средах имеют максимумы поглощения: 245 и 419 нм, которые согласно литературным данным [4] свидетельствуют о наличии антраценпроизводных – ализарина и его производных. В щелочной среде наблюдается батохромный сдвиг длинноволнового сигнала 419 нм → 495 нм, что характерно для производных пурпурина.

При 50-кратном разведении экстракта марены красильной следует отметить о выраженности максимумов поглощения на спектре поглощения в диапазоне 190-300 нм для всех значений рН. В щелочной среде максимумы поглощения 235,50 и 496,00 нм свидетельствуют о присутствии производных пурпурина в составе экстракта марены красильной. Для кривых поглощения, снятых в кислой и нейтральной среде, заметно сходство по положению максимумов поглощения: 246,50, 259,50 и 400 нм, относящиеся к наличию функциональнозамещенных производных ализарина.

Спектры поглощения экстракта коры крушины с 10-кратным разведение при различном рН в диапазоне длин волн 190-700 нм из-за сильных шумов при слишком высокой оптической плотности растворов не удастся идентифицировать, вследствие большой концентрацией экстрактивных веществ.

При 50-кратном разведении водного экстракта коры крушины спектральная картина становится более выраженной в видимой области. В нейтральной и кислой среде наблюдаются максимумы поглощения 288, 435 нм и 285, 445 нм соответственно, характерные для производных эмодина – франгула эмодин, образующийся при кислотном гидролизе франгулина А и В. В спектре щелочного раствора экстракта коры крушины появляется четкий максимум поглощения при 492,5 нм. Экспериментальное значение максимума поглощения с небольшим гипохромным сдвигом от максимума поглощения при 524 нм щелочно-аммиачного раствора франгулина А [5] указывает на определяющий вклад доминирующего соединения – франгулина А и близких к нему по структуре и спектральным характеристикам веществ в кривую светопоглощения.

Спектры поглощения растворов экстракта можжевельника обыкновенного с 10-кратным разведением в нейтральной и кислой средах имеют близкие по значению максимумы поглощения 274 и 275 нм. В щелочной среде наблюдается характерный пик с батохромными сдвигом на 14 нм (289 нм). Спектры поглощения в УФ-области с максимумами в диапазоне 230-300 нм типичны для соединений, содержащих фенольной гидроксил – катехинов ($\lambda_{\max.} = 280$ нм), при этом следует отметить, из-за образования фенолятов в щелочной среде наблюдается батохромный сдвиг максимума поглощения на спектре на 10-20 нм. Можно сделать вывод о том, что в составе водного экстракта можжевельника доминирующими веществами является соединения полиоксифенольной природы. Изменение электронных спектров водных растворов экстракта плодов можжевельника обыкновенного при 50-кратном разведении сказывается практически исключительно лишь в уменьшении интенсивности абсорбции без изменения положения и формы полосы поглощения.

Характер кривой поглощения экстракта плодов аронии черноплодной при 10-кратном разведении в кислой среде близок к спектральным характеристикам раствора цианидин-3-О-гликозида. В водном растворе обнаруживается коротковолновый максимум поглощения 280 нм. В спектре поглощения раствора с рН 1,0, удобного для определения антоцианов спектрофотометрическим методом, обнаруживаются максимумы 280 и 513 нм, которые можно отнести к присутствию в составе аронии черноплодной цианидин-3-О-гликозида [6].

Изменения в спектрах растворов при 50-кратном разбавлении в том же диапазоне рН при сопоставлении со спектрами при 10-кратном разведении заметны, но касаются в основном снижения интенсивности абсорбции, смещение максимума абсорбции не имеет принципиального значения. Можно выделить максимумы поглощения 278,50 и 513,00 нм (слабый пик) в кислой среде и 279,00 нм в нейтральной среде. В щелочной среде характерных максимумов поглощения для антоцианов не наблюдается.

На спектрах поглощения экстрактов плодов клубники в кислой и нейтральной средах имеются максимумы 278,00 и 502 нм со снижением интенсивности при повышении рН. Полученные данные отвечают спектральным характеристикам пеларгонидин-3-гликозида [7-8], длинноволновой максимум которого расположен в области 500 нм в зависимости от растворителя. В щелочной среде заметно изменяется форма полосы поглощения и появляются два максимума с длиной волны 292,00 и 343,00 нм. Такое расположение сигналов можно отнести присутствию в щелочном растворе флавоноидных соединений – флаванолов, которые обычно обнаруживают по двум полосам поглощения при 240-270 нм и 340-380 нм. Для коротковолнового максимума $\lambda = 292$ нм отмечен батохромный сдвиг от предела поглощения, по-видимому, связанный с изменением рН раствора на щелочную среду.

При 50-кратном разведении экстракта ягод клубники наблюдается сохранение положения максимумов поглощения антоцианов и флавоноидных соединений с уменьшением интенсивности абсорбции.

Заключение. Спектральный анализ коры дуба показал наличие преобладающего класса органических веществ – дубильных веществ, а именно эллаготаннинов и конденсированных танинов, обладающих сильным поглощением около 200 нм и плечом около 277 нм. Обнаружение полифенольных соединений (эллаговая, галловая кислоты) производится по максимумам поглощения 234 и 272 нм в кислой среде. Увеличение разведения исходного экстракта коры дуба способствует уменьшению интенсивности абсорбции дубильных веществ в максимуме поглощения абсорбции максимумов поглощения. В диапазоне рН положение максимумов в водной среде смещено батохромно с увеличением интенсивности сигнала, а в кислой и щелочной средах – гипохромно с уменьшением интенсивности сигнала.

По спектральным характеристикам экстракта марены красильной возможно определение доминирующих соединений, отвечающих за красящие свойства, – производных ализарина и пурпурина. Обнаружение данных соединений определяется по поглощению при 245 и 419 нм в кислой и нейтральной средах, в щелочной среде наблюдается батохромный сдвиг длинноволнового сигнала 419 нм → 495 нм. Увеличение разведения исходного

экстракта марены красильной приводит к изменениям в спектрах растворов, а именно появлению сигналов в ультрафиолетовой области, и уменьшению интенсивности абсорбции максимумов поглощения. При изменении рН растворов положение максимумов практически не изменяется.

Экспериментальные данные для экстракта коры крушины указывают на указывает на определяющий вклад доминирующего соединения – франгулина А и его производных. Влияние рН прослеживается как в изменении форм спектров поглощения, так и в химическом составе экстракта коры крушины. В нейтральной среде возможно определение франгулина А по наличию максимума поглощения при 492,5 нм. Поскольку, франгулин А может подвергаться кислотному гидролизу с образованием франгула эмодин и сахара, то на кривых поглощения в нейтральной и кислой среде наблюдаются сигналы 288, 435 нм и 288, 445 нм, характерные для соединения – франгула эмодин. Разведение исходного экстракта коры крушины влияет на спектральную картину растворов – меньшее разведение приводит к шумам из-за слишком высокой оптической плотности, 50-кратное разведение делает спектр недостаточно выраженным.

Спектральный анализ плодов можжевельника обыкновенного указывает на преобладающее содержание соединений полиоксифенольной природы – катехинов. На всех спектрах поглощения присутствует один максимум поглощения 274 нм, который в щелочной среде батохромно сдвигается на 14 нм из-за образования соответствующих фенолятов. Изменение электронных спектров растворов экстракта плодов можжевельника обыкновенного при разведении сказывается практически исключительно лишь в уменьшении интенсивности абсорбции.

В химическом составе аронии черноплодной за красящие свойства отвечают соединения антоциановой структуры. Антоциановый комплекс плодов аронии черноплодной в основном составляют гликозиды цианидина, что доказывают экспериментальные данные, указывающие на сходство характера кривой поглощения экстракта плодов аронии черноплодной в кислой среде к спектральным характеристикам подкисленного раствора цианидин-3-О-глюкозида. Изменение электронных спектров при повышении рН и большем разведении сказывается практически лишь в уменьшении интенсивности абсорбции без изменения положения и формы полосы поглощения антоцианов.

В плодах клубники среди антоциановых соединений преобладающим является пеларгонидин-3-глюкозид, отвечающий за красный цвет плодов. В водных экстрактах плодов клубники возможно обнаружение как флаваноидных соединений – флаванолов в условиях щелочной среды, так и антоцианов – перлагонидина-3-глюкозида в условиях кислой среды. Сильное поглощение в видимой области при 500 нм соответствует присутствию гликозида перлагонидина. В условиях щелочной среды по изменению формы полосы поглощения и появлению двух максимумов при 292,00 и 343,00 нм определяется наличие флаванолов.

При большем разведении экстракта ягод клубники наблюдается сохранение положения максимумов поглощения антоцианов и флаваноидных соединений с уменьшением интенсивности абсорбции. При повышении рН отмечаются изменения в формах полос поглощения, что характерно для растворов антоцианов.

Создание базы с общими описаниями свойств натуральных красителей может создать прочную основу для экстракции и идентификации на промышленном уровне, чтобы использовать их во многих прикладных областях.

Список литературы

1. Falcão L. *Vegetable tannins used in the manufacture of historic leathers* / L. Falcão, M. E. M. Araújo // *Molecules*. – 2018. – Vol. 23. – №. 5. – С. 1081.
2. Vasco C. *Phenolic compounds in ecuadorian fruits* / C. Vasco. – 2009. – Vol. 2009. – №. 54. – P. 3
3. Блажей А. *Фенольные соединения растительного происхождения* / А. Блажей, Л. Шутый. – М.: Мир, 1977. – С. 162-175.
4. Рабинович В.А. *Краткий химический справочник* / В.А. Рабинович, З.Я. Хавин. – Л.: Химия, 1977. – С. 121.
5. Куркин В.А. *Антрагликозиды коры крушины ломкой (Frangula alnus. Mill.)* // В.А. Куркин, А.А. Шмыгарева, Е.Д. Даева, В.И. Каденцев [и др.] / *Химия растительного сырья*. – 2012. – №. 1. – С. 83-86.
6. Куркин В.А. *Стандартизация плодов аронии черноплодной* // В.А. Куркин, А.В. Егорова / *Фармация*. – 2012. – №. 7. – С. 10-13.
7. Fouda T. et al. *Prediction of strawberry chemical composition by imaging analysis processes* // T. Fouda, A. Elmetwalli, S. Salah / *Papers: Management, Economic Engineering in Agriculture & Rural Development*. – 2017. – Vol. 17. – №. 1. – P. 209-214.
8. Yoshida Y. *Color and anthocyanin composition of strawberry fruit: Changes during fruit development and differences among cultivars, with special reference to the occurrence of pelargonidin 3-malonylglucoside* // Y. Yoshida, N. Koyama, H. Tamura / *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. – 2002. – Vol. 71. – №. 3. – P. 355-361.

ОСОБЕННОСТИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА УЗЛЕ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Ю.Д. Билалова, Н.Н. Умарова

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань

Аннотация. В данной статье рассмотрено метрологическое обеспечение узла измерений объема газа. Перечислены основные задачи, решение которых при проектировании узла измерений обеспечат требуемые показатели точности измерений объема газа.

В настоящее время природный газ – основной вид энергоресурсов, используемых в промышленности России. Основной энергобаланс страны базируется на углеводородном топливе: газ, уголь, нефть составляют 90 % общего объема. Причём в последние годы прослеживаются тенденции уменьшения добычи нефти и угля. Доля газа, согласно прогнозным оценкам, будет увеличиваться до 2050 года и составит около 50 %. Эти факторы

сказываются на повышении внимания к этому виду энергоресурсов и энергосбережение становится все более важной, а также из-за их растущих цен и экологических проблем, крайне важно иметь надежные данные измерений различных энергообразующих веществ в производственных процессах [1].

Для правильного определения объема природного газа необходимо также измерять давление и температуру.

Целью данной работы являлся анализ направлений, перспектив развития измерительных технологий, разработка метрологического обеспечения проекта узла измерения объема и методики измерений для обеспечения единства и требуемой точности в процессе эксплуатации.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

1. Проведен анализ новых методов и средств измерений. Изучены данные по методам и средствам измерений для измерения газа. С целью выявления достоинств и недостатков проанализирована полученная информация и обоснован выбор оптимального метода и оборудования для измерений расхода газа. Благодаря функциональным преимуществам, точности и надежности в эксплуатации, выбран ультразвуковой расходомер, который в настоящее время широко используется для измерений объема газа в различных отраслях.

2. Проведены расчеты и нормирование метрологических характеристик средств измерений и измерительных каналов в рабочих условиях.

3. Подобраны эталоны величин давления, температуры и т.д. для калибровки и поверки средств измерений во время эксплуатации.

4. Разработан проект методики измерений объема газа на базе ультразвукового расходомера. Достоверность и обоснованность результатов подтверждена методикой измерений в соответствии с ГОСТ 8.611-2013.

5. Проведены теоретические исследования по оценке относительной расширенной неопределенности измерений объемного расхода и объема природного газа, приведенных к стандартным условиям.

Решение описанных задач обеспечивает обеспечение положений 102-ФЗ и обязательных метрологических требований.

Список литературы

1. *Об Энергетической стратегии России на период до 2030 года: распоряжение Правительства РФ от 13.11.2009 №1715-р // Собрание законодательства РФ. 2009. № 48. Ст.5836.*

ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ПРИВОД

К.О. Мурский

Ульяновский государственный технический университет,
г. Ульяновск

Аннотация. В работе рассмотрено понятие электрогидравлического привода, его применение, а также представлен его принцип работы. Приведено краткое сравнение отечественных и зарубежных систем управления электрогидропривода.

Гидравлический привод получил большое распространение. В настоящее время гидрофицированы следующие механизмы: рулевые машины, якорно-швартовные механизмы, грузоподъемные краны и лебедки, люковые закрытия. Большинство этих механизмов в качестве двигателя, приводящего во вращение насос (т.е. являющегося источником механической энергии) используют электродвигатель. Включение, выключение, регулирование скорости и изменение направления вращения большинства перечисленных механизмов производится также при помощи электрических аппаратов.

Электрогидравлический привод – привод, в котором рабочий орган приводится в действие гидродвигателем вращательного или поступательного действия. Подача рабочей жидкости производится насосом. Источником энергии для вращения насоса является электродвигатель, работающий, как правило, с неизменной частотой вращения в одном направлении. Изменение направления вращения, регулирование скорости производится гидравлической аппаратурой с электрическим управлением.

В общих чертах, передача мощности в гидроприводе происходит следующим образом: электродвигатель передаёт вращающий момент на вал насоса, который сообщает энергию рабочей жидкости. Рабочая жидкость по гидролиниям через регулируемую аппаратуру поступает в гидродвигатель, где гидравлическая энергия преобразуется в механическую. После этого рабочая жидкость по гидролиниям возвращается либо в бак, либо непосредственно к насосу.

В настоящее время для управления пропорциональными электрогидравлическими приводами используются системы управления как отечественного, так и зарубежного производства. Наиболее распространенным является схемотехническое решение на основе широтно-импульсного модулятора (ШИМ), который в зависимости от сигнала управления формирует ШИМ-сигналы, определяющие управление электрогидравлическим приводом. Известные отечественные аналоги построены на устаревшей элементной базе, используют устаревшие алгоритмы управления и не могут отвечать в полной мере современным требованиям, предъявляемым к электрогидравлическим приводам. Зарубежные аналоги значительно превосходят в цене разрабатываемое устройство. Поэтому возникает необходимость создания новых схемотехнических решений и алгоритмов для реализации системы управления электрогидравлическим приводом с более высокими техникоэкономическими параметрами по сравнению с конкурентами.

Современные исследования систем автоматического управления электрогидравлическим приводом заключаются в поиске новых схемотехнических решений и алгоритмов формирования сигналов управления с целью повышения качества динамических характеристик привода. Перспективными являются исследования в области разработки схем и алгоритмов работы систем управления электрогидравлическим приводом, обеспечивающих расширение диапазона регулирования и снижение неравномерности движения электрогидравлического привода.

Список литературы

1. Доманов В.И. Разработка и исследование систем управления током электрической дуги / В.И. Доманов, А.В. Доманов, К.Е. Карпухин, А.В. Мишин. – Ульяновск: УлГТУ, 2018. – 242 с.
2. <https://mylektsii.ru/14-35847.html>

О РОЛИ АЗОТОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ, НОСИТЕЛЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ В ГИДРОГЕНОЛИЗЕ ДБТ НА $Ni_6Mo_xW_{12-x}/Al_2O_3$ КАТАЛИЗАТОРАХ

Н.М. Максимов, А.В. Моисеев, П.С. Солманов, Н.Н. Томина,
А.А. Пимерзин, С.П. Веревкин
Самарский государственный технический университет,
г. Самара

Аннотация. В работе проведено исследование влияния хинолина на активность катализаторов в реакциях гидродесульфуризации дибензотиофена при различных температурах процесса гидроочистки. Показано, что носитель катализатор выполняет функции катализатора гидрирования хинолина до тетрагидрохинолина. Показано, что хинолин играет роль носителя водорода, транспортирующего агента в каталитической системе и, таким образом, ускоряет реакцию гидродесульфуризации ДБТ при низких температурах процесса.

Процесс глубокой гидроочистки включает химические превращения сера-, азоторганических соединений и реакции глубокого гидрирования полициклических ароматических углеводородов. Реакции гидродесульфуризации (ГДС) наиболее важны. Следовательно, крайне актуальным является понимание того, как зависят результаты ГДС от условий в реакционной системе. Значительное число работ посвящено исследованию эффектов ингибирования основными азоторганическими соединениями и ароматическими углеводородами реакции ГДС ДБТ [1]. Но крайне мало исследований проводится при условиях, отличающихся от промышленных.

Методом пропитки носителя ($S_{уд} = 345 \text{ м}^2/\text{г}$, $R_{эфф.} = 55 \text{ \AA}$, $V_{уд} = 0,518 \text{ г/см}^3$) совместным водным раствором предшественников активной фазы была синтезирована серия $Ni_6Mo_xW_{12-x}/Al_2O_3$ катализаторов (обозначены как $Ni_6Mo_xW_{12-x}$) с различным соотношением Mo/W (2/10; 4/8; 6/6; 8/4; 10/2) и два образца сравнения Ni_6Mo_{12}/Al_2O_3 и Ni_6W_{12}/Al_2O_3 (обозначены Ni_6Mo_{12} и Ni_6W_{12}). Для всех образцов выдерживалось суммарное мольное содержание Mo и W . Газофазное сульфидирование выполнено непосредственно в реакторе в токе водород/сероводород (30/70 % об.) при 500°C в течении 2 часов. Каталитическая активность образцов определена в реакции гидродесульфуризации ДБТ (температуры 260 и 280°C , $ОСПС = 20 \text{ ч}^{-1}$, давление 3,0 МПа, соотношение $H_2/\text{сырье} = 500/1 \text{ нм}^3/\text{м}^3 \text{ сырья}$) на модельных смесях МС-1 и МС-2 (таблица). Активность катализаторов оценивалась с помощью констант скорости реакции, рассчитанных для маршрута прямой гидродесульфуризации (модель реакции псевдопервого порядка) (рис. 1).

Наибольшую активность в реакциях ГДС проявили $\text{Ni}_6\text{Mo}_6\text{W}_6/\text{Al}_2\text{O}_3$ и $\text{Ni}_6\text{Mo}_{12}/\text{Al}_2\text{O}_3$ катализаторы. Эти же образцы продемонстрировали наибольший отклик на изменение температуры. При переходе к системе, состоящей из хинолина и ДБТ в растворителе наблюдается изменение ряда активностей катализаторов, при этом наиболее активными становятся образцы $\text{Ni}_6\text{Mo}_4\text{W}_8$, $\text{Ni}_6\text{Mo}_6\text{W}_6$. Введение хинолина привело к снижению гидродесульфуризующей активности при 280°C , при этом все значения активности выросли при 260°C . Полученные данные согласуются с результатами, представленными в работе [2], однако интерпретация наблюдаемых эффектов проведена не была.

Состав модельных смесей

Модельная смесь (МС)	Растворитель	Содержание гетероэлементов (млн^{-1}) и соединений, % масс.		
		Додекан	Сера	Азот
1	толуол	1,0	ДБТ, (1500)	-
2	толуол	1,0	ДБТ, (1500)	Хинолин, (400)
3	толуол	1,0	ДБТ, (1500)	Тетрагидрохинолин, (400)
4	толуол	1,0	ДМДС, (1500)	Хинолин, (400)

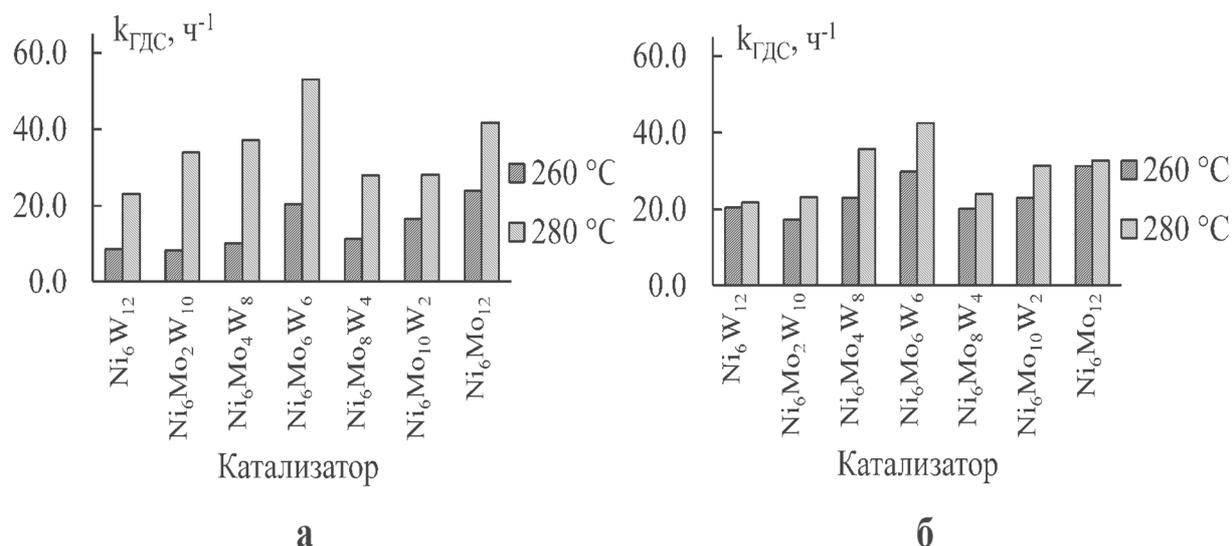


Рис. 1. Константы скорости реакций гидродесульфуризации ДБТ в модельных системах: а – МС-1, б – МС-2. Температуры процесса 260 и 280°C , ОСПС = 20 ч^{-1} , $P = 3,0\text{ МПа}$

В исследовании [3] авторы показали, что пиперидин способен дегидрироваться с образованием как тетрагидропиридина, так и пиридина. Практически это означает, что гидрированная форма хинолина, как гетероаналог пиридина, способна выделять водород в процессе реакции на поверхности катализатора.

Для подтверждения этой гипотезы были выполнены эксперименты на МС-3 в отсутствие водорода при атмосферном давлении и температуре 260°C , ОСПС = 20 ч^{-1} . Наблюдался гидрогенолиз ДБТ с образованием продуктов гидрогенолиза и дегидрирование тетрагидрохинолина (рис. 2).

Роль температуры и концентрации азоторганических соединений в системе может быть объяснена следующим образом. Для ароматических систем авторы

[4] показали возможность взаимодействия π -сопряженной электронной системы ароматических колец с гидроксильными группами на поверхности оксида алюминия. Следует отметить, что данное взаимодействие даже для бензола приводит к искажению плоскости симметрии молекулы и может реализовываться при температурах до 300 °С. Очевидно, что для более конденсированных молекул такого рода взаимодействия так же не исключаются.

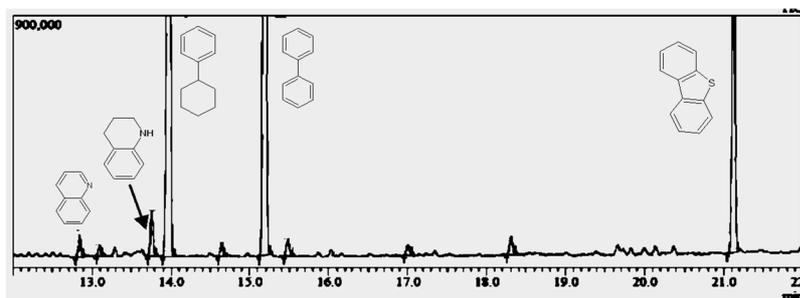


Рис. 2. Состав продуктов реакции системы ДБТ-тетрагидрохиолин на $\text{Ni}_6\text{PMo}_6\text{W}_6$ катализаторе, $t = 260^\circ\text{C}$, $P = 0,1 \text{ МПа}$, $\text{ОСПС} = 20 \text{ ч}^{-1}$

Известно, что анилин, пиридин, хиолин, подавляют стадию гидрирования за счет снижения подвижности SH-групп и числа вакансий [5]. Учитывая, что электронные эффекты на сульфидных фазах способны проявляться при модифицировании носителя [6,7], то подвижность SH-групп будет меняться не только для активной фазы, но и для самого носителя. Таким образом, введение в систему хиолина (основания) приведет к снижению подвижности сульфогидрильных групп не только на поверхности сульфидных фаз, но и на поверхности самого носителя.

В процессе гидроочистки новые порции хиолина вытесняют тетрагидрохиолин с центров гидрирования. Поскольку адсорбированный хиолин и тетрагидрохиолин снижают подвижность SH-групп, то продукты гидрирования хиолина при температурах выше 280-300 °С не могут мигрировать непосредственно по поверхности носителя, т.е. не реализуют спilloвер в виде богатой водородом формы азоторганического соединения, хотя гипотетическая возможность такого способа переноса азоторганических соединений рассматривается в [8].

Большинство исследований гидродеазотирования, как было показано в [9], проводятся при температурах в реакционной зоне выше 300 °С, при которой вероятность быстрой десорбции тетрагидрохиолина, существенно выше, чем вероятность его миграции к активной фазе. Данная особенность проведения процесса так же объясняет наличие достаточно малого числа публикаций, где наблюдался бы данный эффект.

Из литературных данных известно, что для азоторганических соединений проявляются эффекты сильного ингибирования и самоингибирования при следующих концентрациях: индол (менее $22\text{-}28 \text{ млн}^{-1}$ на азот) [10, 11], карбазол (до 50 млн^{-1} на азот) [12], акридин (до 20 млн^{-1} на азот) [13]. Наблюдаемые эффекты, по-видимому, необходимо интерпретировать следующим образом: при низкой концентрации азоторганического соединения и температурах выше 300°C происходит гидрирование соединения и его десорбция, поскольку SH-группы носителя малоподвижны и не позволяют реализовать спilloвер по льюисовским

кислотным центрам, спilloвер по сульфогидрильным группам затруднен из-за повышенной температуры. При увеличении концентрации число молекул в гидрированной форме растет, а, следовательно, статистически увеличивается вероятность их переноса к сульфидной фазе на поверхности катализатора. Таким образом, наблюдаемые эффекты самоингибирования согласуются с предлагаемым объяснением роли хинолина в гидродесульфуризации ДБТ при разных температурах.

С целью исследования возможности гидрирования хинолина непосредственно на носителе и носителе, модифицированном P_2O_5 , был дополнительно проведен эксперимент на МС-4 (рис. 3).

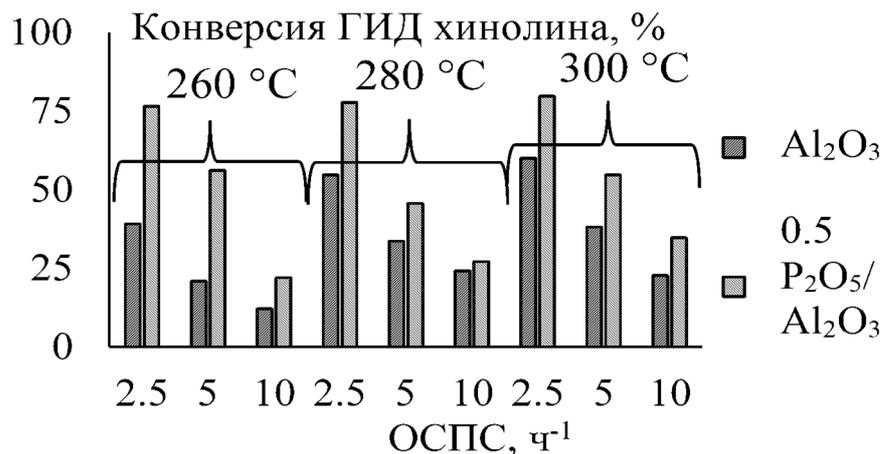


Рис. 3. Гидрирование хинолина на алюмооксидном носителе и носителе, модифицированном 0,5 % масс. P_2O_5 (МС-3)

Как следует из представленного графика, конверсия хинолина в реакции гидрирования на чистом оксиде алюминия в присутствии ДМДС находится на уровне от 12 до 75 % в зависимости от температуры, ОСПС и используемого типа носителя. Для носителя, модифицированного фосфором, конверсия хинолина в присутствии ДМДС выше в среднем на 25-40 %. Повышение температуры уменьшает данную разницу. Увеличение ОСПС закономерно и пропорционально уменьшает конверсию хинолина.

Влияние хинолина на ГДС активность катализаторов различна при низких и высоких температурах процесса гидроочистки. Данное явление объясняется с точки зрения различных адсорбированных форм и благоприятных условий их переноса по поверхности носителя. Концентрационная составляющая определяет вероятность переноса богатой водородом формы хинолина от центров гидрирования носителя к активной фазе сульфидных катализаторов. Носитель катализатор выполняет функции катализатора гидрирования хинолина до тетрагидрохинолина, таким образом, от текстурных и кислотных характеристик носителя катализатора зависит эффективность генерирования богатых водородом форм хинолина и их последующий эффективный перенос к активной фазе катализатора. Начиная с низких температур хинолин полностью превращается в тетрагидрохинолин, который играет роль носителя водорода, транспортирующего агента в каталитической системе и таким образом ускоряет реакцию гидродесульфуризации ДБТ при низких температурах.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ. Проект № 14.Z50.31.0038 от 20.02.2017 (решение Правительства Российской Федерации № 220).

Список литературы

1. Topsøe H. *Hydrotreating catalysis* / H. Topsøe, B.S. Clausen, F.E. Massoth / *Science and technology*, Berlin, Heidelberg, New York: Springer – Verlag, 1996. – Vol. 11. – 310 p.
2. Сальников В.А. Каталитические свойства сульфидов переходных металлов, полученных из гетерополисоединений типа Андерсона, в реакциях гидрирования, гидрообессеривания и гидродеазотирования / В.А. Сальников, П.А. Никольшин, А.А. Пимерзин. – *Нефтехимия*, 2013. – Т. 53. – № 4. – С. 267-279.
3. Ouafi D. IR study of adsorbed piperidine dehydrogenation on oxidic or sulfided Ni-W/Al₂O₃ catalysts / D. Ouafi, F. Maug, J.C. Duchet [et. al.]. – *React. Kinet. Catal. Lett.*, 1989. – Vol. 38. – № 1. – P. 95-101.
4. Киселев А.В. Инфракрасные спектры поверхностных соединений / А.В. Киселев, В.И. Лыгин. – М.: Наука, 1972. – 340 с.
5. Kogan V.M. Radioisotopic study of (Co)Mo/Al₂O₃ sulfide catalysts for HDS Part III. Poisoning by N-containing compounds / V.M. Kogan, R.G. Gaziev, S.W. Lee [et. al.]. – *Appl. Catal.*, 2003. – V. 251. – P. 187-198.
6. Solmanov P.S. NiMoW/P-Al₂O₃ four-component catalysts with different Mo:W molar ratios and P₂O₅ contents: the effect of the composition and active phase morphology on the catalytic activity / P.S. Solmanov, N.M. Maksimov, N.N. Tomina [et. al.]. – *React. Kinet. Catal. Lett.*, 2020. – V. 129. – № 1. – P. 253-264.
7. Mey D. HDS of a model FCC gasoline over a sulfided CoMo/Al₂O₃ catalyst: Effect of the addition of potassium / D. Mey, S. Brunet, C. Canaff [et. al.]. – *J. Catal.*, 2004. – Vol. 227. – P. 436-447.
8. Klimov O.V. CoMo/Al₂O₃ hydrotreating catalysts of diesel fuel with improved hydrodenitrogenation activity / O.V. Klimov, K.A. Nadeina, Yu.V. Vatutina [et. al.]. – *Catal. Tod.*, 2018. – V. 307. – P. 73-83.
9. Максимов Н.М. Гидрогенолиз и гидрирование компонентов средних нефтяных дистиллятов в присутствии Co(Ni)₆-XMo₁₂/γ-Al₂O₃ катализаторов. / Н.М. Максимов / Дисс. ... к.х.н. Самара, 2011. – 161 с.
10. Laredo G.C. Self-inhibition observed during indole and o-ethylaniline hydrogenation in the presence of dibenzothiophene / G.C. Laredo, E. Altamirano, J.A. De los Reyes / *Appl. Catal.*, 2003. – V. 242. – P. 311-320.
11. Laredo G.C. Inhibition effects of nitrogen compounds on the hydrodesulfurization of dibenzothiophene: Part 2 / G.C. Laredo, E. Altamirano, Antonio De los Reyes J. / *Appl. Catal.*, 2003. – V. 243. – P. 207-214.
12. Laredo G.C. Inhibition effects observed between dibenzothiophene and carbazole during the hydrotreating process / G.C. Laredo, A. Montesinos, Antonio De los Reyes J. / *Appl. Catal.*, 2004. – V. 265. – P. 171-183.
13. Rabarihoela-Rakotovaov. Effect of acridine and of octahydroacridine on the HDS of 4,6-dimethyldibenzothiophene catalyzed by sulfided NiMoP/Al₂O₃ / V. Rabarihoela-Rakotovaov, S. Brunet, G. Berhault [et. al.] / *Appl. Catal.*, 2004. – V. 267. – P. 17-25.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА И МОРФОЛОГИИ P-Ni-Mo-W/Al₂O₃ СИСТЕМ НА ИХ КАТАЛИТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ

П.С. Солманов, Н.М. Максимов, А.В. Моисеев, Н.Н. Томина,
А.А. Пимерзин, С.П. Веревкин
Самарский государственный технический университет,
г. Самара

***Аннотация.** В работе проведено исследование влияния состава и морфологии NiPMoW/Al₂O₃ систем на активность катализаторов в реакциях гидродесульфуризации дибензотиофена и гидрирования нафталина. Показано, что каталитическая активность образцов зависит от морфологии активной фазы и содержания модификатора. Установлено, что модификатор оказывает влияние на электронное состояние активной фазы и, тем самым, способен изменять ее каталитическую активность, обсуждаются причины данного явления.*

Модифицирование поверхности носителя катализаторов гидроочистки с помощью фосфора является одним из способов повышения каталитической активности, который известен достаточно длительное время [1]. Следует отметить, что в большинстве случаев модифицирование сочеталось с использованием традиционных предшественников Mo(W)S₂ и Co(Ni)_s сульфидных фаз – парамолибдата и паравольфрамата аммония и нитратов Co и Ni [2]. Практически отсутствуют работы, где модифицирование носителя фосфором сочеталось бы с использованием гетерополикислот (ГПК) Mo и/или W в качестве предшественников активной фазы.

Были синтезированы образцы NiPMoW/Al₂O₃ катализаторов с различными соотношениями Mo/W (содержащие только Mo или W и с мольными отношениями Mo/W = 2:1, 1:1, 1:2) и различным содержанием P₂O₅ (0,0; 0,5; 1,0; 2,0; 5,0 % масс.). В качестве предшественников активной фазы использовали H₃PMo₁₂O₄₀·nH₂O, H₃PW₁₂O₄₀·nH₂O и цитрат никеля. Каталитическая активность образцов исследовалась в реакторе со стационарным слоем катализатора при следующих условиях: температура 275 °С, ОСПС = 60 ч⁻¹, давление 3,0 МПа, соотношение H₂/сырье = 300/1 нм³/м³ сырья. Исследования выполнены на модельных смесях (МС): 1) дибензотиофен (ДБТ) (0,3 % масс.) в толуоле (МС-1); 2) ДБТ (0,3 % масс.), нафталин (1,5 % масс.), хинолин (0,05 % масс.) в толуоле (МС-2). Активность катализаторов оценена с помощью констант скорости реакции гидродесульфуризации по прямому маршруту и гидрирования нафталина (псевдопервый порядок реакции).

Каталитические свойства NiPMoW/Al₂O₃ катализаторов

P ₂ O ₅ /Mo:W	k _{гдс} , ч ⁻¹ (МС-1)					k _{гид} , ч ⁻¹ (МС-2)				
	0,0	0,5	1,0	2,0	5,0	0,0	0,5	1,0	2,0	5,0
Mo	-	12,6	-	43,3	-	-	1,46	-	1,89	-
2:1	-	16,2	-	37,2	-	-	1,40	-	1,58	-
1:1	29,4	34,7	54,4	48,3	27,7	1,21	1,58	2,2	1,89	1,46
1:2	16,4	19,6	20,1	18,4	27,8	1,27	0,79	1,4	1,27	1,83
W	-	14,0	-	20,2	-	-	0,85	-	0,79	-

Характер изменения каталитической активности образцов в реакциях гидрогенолиза ДБТ и гидрирования нафталина носит экстремальный характер с максимумом каталитической активности для образцов с мольным отношением $Mo/W = 1/1$ и содержанием P_2O_5 равным 1,0 и 2,0 % масс.

Состав поверхности катализаторов был исследован методом РФЭС, результаты исследования представлены на рисунке 1.

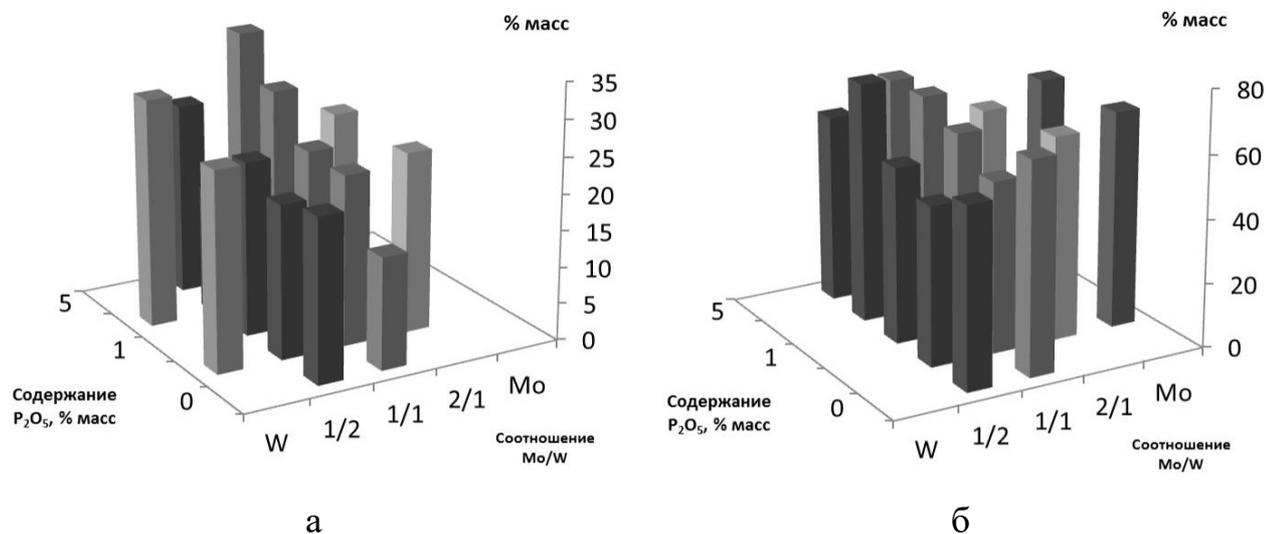


Рис. 1. Содержание W-S (а) и Mo-S (б) атомных групп на поверхности сульфидированного NiPMoW/Al₂O₃ катализатора

Показано, что содержание W-S групп возрастает с увеличением содержания фосфора в носителе и с увеличением доли вольфрама в соотношении Mo/W (рис. 1а), для Mo-S атомных групп наблюдался локальный минимум для образца с содержанием P_2O_5 0,5 % масс. и мольным отношением $Mo/W = 1/2$ (рис. 1б).

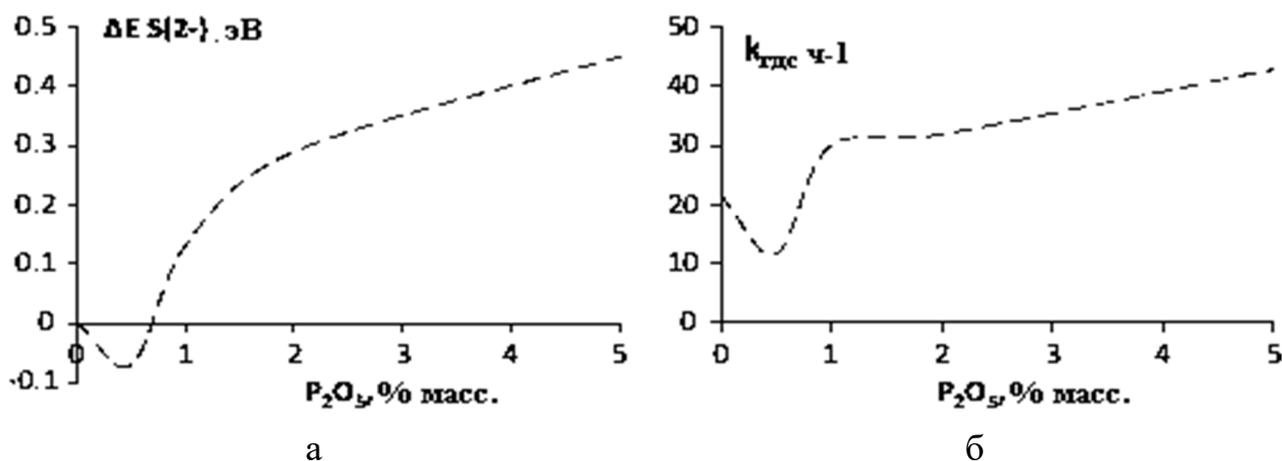


Рис. 2. Гибсохромный сдвиг максимума энергии атомной группы S(2-) по данным РФЭС в серии катализаторов с мольным отношением $Mo/W = 1/2$ (а), константа скорости реакций гидродесульфуризации ДБТ (б) в зависимости от содержания P_2O_5 в носителе

Для объяснения наблюдаемого минимума активности были проанализированы положения максимумов энергии связи различных атомных групп в серии катализаторов с мольным отношением $Mo:W = 1:2$. Найден

систематический гибсохромный сдвиг для максимумов энергий групп S(2-). Значение сдвига рассчитывалось как разность значения энергии максимума пика на графике деконволюции образца и энергии максимума пика на графике деконволюции немодифицированного образца. Полученная кривая зависимости гибсохромного сдвига от содержания оксида фосфора в носителе представлена на рисунке 2а.

Сравнение формы кривой гибсохромного сдвига с формой аппроксимирующей кривой зависимости каталитической активности образцов в реакции гидродесульфуризации от содержания оксида фосфора в носителе, полученной в [3], приводят к заключению, что существует зависимость электронного состояния активной фазы и концентрации фосфора на поверхности носителя. Данное заключение согласуется с выводами [4]. Модифицирование носителя фосфором, как более электроотрицательным элементом, чем Mo, W и Ni, приводит к смещению электронных плотностей атомов молибдена и серы к более электроотрицательным атомам фосфора, что, в конечном счете, приводит к образованию более электрондефицитной активной фазы. Таким образом, содержание фосфора определяет электрондефицитность активной фазы и ее каталитическую активность в реакциях гидродесульфуризации. Данное положение согласуется с заключением [5], в котором было показано, что ключевым фактором реакционной способности сераорганических соединений в реакции гидродесульфуризации является их сродство к протону, т.е. с одной стороны более активной является электрондефицитная активная фаза, а с другой стороны – более реакционноспособными сераорганические соединения с высокой электронной плотностью на атоме серы. В этом случае минимум каталитической активности должен наблюдаться как раз для минимальной концентрации оксида фосфора (около 0,5 % масс.)

Данное явление также может быть связано с проводимостью поверхностного слоя носителя, который при введении первых порций фосфорной кислоты, ее утрачивает из-за связывания подвижных OH(SH)-групп, что приводит к снижению числа единиц проводимости в начале модифицирования. В дальнейшем, при увеличении количества фосфорной кислоты, происходит формирование ей своих собственных OH-групп, что приводит к дальнейшему росту проводимости поверхностного слоя носителя. Данная гипотеза находится в согласии с результатами исследования [6], в котором образцы, имеющие большую электрическую проводимость, продемонстрировали более высокую каталитическую активность. Наличие единиц проводимости может способствовать как спилловеру водорода по поверхности фосфата алюминия [7, 8], так и переносу соединений азота [9] или ароматических углеводородов, способных выступать в качестве носителей водорода и его генераторов in-situ. В любом случае, каталитическая активность исследованных систем зависит от электронного состояния S(2-) атомных групп, которое определяет их подвижность и способность легко образовывать SH-группы с умеренной кислотностью на ребрах сульфидных плит [10]. Более легкое формирование SH-групп и увеличение их подвижности с увеличением электронодефицитности активной фазы также находится в согласии с ранее полученными результатами [11, 12] в исследовании образцов методом

температурно-программируемого восстановления. Детальный механизм переноса электронной плотности требует дополнительных исследований, поскольку перенос заряда по системам связей оксидных мостиков носителя не может быть в полной мере применим к катализаторам гидроочистки при полном их сульфидировании в силу отсутствия химических связей «носитель-активная фаза». Следовательно, можно рассматривать варианты переноса заряда по носителю (спилловер положительно заряженных частиц, например, протонов или отрицательно заряженных частиц, например, соединений азота, в том числе в богатой водородом форме) [13] и индукционные эффекты в случае взаимодействия активной фазы и носителя катализатора [14], порядок дальнего действия и влияние морфологии фазы для которых предстоит еще только выяснить.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ. Проект № 14.Z50.31.0038 от 20.02.2017 (решение Правительства Российской Федерации № 220).

Список литературы

1. *Topsøe H. Hydrotreating catalysis / H. Topsøe, B.S. Clausen, F.E. Massoth / Science and technology, Berlin, Heidelberg, New York: Springer – Verlag, 1996. – Vol. 11. – 310 p.*
2. *Sigurdson S. Phosphorus promoted trimetallic NiMoW/ γ -Al₂O₃ sulfide catalysts in gas oil hydrotreating / S. Sigurdson, V. Sundaramurthy, A.K. Dalai [et.al.] / J. Mol. Catal. A: Chemical, 2008. – V. 291. – P. 30-37.*
3. *Томина Н.Н. Гидроочистка вакуумного газойля на модифицированных Ni–Mo/Al₂O₃-катализаторах / Н.Н. Томина, Н.М. Максимов, П.С. Солманов [и др.]. – Нефтехимия, 2016. – Т. 56. – №5. – С. 527-534.*
4. *Nguyen M.T. Use of kinetic modeling for investigating support acidity effects of NiMo sulfide catalysts on quinoline hydrodenitrogenation / M.T. Nguyen, M. Tayakout-Fayolle, F. Chainet [et. al.] / Appl. Catal. A, 2017. – V. 530. – P. 132-144.*
5. *Garcia-Cruz I. Proton affinity of S-containing aromatic compounds: implications for crude oil hydrodesulfurization / I. Garcia-Cruz, D. Valencia, T. Klimova [et. al.] / J. Mol. Catal. A, 2008. – V. 281. – P. 79-84.*
6. *Харченко Ю.В. Анализ активности катализаторов гидроочистки нефтяных фракций на основе электронной теории катализа. / Ю.В. Харченко, Р.К. Насиров / Химия и технология топлив и масел, 1997. – № 2(482). – С. 26-28.*
7. *Baeza P. Spillover hydrogen mobility during Co–Mo catalyzed HDS in industrial-like conditions / P. Baeza, M. Villarroel, P. Evila [et. al.] / Appl. Catal. A, 2006. – V. 304. – P.109-115.*
8. *Villarroel M. Phosphorus effect on Co//Mo and Ni//Mo synergism in hydrodesulphurization catalysts / M. Villarroel, P. Baeza, F. Gracia [et. al.] / Appl. Catal. A, 2009. – V. 364. – P. 75-79.*
9. *Klimov O.V. CoMo/Al₂O₃ hydrotreating catalysts of diesel fuel with improved hydrodenitrogenation activity / O.V. Klimov, K.A. Nadeina, Yu.V. Vatutina [et. al.] / Catal Today, 2018. – V. 307. – P. 73-83.*

10. Gutierrez O.Y. Ring opening of 1,2,3,4-tetrahydroquinoline and decahydroquinoline on $\text{MoS}_2/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ and $\text{Ni-MoS}_2/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ / O.Y. Gutierrez, A. Hrabar, J. Hein [et. al.] / *J. Catal.*, 2012. – V. 295. – P. 155-168.

11. Kaluza L. High-activity MgO-supported CoMo hydrodesulfurization catalysts prepared by non-aqueous impregnation / L. Kaluza, D. Gulkov, Z. Vit [et. al.] / *Appl Catal B*, 2015. – V. 162. – P. 430-436.

12. Afanasiev P. Calculation of MoS_2 slabs morphology descriptors from transmission electron microscopy data revisited. Case study of the influence of citric acid and treatment conditions on the properties of $\text{MoS}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ / P. Afanasiev / *Appl. Catal. A*, 2017. – V. 529. – P. 10-19.

13. Han W. Effects of the support Bronsted acidity on the hydrodesulfurization and hydrodenitrogenation activity of sulfided $\text{NiMo}/\text{Al}_2\text{O}_3$ catalysts / W. Han, H. Nie, X. Long [et. al.] / *Catal. Tod.*, 2017. – V. 292. – P. 58-66.

14. Arrouvel C. A density functional theory comparison of anatase (TiO_2)- and $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ -supported MoS_2 catalysts / C. Arrouvel, M. Breysse, H. Toulhoat, [et. al.] / *J. Catal.*, 2005. – V. 232. – P. 161-178.

НОВЫЕ ГЛИКОЛИПИДЫ ДЛЯ НАПРАВЛЕННОЙ ДОСТАВКИ ЛЕКАРСТВ В КЛЕТКИ ПЕЧЕНИ

Е.М. Семенова, У.А. Буданова, Ю.Л. Себякин
Российский технологический университет МИРЭА,
(Институт тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова),
г. Москва

Аннотация. Создание селективных лекарственных форм, направленных на клетки печени является актуальной задачей медицинской химии. Нами разработана схема синтеза гликолипидов, содержащих остаток D-галактозы, L-лизина и дилауриловый эфир диэтаноламина. Данные соединения планируется исследовать в составе липосомальной транспортной системы в качестве векторов к клеткам печени.

Важным аспектом создания направленных систем доставки является формирование липосом, содержащих специфичные «молекулярные адреса» на своей поверхности, которые позволяют частицам селективно проникать в клетки-мишени благодаря наличию на их поверхности уникальных рецепторов. Было установлено, что на поверхности клеток печени (гепатоцитов) присутствует рецептор, соответствующий этому требованию [1]. Данный асиалогликопротеиновый рецептор (ASGP-R) отвечает за распознавание гликопротеинов крови, которые затем поступают в печень. Анализ литературных данных показал, что для формирования направленных к гепатоцитам липосом в структуру бислоя необходимо вводить гликолипиды, выполняющие роль специфических лигандов [2]. Такие соединения лучше всего формировать на основе D-галактозы, D-глюкозы и D-лактозы [3].

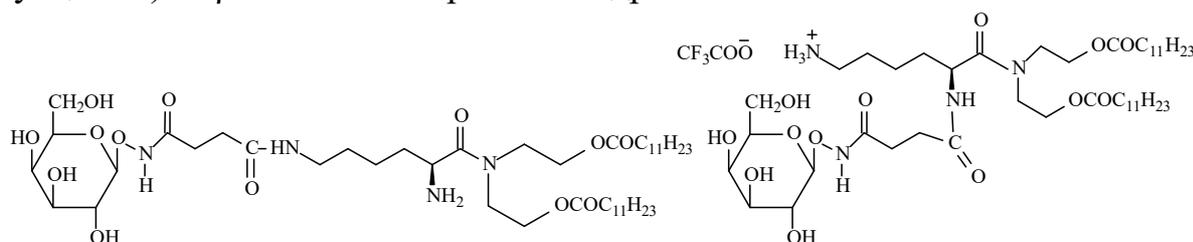
Целью данной работы являлось создание липосомальной системы направленной доставки лекарств в клетки печени на основе новых гликолипидов.

В качестве вектора направленной доставки выбрана молекула N-(сукцинил)-O-β-D-галактопиранозилгидроксиламина (рисунок) в связи с тем, что галактозилированные комплексы показали наивысшее поглощение в паренхиматозных клетках печени, в то время как фукозилированные или маннозилированные липосомы продемонстрировали специфическое поглощение в клетках, не являющихся купферовыми.

Линкером выступает диэтаноламин, который является распространенным веществом, используемым в химической и фармацевтической промышленности в качестве промежуточного продукта для производств моющих средств, солюбилизаторов, косметических средств, лекарственных препаратов и текстильных отделочных средств.

Полярной головой группой, несущей положительный заряд в конечном конъюгате является остаток L-лизина, природная аминокислота, обладающая низкой токсичностью и высокой биоразлагаемостью.

Разработанная схема синтеза состоит из следующих этапов: этерификация диэтаноламина лауриновой кислотой, присоединение к полученному диэфиру остатка защищённого L-лизина, удаление одной из защитных групп с аминокислоты и присоединение по свободным α или ε-аминогруппам N-(сукцинил)-O-β-D-галактопиранозилгидроксиламина.



Структуры конечных соединений

Таким образом, разработана схема получения двух новых гликолипидов, содержащих в своём составе остаток D-галактозы, L-лизина и дилауриловый эфир диэтаноламина.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 19-04-00775.

Список литературы

1. Witzigmann D. Variable asialoglycoprotein receptor 1 expression in liver disease: Implications for therapeutic intervention / D. Witzigmann, L. Quagliata, S.H. Schenk, C. Quintavalle, L.M. Terracciano, J. Huwyler / *Hepatology research: the official journal of the Japan Society of Hepatology*, 2016. – V. 46. – 686 p.
2. Jain A. Recent advances in galactose-engineered nanocarriers for the site-specific delivery of siRNA and anticancer drugs / A. Jain, A. Jain, P. Parajuli, V. Mishra, G. Ghoshal, B. Singh, P. Kesharwani / *Drug Discovery Today*, 2018. – V. 23. – 960 p.
3. Ahmed M. Carbohydrate-based materials for targeted delivery of drugs and genes to the liver. / M. Ahmed, R. Narain / *Nanomedicine*, 2015. – V. 10. – 2263 p.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССОВ РЕКТИФИКАЦИИ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СМЕСЕЙ

И.И. Меньшова¹, С.М. Ходченко¹, Е. Заболотная^{1,2},
В.В. Челноков¹, А.Ю. Белозерский¹

¹ Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева,

² АО Научный центр «Малотоннажная химия»,
г. Москва

Аннотация. Рассмотрены системы ректификации многокомпонентных смесей, которые являются одними из наиболее энерго- и капиталоемких отделений крупнотоннажных химических и нефтеперерабатывающих производств.

В работах для различных условий проведения процесса ректификации приводится описание целого ряда мероприятий, направленных на снижение энергетических затрат. Так, при неизменной конструкции колонн, направлении и составе технологических потоков снижение энергозатрат процесса ректификации может быть достигнуто только за счет уменьшения расхода потока флегмы и (или) путем предварительного нагревания потока питания.

С точки зрения энергетики процесса ректификации важно установить минимальную величину флегмового числа, рассматривая его как независимую переменную. Уменьшение коэффициента запаса флегмового числа, во-первых, приводит к установке большого числа тарелок в колонне и, следовательно, связано с увеличением капитальных затрат на отдельные колонны, а, во-вторых, вызывает изменение многих параметров технологических режимов процесса, что приводит к неустойчивой работе колонны. В простейшем варианте для целей синтеза оптимальных систем ректификации величина коэффициента запаса по флегмовому числу равна: $\delta R = 1,2-1,5$. Когда заданы значения расходов продуктов, основными оптимизирующими параметрами, помимо флегмового числа, являются давление и соотношение тарелок для верхней и нижней секций колонны. Выбор повышенного давления в колонне определяется экономической выгодностью использования обычных хладагентов (охлаждающей воды и воздуха) для конденсации парового потока в дефлегматоре, если это не приводит к чрезмерно высоким давлениям. При этом температура верха колонны определяется как температура кипения принятого хладагента, увеличенная на некоторую заданную разность температур в дефлегматоре. Если давление насыщенных паров верхнего продукта при этой температуре меньше некоторого допустимого давления, то оно и выбирается в качестве оптимального. В противном случае осуществляется переход к низкотемпературному хладагенту. Выбор вакуума в колонне, как правило, определяется максимально допустимой температурой кипения нижних продуктов, ограничения на которую обусловлены термостабильностью компонентов разделяемых органических смесей и их коррозионными свойствами. Оптимальное остаточное давление принимается равным давлению насыщенных паров нижнего продукта при заданной максимально допустимой температуре. Для выбора давления в системе необходимо сначала определить составы продуктов всех потенциально возможных колонн. Это осуществляется одновременно с определением составов

питания всех разделителей. В работах рассматривается выбор оптимального соотношения между числами тарелок в верхней и нижней секциях колонны. [1]

В последнее время широко изучается использование в ректификационных колоннах тепловых насосов. Приближенное определение оптимальных параметров теплового насоса может проводиться по специальной методике, параметры самого процесса ректификации выбираются так же, как и для простой колонны. Ректификационные установки с тепловым насосом или с рекомпрессией пара при умеренных температурах становятся все более привлекательными несмотря на более сложное аппаратное оформление. Одним из способов снижения ТЭР является широкое применение совмещенных процессов и комбинированных установок. Экономия энергоресурсов от совмещения химических и массообменных процессов достигается за счет сокращения затрат на промежуточное разделение продуктов реакции, за счет улучшения условий управления процессом и увеличения мощности производства. [2]

Например, при получении винилхлорида на промежуточном этапе ректификационная система дихлорэтана включает в себя печь пиролиза, колонну закалки газа от пиролиза, аппаратную систему конденсации паров, выходящих сверху этой колонны, узел для осветления кубовых закалочной колонны, ректификационную колонну, предназначенную для выделения фракции дихлорэтана, возвращаемого в процесс, и фракции высококипящих побочных продуктов, направляемых на сжигание. При этом энергоресурсоэффективность в целом также зависит как от интенсификации отвода побочных продуктов за счет активизации процессов их горения, так и от удельной мощности подвода тепла в процесс, определяемой эффективными характеристиками сжигающих горючее энергогенерирующих устройств. [3]

Активное управление горением посредством наложения электрического и магнитного полей в сжигаемые потоки является высоко продуктивным направлением развития и повышения энергоресурсоэффективности и экологической безопасности. Эффективный результат достигается за счёт того, что способ подготовки газообразного топлива и воздуха перед подачей в топливно-сжигающее устройство осуществляют активацию газообразного топлива и воздуха в электромагнитных ионизаторах газообразного топлива и воздуха, установленных на трубопроводах подачи газообразного топлива и трубопроводе подачи воздуха в топливно-сжигающее устройство, причем активацию газообразного топлива и воздуха, соответственно в электромагнитных ионизаторах газообразного топлива и воздуха, путём воздействия на топливо и воздух одновременно коронным электрическим разрядом и магнитным полем.

Совмещение химической реакции и процесса ректификации является одним из перспективных способов снижения энергетических затрат на ведение процесса и особенно выгодно, когда химическая реакция протекает с большим тепловым эффектом. В этом случае тепло реакции может непосредственно использоваться на получение парового потока процесса ректификации. Для создания таких совмещенных процессов необходимо разрабатывать новые конструкции аппаратов, максимально использующих возможности совмещения реакции и ректификации. Работы по совмещенным процессам в настоящее время

находятся в начальной стадии, однако их эффективность достаточно высока. В настоящее время для разделения азеотропных смесей наметилась тенденция перехода от простых последовательно связанных между собой ректификационных колонн к более сложным ректификационным комплексам, снижающим энергетические затраты систем. При ректификации значительное снижение энергозатрат возможно за счет организации взаимосвязи тепловых потоков внутри схемы, образующих энергосберегающие технологические связи между колоннами. Рассмотрены различные энергосберегающие технологические связи внутренних потоков систем ректификации. Энергосберегающие технологические связи для одной или различных колонн реализуются путем объединения в теплообменниках либо верхних и нижних продуктовых потоков, либо верхних и нижних продуктовых потоков колонн с использованием теплового насоса, либо нижних потоков и потоков питания колонны, либо верхних потоков и потоков питания колонн. В пределах технологической схемы системы ректификации источником тепла являются потоки сверху колонны, а стоками тепла – кубовые продукты. Объединение потоков между собой позволяет сократить потребность системы во внешних теплоносителях. Очевидно, вторичное использование тепла потоков для систем ректификации без тепловых насосов возможно лишь при выполнении определенных условий, отражающих физическую реализуемость процесса теплообмена и имеющих количественные характеристики. К таким условиям относятся: а) наиболее летучий компонент возможного потока должен располагаться вверху каждой стадии колонны разделения; б) энергетически объединяемые потоки должны иметь разность температур, обеспечивающую эффективные условия теплообмена и обладать мощностью, достаточной для требуемого подогрева всего потока в аппаратах приемлемого типа и размера. Заметим, что мощность верхнего потока как источника тепла является функцией флегмового числа; в) совместно с наличием источника и стока тепла определенной мощности энергетическое объединение потоков должно быть реализуемо в пределах технологической схемы. При этом следует учитывать, что один и тот же поток не может быть в технологической схеме одновременно и источником, и стоком тепла. Промежуточное положение между комплексами со связанными тепловыми потоками и обратными системами ректификации занимают комплексы с частично связанными тепловыми потоками. Указанные комплексы колонн реализованы либо в виде колонны с выносными отпарными секциями, в которой происходит последовательное отделение тяжелых компонентов, либо в виде колонны с выносными укрепляющими секциями, в которой происходит последовательное отделение легких компонентов. Эти комплексы колонн имеют один общий дефлегматор и несколько кипятильников или один общий кипятильник и несколько дефлегматоров.

Энергозатраты на разделение в комплексах с частично связанными тепловыми потоками являются средними между затратами обычных систем ректификации и затратами в комплексах с полностью связанными тепловыми потоками. Эффективность комплекса мало чувствительна к значениям концентраций и расходов промежуточных потоков, связывающих колонны между собой. При перераспределении потоков более высокая степень разделения

в одной секции колонны компенсируется снижением степени разделения в другой секции.

Данная публикация подготовлена на основе исследований, выполненных в рамках проектов поддержки РФФИ в рамках научного проекта № 18-29-24220.

Список литературы

1. Мешалкин В.П. *Ресурсоэнергоэффективные методы энергообеспечения и минимизации отходов нефтеперерабатывающих производств* / В.П. Мешалкин. – М.; Генуя: Химия, 2010. – 393 с.
2. Мешалкин В.П. *Основы теории ресурсосберегающих интегрированных химико-технологических систем: учеб. пособие* / В.П. Мешалкин, Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко. – Харьков: НТУ"ХПИ", 2006. – 410 с.
3. Петлюк Ф.Б. *Многокомпонентная ректификация: Теория и расчёт* / Ф.Б. Петлюк, Л.А. Серафимов. – М.: Химия, 1983. – 304 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАНООБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ ОБЪЕДИНЕНИЯ МЕТОДОВ КОНФОКАЛЬНОЙ МИКРОСПЕКТРОСКОПИИ И СКАНИРУЮЩЕЙ ЗОНДОВОЙ НАНОТОМОГРАФИИ

М.Б. Букова

Московский государственный технический университет
им. Н.Э. Баумана,
г. Москва

***Аннотация.** В сфере изучения нанобъектов анализ трехмерной структуры и исследование их микро- и наноструктурных характеристик является весьма актуальным. Объединение методов сканирующей зондовой нанотомографии и конфокальной микроспектроскопии открывает новые возможности в данной области.*

***Ключевые слова:** сканирующая зондовая нанотомография; конфокальная микроспектроскопия.*

Исследование систем «квантовые точки (КТ)/полимерная сеть (ПС)» может осуществляться с помощью объединения конфокальной микроспектроскопии и 3D сканирующей зондовой нанотомографии в одном устройстве. Такой подход сохраняет все преимущества сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ) и оптической микроспектроскопии, позволяя получать многопараметрическую 3D-характеристику с использованием обоих методов.

Данная методика открывает широкие перспективы в области многопараметрического корреляционного объемного анализа композитных наноматериалов (включая биоматериалы). Совместное применение техник СЗМ, ОМ и УМТ позволяет многократно производить сверхтонкие (до 20 нм) срезы с поверхности образца с последующим получением последовательного набора 2D-данных практически во всех режимах СЗМ и в большинстве режимов конфокальной микроспектроскопии. Объединяя полученные данные в единый

массив, можно провести 3D-характеризацию морфологии, химического состава, межкомпонентных взаимодействий, механических, электрических и других свойств в объеме многокомпонентных материалов.

Методика была опробована в работах [1;2] для исследования 3D-морфологии и флуоресцентных характеристик гибридных фотонных структур с управляемыми флуоресцентными свойствами на основе полимерной сети с эффектом памяти, легированной полупроводниковыми квантовыми точками. Данные композитные структуры имеют значительный потенциал для получения фотонных устройств с эффективной модуляцией флуоресценции квантовых точек периодической решеткой на основе ПС, что может быть использовано для создания однофотонных источников света, систем хранения и отображения информации, а также устройств с низкопороговой лазерной генерацией.

Целью исследования в упоминаемых выше работах являлось установление корреляции между особенностями морфологии образцов и пространственным распределением полупроводниковых флуоресцирующих КТ в этих структурах. В ходе исследований были получены 2D- и 3D-данные АСМ, а также конфокальные флуоресцентные изображения на выбранных 2D АСМ-сканах [3]. Из полученных данных следует, что распределение флуоресцентной интенсивности далеко не во всех случаях соответствует топографическим особенностям. Общая неравномерность флуоресцентной интенсивности составила около 500 %. При этом важно, что образуемая периодическая структура практически не имеет серьезных дефектов во всем объеме образца. Таким образом, для создания эффективных фотонных устройств на базе гибридных систем КТ/ПС, в которых реализуется эффективная модуляция флуоресценции КТ, необходимо существенно улучшать стадию внедрения КТ в полимерную матрицу для обеспечения равномерного ее заполнения и равномерной пространственной светимости фотонных устройств.

Также целью совместного использования данных методов является разработка установки, объединяющей сканирующую зондовую нанотомографию и конфокальную микроспектроскопию. Результаты могут быть использованы для эффективного преобразования 2D в 3D для большинства методов оптической зондовой наноскопии с высоким разрешением (СБОМ, TERS, АСМ-ИК и др.). Такое преобразование приведет к появлению уникальных методов, способных объединить преимущества СЗМ (наномасштабное измерение морфологии и широкого спектра физических параметров) и оптической микроспектроскопии с пространственным разрешением СЗМ (наномасштабное химическое картирование и определение оптических свойств) при реализации 3D-измерений.

Список литературы

1. Мочалов К.Е. *Инструментальное объединение конфокальной микроспектроскопии и 3D сканирующей зондовой нанотомографии* / К.Е. Мочалов, А.А. Чистяков, Д. Соловьева, А. Мезин, В.А. Олейников, И. Набиев, И.И. Агапов, А.Е. Ефимов // *Наноиндустрия*. – 2016. – Т. 69. вып. 7. – С. 60-72.

2. Mochalov K.E. *High-resolution 3D structural and optical analyses of hybrid or composite materials by means of scanning probe microscopy combined with the ultramicrotome technique: an example of application to engineering of liquid crystals*

doped with fluorescent quantum dots / K.E. Mochalov, A.E. Efimov, A.Yu. Bobrovsky, I.I. Agapov, A.A. Chistyakov, V.A. Oleinikov, I. Nabiev // Proc. of SPI. – 2013. – Vol. 8767.

3. *Ефимов А.Е. Сканирующая ближнепольная оптическая нанотомография: метод многопараметрического 3D-исследования наноструктурированных материалов / А.Е. Ефимов, А.Ю. Бобровский, И.И. Агапов, О.И. Агапова, В.А. Олейников, И.Р. Набиев, К.Е. Мочалов // Письма в ЖТФ. – 2016. – Т. 42, вып. 4. – С. 9-15.*

РАЗВИТИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ВИЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ОПТИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

А.С. Бессонов

МИРЭА – Российский технологический университет,
г. Москва

Аннотация. Рассматриваются автоматизированные системы (АС), предназначенные для визуального контроля поверхностей оптических элементов при их производстве. Развитие программного обеспечения таких систем приводит к повышению уровня автоматизации и к решению задач логического уровня. Залогом успешного решения является использование средств обработки и анализа изображений, имеющихся в составе таких сред программирования, как NI LabVIEW.

При производстве оптических элементов (зеркал, призм, волновых пластин и др.) значительную роль играет визуальный контроль их поверхностей. В большинстве случаев они должны быть однородными и иметь одинаковый коэффициент отражения или пропускания света. При этом любые неоднородности на изображении могут рассматриваться как дефекты, возникающие вследствие нарушения чистоты обработки поверхности, неравномерности напыления, механических повреждений и, наконец, наличия пыли или грязи при недостаточной промывке.

Визуальный контроль требует значительных увеличений (50-1000 и более крат), которые обеспечивают микроскопы. Более 20 лет назад уже существовали инвертированные микроскопы, оснащенные аналоговой видеокамерой, а платы видеоввода обеспечивали ввод изображения в персональный компьютер (ПК) [1]. Позже видеокамеры улучшили свои характеристики, стали цифровыми, и подключение к ПК стало осуществляться с помощью стандартного интерфейса. Поскольку в поле зрения микроскопа входила лишь часть контролируемой поверхности, микроскоп снабжался перемещаемым предметным столиком с ручным или компьютерным управлением (рис. 1). В последнем случае его принято называть моторизованным позиционером.

Оператор АС осуществлял управление, сканировал оптическую поверхность, получал изображение, искал дефекты, делал их снимки и формировал протокол контроля установленной формы. Значительность, или сила, дефектов определялась «на глаз», и решение о годности или негодности оптической детали принималось в значительной мере на основе имеющегося

опыта, то есть оператор (один или совместно с другим сотрудником) выступал в значительной мере как эксперт и лицо принимающее решение (ЛПР).

Автоматизацию описанной системы можно отнести к начальному, или первому, уровню [2]. Производительность и объективность контроля оказывались недостаточными, что обусловило развитие программного обеспечения и переход ко второму уровню автоматизации.

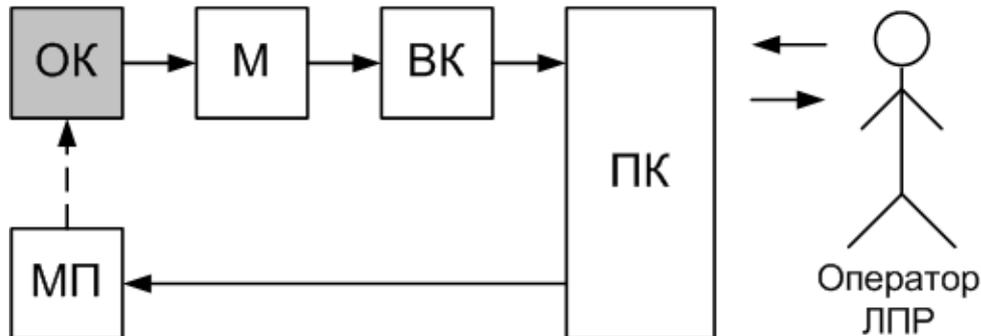


Рис. 1. Структура автоматизированной системы для визуального контроля оптических деталей: ОК – объект контроля, МП – моторизованный позиционер, М – микроскоп, ВК – видеокамера, ПК – персональный компьютер, ЛПР – лицо, принимающее решение

Дальнейшее проведение автоматизации до второго уровня, характеризующегося автоматизацией поиска и расчетов [2], происходило в основном за счет совершенствования программного обеспечения. Наибольший интерес для пользователя здесь представляют среды упрощенного программирования, имеющие в своем составе готовые средства получения, обработки, анализа и представления изображений и результатов их обработки. К таким средам следует отнести среду графического программирования NI LabVIEW, позволяющую создавать прикладное программное обеспечение (ППО) самим пользователем АС с учетом своих же требований. Значительную помощь ему способны оказать функции *Vision and Motion* (рис. 2) [3].

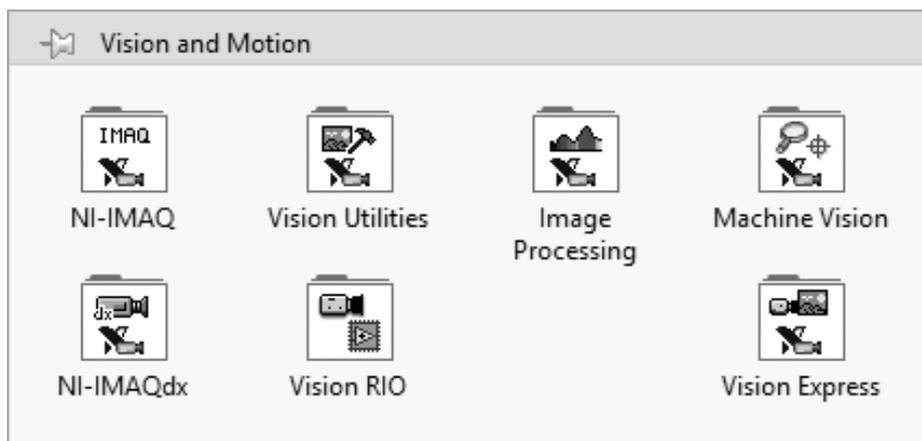


Рис. 2. Палитра среды NI LabVIEW, содержащая функции получения изображения с видеокамеры, захвата кадров, обработки и анализа изображений

На рис. 3 показывается гистограммная обработка изображения поверхности диэлектрического зеркала (размер кадра 2452x2056 пикселей), которая проводится с помощью функции *IMAQ Histogram*. Участки оптической поверхности без дефектов отражают свет хуже, и соответствующие им пиксели,

которых преобладающее большинство, располагаются на гистограмме левее. Более светлые участки поверхности можно отнести к дефектам, возникающим по указанным выше причинам. Изучение правой части гистограммы позволяет с большей уверенностью принять решение о годности или негодности оптического элемента.

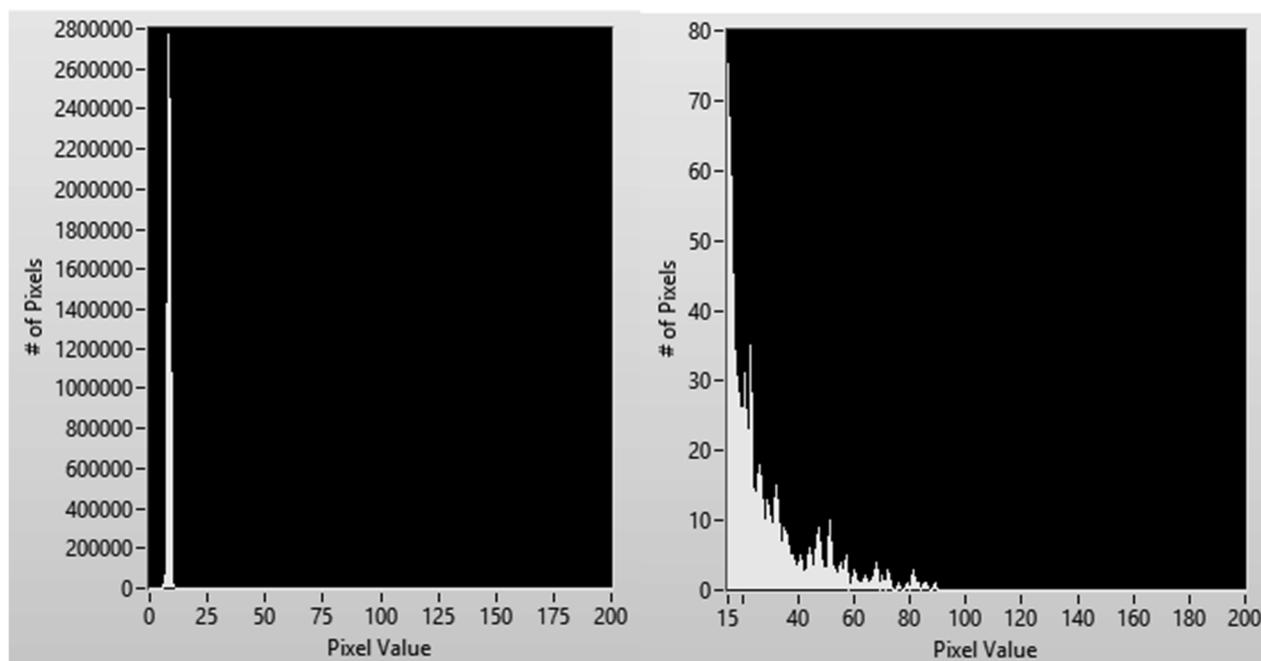


Рис. 3. Гистограммы интенсивностей пикселей изображения с 8 битами градаций: слева – полная гистограмма, справа – увеличенная правая часть, соответствующая дефектам

Однако анализ интенсивностей и площадей, занимаемых дефектами, оказывается недостаточным для принятия решения по зеркалу. Важным является еще и место расположения дефекта. Например, дефекты, находящиеся ближе к центру, могут в большей мере ухудшать характеристики оптического элемента и оказываются более весомыми, чем дефекты, расположенные на периферии. Здесь на помощь разработчику прикладной программы могут прийти функции пороговой обработки *IMAQ Threshold* и *IMAQ Label* [3], позволяющие отображать дефекты в местах их расположения с указанием идентификационных номеров (рис. 4). На правом графическом экране можно видеть бинарные изображения точечных дефектов и их номера, проставленные рядом.

Для каждого из пронумерованных дефектов функция *IMAQ Particle Analysis Report* [3] возвращает большое количество таких характеристик, как координаты центра масс, размеры, площадь, ориентация и др. Эта информация позволяет, например, выделить и отдельно отобразить интересующий дефект. Довольно интересным для ЛПР является последовательный просмотр дефектов, представленных в виде трехмерных изображений (рис. 5). По оси Z откладывается интенсивность, имеющая в рассматриваемом случае 16 бит градаций, а по координатам X , Y , пересчитанным в единицы микрон, можно оценить площадь дефекта при заданном пороге бинаризации изображения.

Из рассмотренного выше материала следует, что дефекты оптической поверхности можно характеризовать, учитывая их площадь, световую интенсивность пикселей и место расположения дефекта на поверхности.

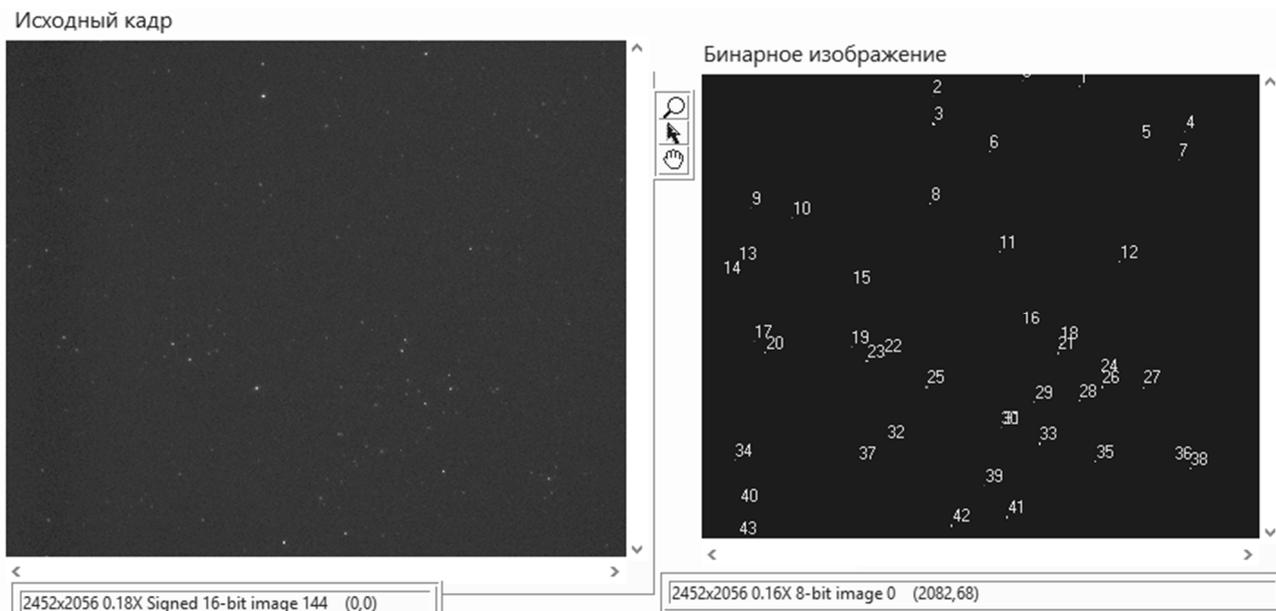


Рис. 4. Изображение участка поверхности: справа – исходное полутоновое изображения с 44 выделенными точечными дефектами, справа – бинарное изображение с пронумерованными дефектами

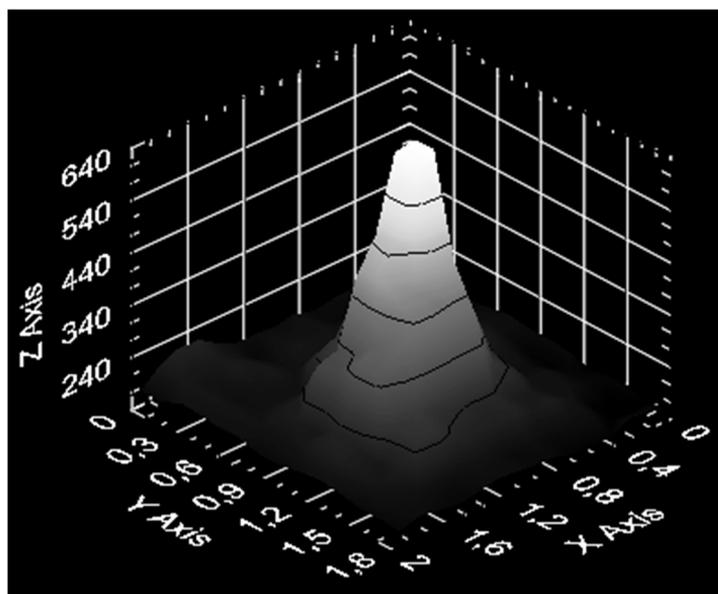


Рис. 5. Трехмерное изображение выбранного дефекта

Следовательно, удобной для пользователя интегральной оценкой дефекта с номером k может стать его сила F_k , вводимая следующим образом:

$$F_k = \sum_{x \in S_k} \sum_{y \in S_k} W(x, y) \cdot I(x, y) \cdot S_1, \quad (1)$$

где S_k – автоматически выделенная область дефекта с номером k , $W(x, y)$ – весовая функция, учитывающая место расположения дефекта, $I(x, y)$ – функция световой интенсивности элементов изображения (пикселя), x, y – координаты пикселей, S_1 – площадь одного пикселя.

Согласно [2] при переходе к третьему уровню автоматизации система должна самостоятельно принимать сложные логические решения. При визуальном контроле поверхностей оптического элемента логическое решение заключается в признании его годным или негодным для дальнейшего

использования. По мнению автора, системы для визуального контроля оптических поверхностей уже практически достигли третьего уровня автоматизации и внедряются на производстве. На многих предприятиях изучены и отлажены производственные процессы, их особенности определены, информация организована и размещена в соответствующих базах данных и знаний.

Таким образом, в системах автоматизации третьего уровня при принятии логического решения предполагается автоматически находить дефекты на поверхности, учитывать их силы (1) (или суммарную силу дефектов), а также информацию, накопленную и организованную в базах данных и знаний. При этом упростятся функции оператора, он перестанет быть ЛПЧ, что приведет к снижению влияния человеческого фактора. В результате уменьшится трудоемкость и повысится объективность операции контроля.

Список литературы

1. Бессонов А.С. Опыт разработки автоматизированных систем контроля поверхностей оптических деталей // Ползуновский вестник. – 2011. – № 3/1. – С. 192-196.
2. Сайт Ярославского государственного технического университета. Уровни автоматизации. [Электронный ресурс]. https://tms.ystu.ru/kulikov/part_1/glava_11.htm (дата обращения: 15.06.2020).
3. Визильтер Ю.В. Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEW и IMAQ Vision / Ю.В. Визильтер, С.Ю. Желтов [и др.]. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 464 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ УСТАНОВОК РЕКУПЕРАЦИИ ПАРОВ НА БАЗЕ КОНДЕНСАЦИЯ-АДСОРБЦИЯ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХСЯ ПРИ ПОГРУЗКЕ БЕНЗИНОВ НА МОРСКИХ ТАНКЕРАХ

Е.А. Бабаков

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
г. Москва

Аннотация. Рассмотрены вопросы рекуперации паров легких органических соединений (ЛОС) при погрузке бензинов на морских танкерах. Исследуется вопрос об энергетических затратах при применении установки рекуперации паров (УРП) на базе конденсация-адсорбция и эмиссии паров в атмосферу при погрузке судов на наливных причалах.

Анализ рекуперации паров проводили с использованием программы «UNIsim». Расчеты показали, что адсорбция ЛОС методом конденсации в сочетании с адсорбцией активированным углем позволяют выполнить требования нормативных документов по эмиссии паров и вернуть уловленные ЛОС.

В работе исследованы и проанализированы режимы работы установок рекуперации паров (УРП) на базе конденсация-адсорбция.

Говоря о потенциальных серьезных источниках загрязнения окружающей среды, стоит отдельно упомянуть морской транспорт, который по количеству вредных выбросов в атмосферу, занимает одно из ведущих мест. Если учесть, что за последние 10 лет грузооборот морских судов увеличился примерно на 30 %, то, можно предположить, насколько увеличилось загрязнение атмосферы с судов. Уже в ходе самого процесса погрузки на морских терминалах происходит загрязнение воздуха и потеря товарных нефтепродуктов за счет их испарения. Наиболее эффективным способом предотвращения загрязнения и потерь на морских терминалах, является применение установок рекуперации, позволяющих возвращать в работу нефтепродукты, повышая как эффективность работы терминала, так и обеспечивая экологическую безопасность на объекте.

Для современных морских нефтеналивных терминалов, которые не имеют возможности подачи абсорбента, применяются в основном установки рекуперации паров (УРП) на основе конденсации с последующей адсорбцией ГВС (рис. 1). Данные УРП размещаются в основном в причальной зоне, расположенные удаленно от парков хранения нефтепродуктов. Цель данного исследования состоит в анализе различных вариантов типов систем рекуперации на базе конденсация-адсорбция, с тем, чтобы выяснить наиболее энергоэффективную систему, способную, тем не менее, обеспечить нормируемую эмиссию паров в атмосферу, без подачи абсорбента [2].

В таблице 1 приведен типичный уровень эмиссии паров бензина при погрузке танкера [3].

Таблица 1
Уровень эмиссии паров бензина при погрузке танкера

Хим. Формула	Пропан C ₃ H ₈	Изобутан C ₄ H ₁₀	Бутилен-1 C ₄ H ₈	н-бутан C ₄ H ₁₀	Изопентан C ₅ H ₁₂	Пентен-1 C ₅ H ₁₀	Пентан C ₅ H ₁₂	Гексан C ₆ H ₁₄	Воздух
% масс.	0.6	3.8	4.0	22.5	12.4	8.0	3.1	8.0	37.6

Газовая смесь из грузового танка, в который осуществляется погрузка, через отделитель жидкости, где происходит частичная конденсация паров груза, поступает в аппарат конденсации, где охлаждение газо-воздушной среды (ГВС) производится промежуточным хладоносителем до температуры – 15°С или – 25 °С, при этом происходит частичная конденсация углеводородов, которые затем откачиваются насосом [4]. Затем охлажденная ГВС поступает на одну из адсорбирующих колонн, заполненных активированным углем. После определенного количества времени работы фильтра загрузка с активированным углем насыщается углеводородами, и поток паровоздушной смеси переключается на второй фильтр-адсорбер из пары, в то время как первый адсорбер регенерируется за счет создания в корпусе фильтра вакуума. С понижением давления процесс адсорбции реверсируется, и углеводороды покидают поверхность активированного угля и перемещаются при помощи

вакуумного насоса на вход аппарата конденсации. Очищенный воздух после адсорберов подается на свечу рассеивания.

В данных системах в основном применяются холодильные установки на базе винтовых фреоновых компрессоров (фреон R507a) с промежуточным теплоносителем – 55 % раствор пропиленгликоля.

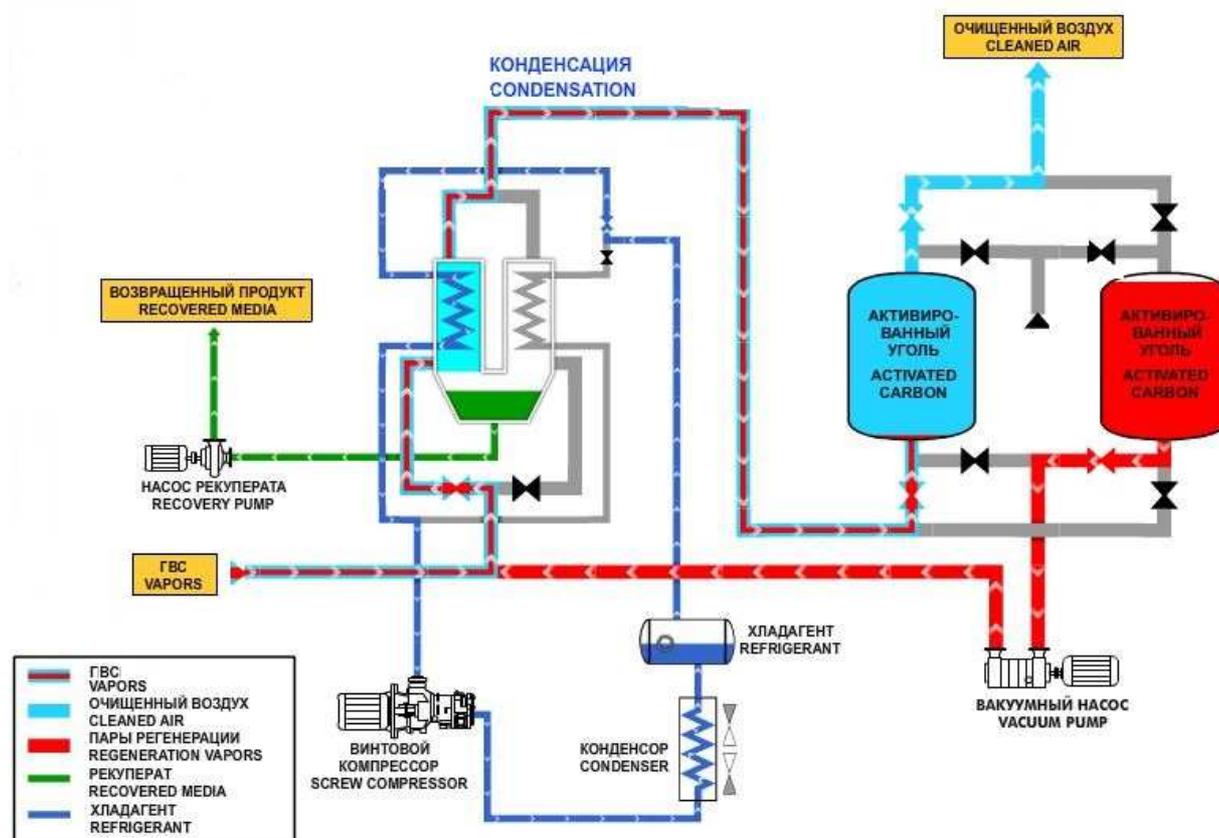


Рис. 1. Принципиальная схема УРП конденсационно-адсорбционного типа

Рассмотрим энергетические затраты при применении установок рекуперации на базе конденсация-адсорбция при эмиссии паров 500, 1000, 2000, 4000 м³/ч. Данные показатели приведены в таблице 2.

Таблица 2

Основные параметры и энергоэффективность установок рекуперации тип «конденсация-адсорбция»

№п/п	Наименование параметра	Номинальное значение				
		500	1000	2000	4000	
1	Максимальная производительность ГВС от танкера, м ³ /час	500	1000	2000	4000	
2	Холодопроизводительность низкотемпературных холодильных установок, кВт при температуре:	- 15 °С	81	163	326	656
		- 25 °С	83	165	330	664

Продолжение таблицы

3	Мощность холодильной установки, кВт: - компрессор при t-ре зах-я: - 15 °С - 25 °С - вентиляторы конденсата - насосов теплоносителя	50 70 2,1 5,5	100 140 4,2 7,5	200 280 8,4 11	400 563 16,8 18,5
4	Максимальная производительность ГВС от конденсатора в адсорберы, м ³ /час - 15 °С - 25 °С	450 345	900 690	1800 1375	3537 2750
5	Концентрация объемная ЛОС в ГВС после холодильной установки - 15 °С - 25 °С	42 30	42 30	42 30	42 30
6	Объем активированного угля (на один адсорбер) - 15 °С - 25 °С	7,5 4,5	15 9	30 18	60 35
7	Время адсорбции\десорбции, мин.	12\10	12\10	12\10	12\10
8	Номинальная производительность одного вакуумного насоса по всасыванию, м ³ /час - 15 °С - 25 °С	580	1000	2000/ 2500	2500
9	Количество вакуумных насосов, шт. - 15 °С - 25 °С	4 2	4 3	4 2	6 4
10	Мощность основного оборудования, кВт: 1. вакуумный насос 2. воздуходувка (на свечу) 3. холодильная установка (включая компрессор, вентилятор, насос) - 15 °С - 25 °С	15 5,5 57,6 77,6	22 7,5 111,7 151,7	55 /65 8,5 219,4 299,4	65 12,5 435,3 598,3

Продолжение таблицы					
11	Потребляемая мощность УРП, кВт. - 15 °С - 25 °С	123	207	448	837
		113	225	438	871
12	Потребляемая мощность кВт из расчета на 1000 м ³ /час - 15 °С - 25 °С	246	207	223	210
		226	225	219	218

Таким образом, можно сделать вывод, что потребляемая мощность установки конденсации не зависит температуры конденсации. Потому что при увеличении температуры до – 15 °С увеличивается концентрация и объем циркулирующего газа в установке конденсации, соответственно увеличивается объем адсорберов с активированным углем и количество вакуумных насосов.

Данные результаты могут быть использованы при проектировании технологической схемы установок рекуперации на базе конденсация-адсорбция.

Список литературы

1. *American Institute of Chemical Engineers, "Practical Solutions for Reducing and Controlling Volatile Organic Compounds and Hazardous Air Pollutants," AIChE, Center for Waste Reduction Technologies, New York, NY, 2001*
2. *Erikson, D.G., Organic Chemical Manufacturing Volume 5: Adsorption, Condensation, and Absorption Devices, U.S. Environmental Protection Agency, North Carolina, Publication No. EPA 450/3 80 027, December 1980.*
3. *John Zink Carbon Adsorption Vapor Recovery System // John Zink LLC. – 2009. – 12 p.*
4. *Мешалкин В.П., Сиваев С.Б., Гурьева Л.В. Математическая модель процесса низкотемпературной конденсации многокомпонентных смесей в кожухотрубчатом аппарате // Теорет. основы хим. технологии. – 1984. – Т. 18, № 2. – С. 191-196.*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ СОПОЛИМЕРА НА ОСНОВЕ БУТИЛОВОГО ЭФИРА МОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ

А.В. Шиябутдинова, Е.Л. Красных
Самарский государственный технический университет,
г. Самара

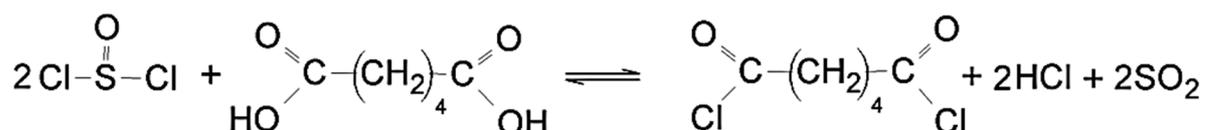
Аннотация. В работе исследован способ получения сополимера на основе трёх составляющих: бутиловый эфир молочной кислоты, дихлорангидрид адипиновой кислоты, этиленгликоль. Определены оптимальные условия проведения синтеза: температура, время реакции, тип катализатора и его концентрация.

В настоящее время, с целью преодоления проблем связанных с истощением ресурсов и пластиковым загрязнением, большое внимание уделяется созданию биоразлагаемых материалов из возобновляемых источников сырья. Самым перспективным полимером является полилактид (PLA), благодаря своей жёсткости, прозрачности, биосовместимости, термопластичности [1]. Несмотря на его достоинства, применения полилактида в различных областях промышленности ограничивается его низкой температурой стеклования и размягчения. Для расширения диапазона применения, предлагается создать инновационные сополимеры на основе трёх составляющих: бутиловый эфир молочной кислоты, дихлорангидрид дикарбоновой кислоты, полиол. За счёт изменения составляющих (дикарбоновой кислоты и полиола) можно регулировать молекулярные характеристики – реологические и физико-химические свойства.

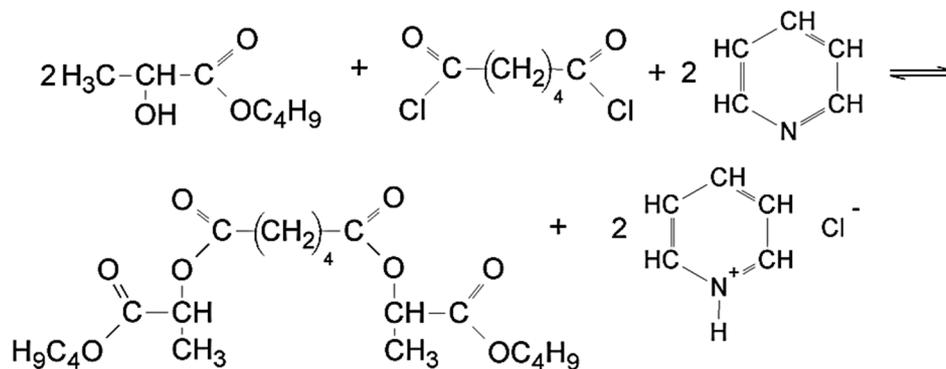
Цель работы: разработка способа получения инновационного полимера на основе бутилового эфира молочной кислоты.

Синтез проводили в три стадии.

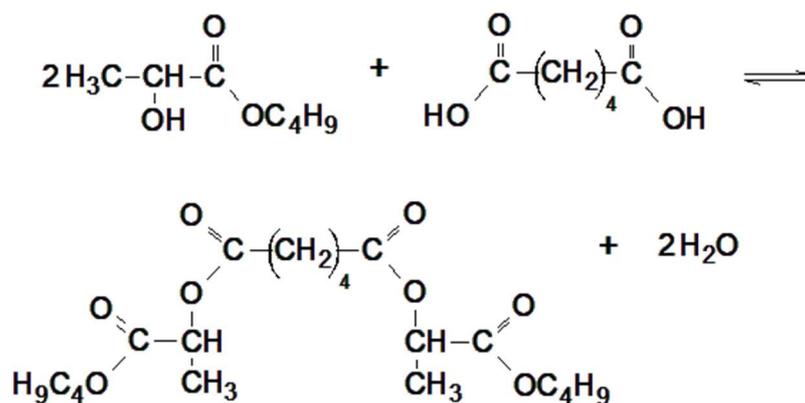
На первой стадии получали дихлорангидрид адипиновой кислоты, для чего в колбу загружали расчётное количество адипиновой кислоты и хлористого тионила, соотношение адипиновая кислота/ хлористый тионил = 1/3 моль/моль. Реакционную массу нагревали на водяной бане при $T=50-60\text{ }^{\circ}\text{C}$, при атмосферном давлении. Процесс проводили до прекращения выделения хлористого водорода и диоксида серы, которые улавливались в ловушке с раствором гидроксида натрия. Время реакции = 4 часа. Избыток хлористого тионила отгоняли на водоструйном насосе, а оставшийся в кубе дихлорангидрид адипиновой кислоты использовали на следующей стадии. Выход дихлорангидрида адипиновой кислоты = 95 %.



На второй стадии получали предполимер (дибутиллактиладипат), для чего в колбу загружали бутиловый эфир молочной кислоты, синтезированный азеотропной этерификацией молочной кислоты с бутанолом, пиридин, диэтиловый эфир, дихлорангидрид адипиновой кислоты. Реакционную массу охлаждали до $0-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и медленно добавляли дихлорангидрид адипиновой кислоты через капельную воронку. Температуру поддерживали $0-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ с помощью бани со льдом и регулирования скорости подачи дихлорангидрида адипиновой кислоты. После окончания прикапывания реакционную массу выдерживали 1 час при комнатной температуре не прекращая перемешивание. Далее смесь промывали и сушили сульфатом натрия. Диэтиловый эфир отгоняли из реакционной массы на водоструйном насосе. Выход предполимера = 70 %.



Изначально был предложен способ получения предполимера путём взаимодействия адипиновой кислоты и бутилового эфира молочной кислоты с использованием в качестве катализатора ортофосфорной кислоты (1 % масс.) и азеотропобразующего агента (толуола или бензола). Соотношение бутанол/адипиновая кислота = 10/1 моль/моль, T=120-210 °C, P=1 атм., время реакции ≈ 26 часов. Выход предполимера = 30 %.

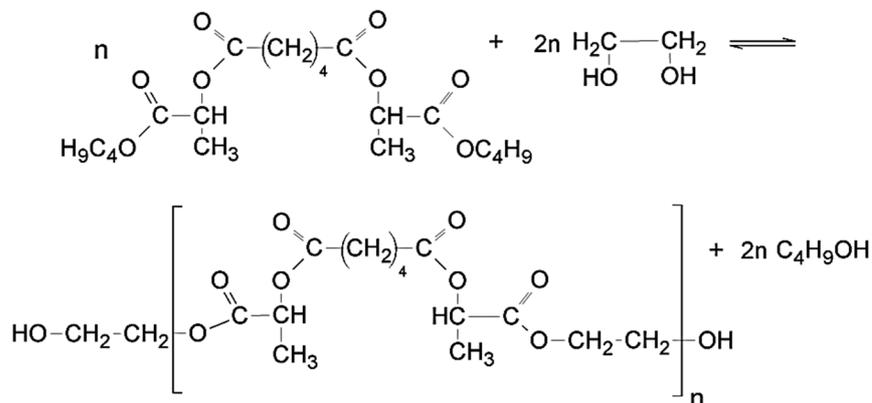


Этерификация адипиновой кислоты бутиловым эфиром молочной кислоты является медленной и обратимой. Как известно, на скорость протекания реакции влияет величина частично положительного заряда карбокатиона и характер вводимых спиртов. Гидроксильная группа в молекуле сложного эфира соединена со вторичным углеродным радикалом, а это значит, что реакционная способность такого этерифицирующего агента имеет низкие значения. Для увеличения скорости прямой реакции было принято решение увеличить частично положительный заряд карбокатиона за счёт замены –ОН группы адипиновой кислоты на –Cl, который является электроноакцепторным заместителем, вследствие чего нуклеофил с лёгкостью атакует атом углерода в дихлорангидриде.

На третьей стадии получали сополимер, для чего в колбу загружали предполимер (дибутиллактиладипат) и этиленгликоль. Соотношение предполимер/этиленгликоль = 1/2 моль/моль, T=180-200 °C, P=1 атм., время реакции ≈ 8 часов, в качестве катализатора был использован тетрабутоксититан в концентрации 1 % масс. Для полного удаления низкомолекулярного продукта в конце синтеза использовался вакуум. Выход сополимера ≈ 90 %.

Синтез сополимера также осуществляли и с применением в качестве катализатора хлорида олова (IV) концентрации 1 % масс, но при его

использовании реакционная масса заметно осмолялась, присутствовал запах горело пека, а сам сополимер имел тёмно-коричневый цвет. Тетрабутоксититан оказался более селективен по отношению к целевому продукту, полученный сополимер имел светло-жёлтый цвет.



В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы: разработан способ получения сополимера на основе трёх составляющих: бутиловый эфир молочной кислоты, дихлорангидрид адипиновой кислоты, этиленгликоль, найдены оптимальные условия для каждой стадии синтеза: для первой $T=50-60\text{ }^\circ\text{C}$, $P=1\text{ атм.}$; для второй $T=0-10\text{ }^\circ\text{C}$, $P=1\text{ атм.}$; для третьей $T=180-200\text{ }^\circ\text{C}$, $P=1\text{ атм.}$, время реакции ≈ 8 часов, катализатор – тетрабутоксититан в концентрации 1 % масс.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 18-08-00574а).

Список литературы

1. Шкуренко С.И. Полимеры из природного возобновляемого сырья / С.И. Шкуренко, Е.В. Монахова, Б.В. Байдаков [и др.] // Пластич. Массы. – 2013. – № 11. – С. 36-40.

РОЛЬ ЦИФРОВЫХ МАРКЕТИНГОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАЗВИТИИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Д.М. Котова

Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева,
г. Москва

Аннотация. Цифровая трансформация является одной из важнейших тем во всем мире. Внедрение цифровых технологий вносит колоссальные изменения не только в развитие всех отраслей промышленности, но и общества в целом. Цифровая трансформация бизнес-процессов становится всё более актуальной и в маркетинговой деятельности предприятий.

Доклад представляет анализ использования инструментария цифровых маркетинговых технологий на промышленных предприятиях. Представлены важнейшие характеристики современных маркетинговых технологий, связанные с

повышением эффективности деятельности предприятий посредством цифровизации маркетинга.

Применение цифровых маркетинговых технологий является наиболее эффективным инструментом, который способствует поддержанию достойных темпов развития и повышения конкурентоспособности предприятия. Промышленные компании вынуждены реагировать на инновационный прогресс, чтобы иметь достойную «отстройку» от конкурентов, что даёт возможность предприятию расти и развиваться. Использование цифровых маркетинговых технологий позволяет предприятиям достойно существовать на конкурентном рынке.

Ключевые слова: *маркетинг, маркетинговые технологии, цифровой маркетинг, цифровая трансформация, промышленность, промышленные предприятия.*

По мере развития технологий организации во всех отраслях сталкиваются с жесткой конкуренцией. Чтобы выжить на рынке и оставаться конкурентоспособными, организации должны принять цифровую эпоху и определить пути оптимизации внутренних бизнес-процессов с целью снижения затрат и увеличения доходов.

Оптимизация бизнес-процессов может быть реализована с помощью программного обеспечения для управления бизнес-процессами.

Для долговременного развития промышленности цифровые технологии обещают улучшения везде – от производственных линий до логистических систем. Основа процесса цифровизации в современных реалиях – это интернет, а именно интернет вещей (Internet of Things, IoT). То есть это сеть физических предметов («вещей»), которые оснащены встроенной технологией взаимодействия друг с другом и внешней средой. Организация таких сетей рассматривается как явление, способное перестроить как экономические, так и общественные процессы посредством исключения из части действий и операций необходимость участия человека.

Сегодня в мире наблюдается настоящий бум подсоединенных к интернету устройств. Ни один из секторов не воспользуется этим так эффективно, как промышленный. По сведениям мировых аналитиков, мировая доля рынка связанных с Интернетом Вещей решений ещё в 2018 вырос на 15 %, а к 2020 году составил триллион долларов.

Использование технологий, связанных с интернетом, позволяет преобразовать каждую сферу производства – от управления активами и обслуживания станков и до планирования, контроля качества и выездов к клиентам. Соответственно, производители должны внедрить «умные» производственные линии и цепочки поставок с подключением к Интернету Вещей: это позволит быстрее реагировать на требования заказчика и предоставлять ему эти заказы с более высоким уровнем прибыли. Потребитель становится независимым от посредника. Теперь он может в определенной степени даже диктовать условия производителю по поводу тех или иных характеристик, комплектации, качества, количества и даже цены требуемого товара. Потребитель становится инициатором коммуникаций с производителем и посредником. Информационно-коммуникационные технологии пронизывают в каждом звене всю цепочку ценности, меняя способы выполнения видов деятельности и связи между ними. Полнее удовлетворяются потребности

покупателей, продукции придается новый вид или форма, изменяются масштабы конкуренции. На основе рассмотрения этих ключевых моментов становится ясно, почему информационные технологии имеют столь важное стратегическое значение и чем они отличаются от других технологий, используемых в бизнесе.

Институтом статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ представлены результаты опроса руководителей промышленных предприятий об уровне разработки и внедрения цифровых технологий. Их оценки показывают, в какой мере российская промышленность освоила передовые цифровые технологии и насколько отечественные разработчики успешны в предложении оригинальных решений бизнесу. Более 70 % руководителей промышленных организаций сообщили, что на их предприятиях внедрены цифровые технологии. Около половины (45,5 %) планируют расширить их применение, причем каждый пятый (21,2 %) – уже в 2020 г., каждый третий (36,9 %) – в течение ближайших пяти лет.

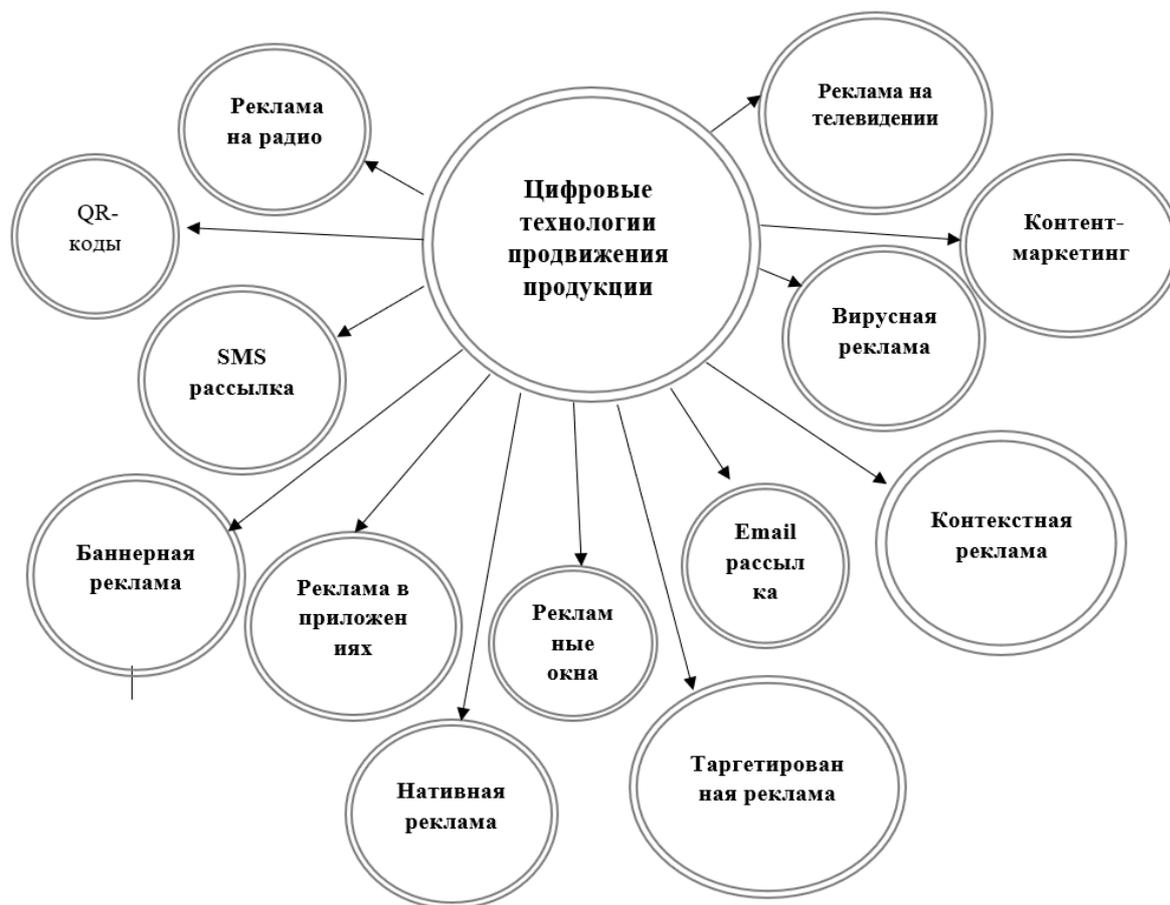
Переход на цифровые технологии корректирует и целевые установки коммуникационных маркетинговых мероприятий. Повышается роль невербальных коммуникаций, реализуемых посредством различных электронных информационных технологий. Этот вид маркетинга предоставляет широкий спектр инструментов для донесения коммерческой информации до целевой аудитории с использованием современных информационных технологий. При этом он дает предприятиям возможность эффективно фокусировать свои коммуникационные каналы, проводить оперативный анализ рыночной конъюнктуры и налаживать обратную связь с потребителями. Мероприятия цифрового (или digital) маркетинга можно проводить, имея весьма ограниченные бюджеты.

В цифровом маркетинге используются коммуникационные каналы двух типов: оффлайн и онлайн.

Каждое промышленное предприятие подбирает коммуникационные каналы, исходя из специфики собственного бизнеса, доступных ресурсов и особенностей целевой аудитории. Для одних компаний будет приемлемым использование исключительно онлайн-инструментов, для других же это направление будет малоэффективным или убыточным. Поэтому важной составляющей процесса разработки и реализации политики цифрового маркетинга является тестирование различных каналов связи с потребителем.

К цифровым технологиям продвижения продукции, использование которых приводит к повышению конкурентоспособности продукции на рынке, относят совокупность методов и инструментов продвижения, позволяющих оповестить большое количество потенциальных покупателей или привлечь внимание целевой аудитории к продукции или непосредственно к производителю. К основным цифровым технологиям продвижения продукции относятся технологии, представленные на рисунке.

Цифровой маркетинг имеет в своем арсенале множество каналов и основная задача маркетолога найти каналы, которые позволяют установить надежную двухстороннюю коммуникацию и наилучшую окупаемость инвестиций.



Цифровые технологии продвижения продукции

Из-за наступления цифровой реальности бизнесу пришлось кардинально пересмотреть работу на предприятиях и в организациях, которые специализируются на производстве товаров, продажах и предоставлении услуг.

Бизнес стал более мобильным и это большой плюс. Организации устали терпеть издержки, связанные с человеческим фактором, которые были особенно значительными в пики экономического кризиса.

В настоящее время активно проводится аналитика баз данных, интересы пользователей социальных сетей, которые одновременно являются целевой аудиторией. Благодаря цифровому маркетингу повысилась скорость принятия решений, стали более разнообразными сами процессы, готовность их оперативно пересматривать, руководствуясь потребностями клиентуры. Освободившееся в результате автоматизации время применяется в целях увеличения интеллектуального участия пользователей в осуществлении важных задач.

Подводя итог вышеизложенному, хотелось бы отметить, что применение цифровых инструментов продвижения для повышения конкурентоспособности, производимой предприятием продукции, вовсе не означает отказ от традиционных маркетинговых технологий. Скорее наоборот, цифровые технологии должны дополнить стандартные средства продвижения. Только такое их совместное и взаимодополняющее использование будет способствовать повышению эффективности деятельности по продвижению продукции, а, следовательно, приведёт и к незамедлительному росту конкурентоспособности отечественной продукции, как на российском, так и на зарубежном рынках.

Список литературы

1. Роджерс Д. Цифровая трансформация / Д. Роджерс. – М.: Айтеко, 2017. – 344 с.
2. Стеблюк И.Ю. Бизнес-процессы в условиях цифровой трансформации / [Электрон. ресурс] // *Journal of Economy and Business*, vol.3-2 C.113/https://maff.io/bytovye_primery_chno-takoe_internet_veshhej_iot / (Дата обращения 16.06.2020)
3. Мазурова Е. Как цифровой маркетинг меняет малый бизнес / [Электрон. ресурс]//<https://actualmarketing.ru/marketing/kak-cifrovoj-marketing-menyaet-malyj-biznes/> (Дата обращения 16.06.2020)
4. Цифровые технологии в промышленности и ИТ-отрасли [Электрон. ресурс]// <https://issek.hse.ru/news/368076191.html> (Дата обращения 18.06.2020)
5. Цифровой маркетинг. Особенности маркетинговой деятельности на электронном рынке. Комплекс цифрового маркетинга. [Электрон. ресурс]//https://studref.com/384513/informatika/tsifrovoy_marketing (Дата обращения 17.06.2020)
6. Рыжая А.И. Роль маркетинговых digital-технологий в развитии малых и средних предприятий 2019 [Текст] / А.И. Рыжая // Вектор экономики: электронный научный журнал. – 2019 - №4. - УДК 339.138
7. Щетинина И. В. Применение цифровых технологий продвижения для повышения конкурентоспособности продукции [Текст] / И.В. Щетинина // Экономинфо: электронный научный журнал. – 2018 - №4. -Т.15. с.50. -УДК 658.8

ОСОБЕННОСТИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО ЖИДКОФАЗНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЦИКЛООКТЕНА МОЛЕКУЛЯРНЫМ КИСЛОРОДОМ

Д.Р. Шангареев, Т.Н. Антонова, И.Г. Абрамов
Ярославский государственный технический университет,
г. Ярославль

Аннотация. С целью селективного окисления 1,5-циклооктена молекулярным кислородом в соответствующий эпоксид использован ряд катализаторов и каталитических систем, обладающих ярко выраженной регулирующей функцией. Обсужден механизм образования эпоксида циклооктена в процессе окисления циклооктена, реализация которого обеспечивает высокий выход целевого продукта.

Эпоксиды олефинов являются важными продуктами и интермедиатами основного органического и нефтехимического синтеза. Обладая рядом ценных свойств, они находят широкое применение и представляют собой промежуточное звено в цепочках большого числа крупнотоннажных органических синтезов [1].

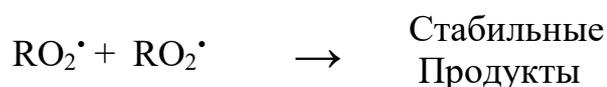
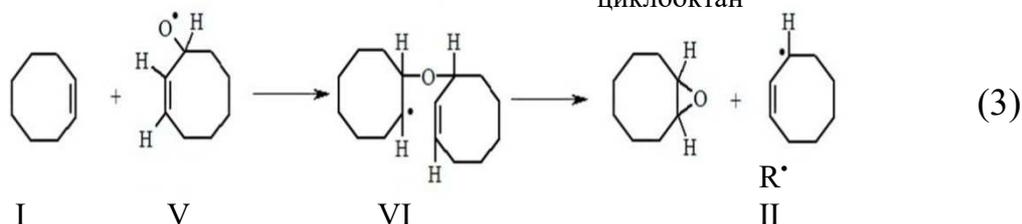
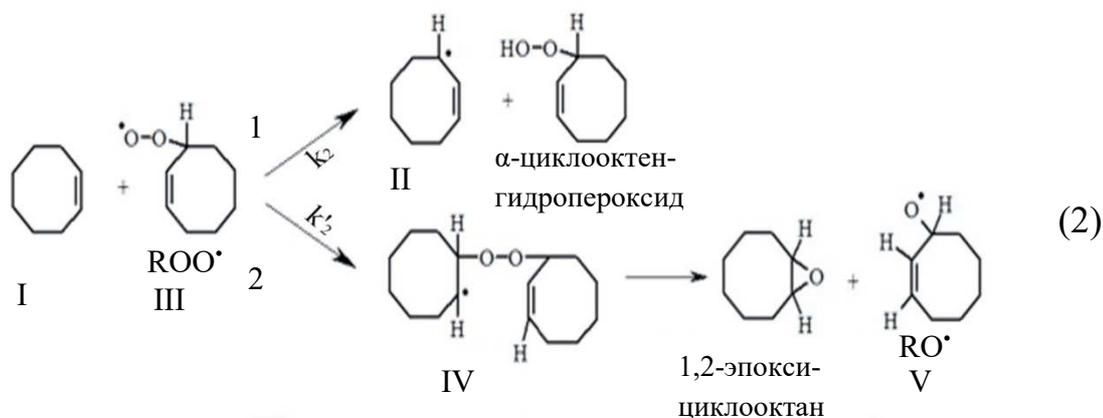
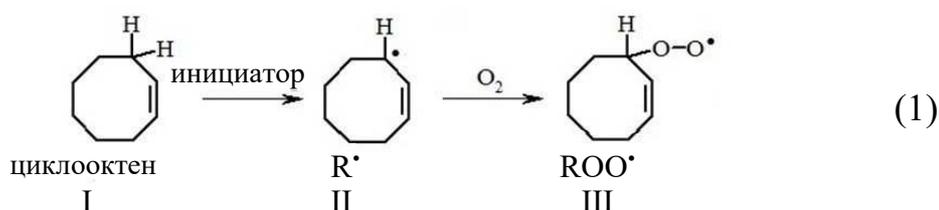
К соединениям такого класса, производимых в настоящее время в крупном промышленном масштабе (мировое производство более 10 млн. т/год), относятся оксиды низших олефинов – этилена и пропилена, которые применяются в производстве многоатомных спиртов для синтеза полиуретанов и гликолей. Все большее значение начинают приобретать также эпоксиды высших олефинов

(C₆ – C₁₈) линейного и циклического строения, используемые при синтезе различного типа поверхностно-активных веществ, алкидных смол, пластификаторов, присадок к маслам, стабилизаторов хлорированных продуктов и др.

Наиболее простым и дешевым методом представляется получение эпоксидов путем прямого окисления олефинов молекулярным кислородом, и в промышленности именно этим методом производят эпоксид этилена.

В литературе указывается [2,3], что жидкофазное инициированное окисление циклоолефинов, в частности, циклогексена (C₆) молекулярным кислородом также позволяет получать в качестве основного продукта реакции целевой эпоксид. Однако, выход эпоксиды циклогексена не превышает 50 % в расчете на превращенный циклогексен, в то время, как выход эпоксиды циклооктена (C₈) в присутствии тех же инициаторов заметно выше и достигает 65-70 %.

Известно [2-4], что инициирование реакции окисления циклооктена, как и других циклоолефинов протекает по аллильному механизму с отрывом атома водорода от α-C-H связи по отношению к двойной -C=C- связи (рис. 1, реакция 1):



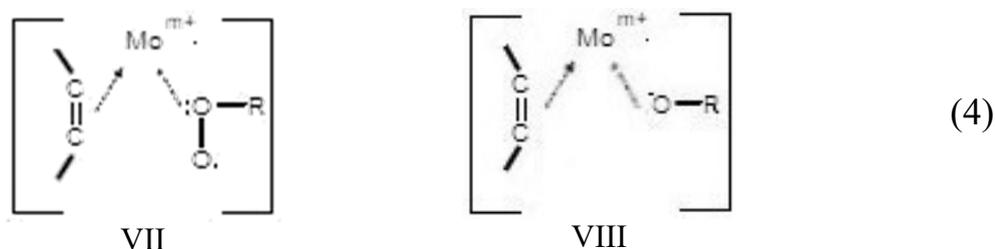


Рис. 1. Схема возможных превращений циклооктена в процессе его каталитического окисления в эпоксид

Реакция продолжения цепи (рис. 1, реакция 2) имеет два возможных направления (1 и 2) и основным из них, приводящим к образованию эпоксида, является направление 2, а, именно, реакция циклоприсоединения пероксидного радикала (III) к исходному циклооктену (I). Это подтверждается соотношением образующихся продуктов окисления – гидропероксида и эпоксида циклооктена, равным $0.21 \div 0.27$ (таблица).

Состав продуктов окисления циклооктена в зависимости от природы инициатора и катализатора.

Степень превращения циклооктена 12 %, температура – 398К;

Инициатор	Катализатор	Состав продуктов, мас.дол.%				Выход эпоксида на прореагировавший циклооктен, мол.%*
		эпоксид	гидропероксид	кетон	кислота	
Иницированное окисление						
-	-	7,10	1,56	1,32	1,05	52,70
ПБ (0,03 моль/дм ³)	-	6,50	1,84	1,12	0,82	48,20
ГПТБ (0,06 моль/дм ³)	-	8,30	2,01	0,97	0,65	61,50
Н-ГФИ (0,06 моль/дм ³)	-	7,10	2,19	1,25	1,10	52,70
Каталитическое окисление						
Н-ГФИ (0,03 моль/дм ³)	Гептамолибдат аммония (0,001 моль/дм ³)	10,80	0,31	0,90**	0,43	80,10
ГПТБ (0,03 моль/дм ³)	Гептамолибдат аммония (0,001 моль/дм ³)	12,45	0,25	1,15**	0,48	88,40

*выход эпоксида в расчете на прореагировавший циклооктен (селективность процесса);

**спирт (циклооктенол)

Для повышения выхода эпоксида становится целесообразным ограничить или исключить протекание процесса окисления циклооктена по направлению 1 (рис. 1, реакция 2) путем использования для этой цели каталитической системы с явно выраженной регулирующей функцией. Было установлено [5], что применение в процессе окисления каталитической системы, включающей соединение молибдена совместно с инициатором окисления, способствует увеличению скорости процесса (рис. 2) и повышению содержания эпоксида в продуктах в ~1.5 раза (таблица) по сравнению с традиционным иницированным окислением с сохранением радикально-цепного пути превращения исходного циклооктена. Выход эпоксида на превращенный циклооктен при его окислении в присутствии каталитической системы повышается до 88 мол.% (таблица).

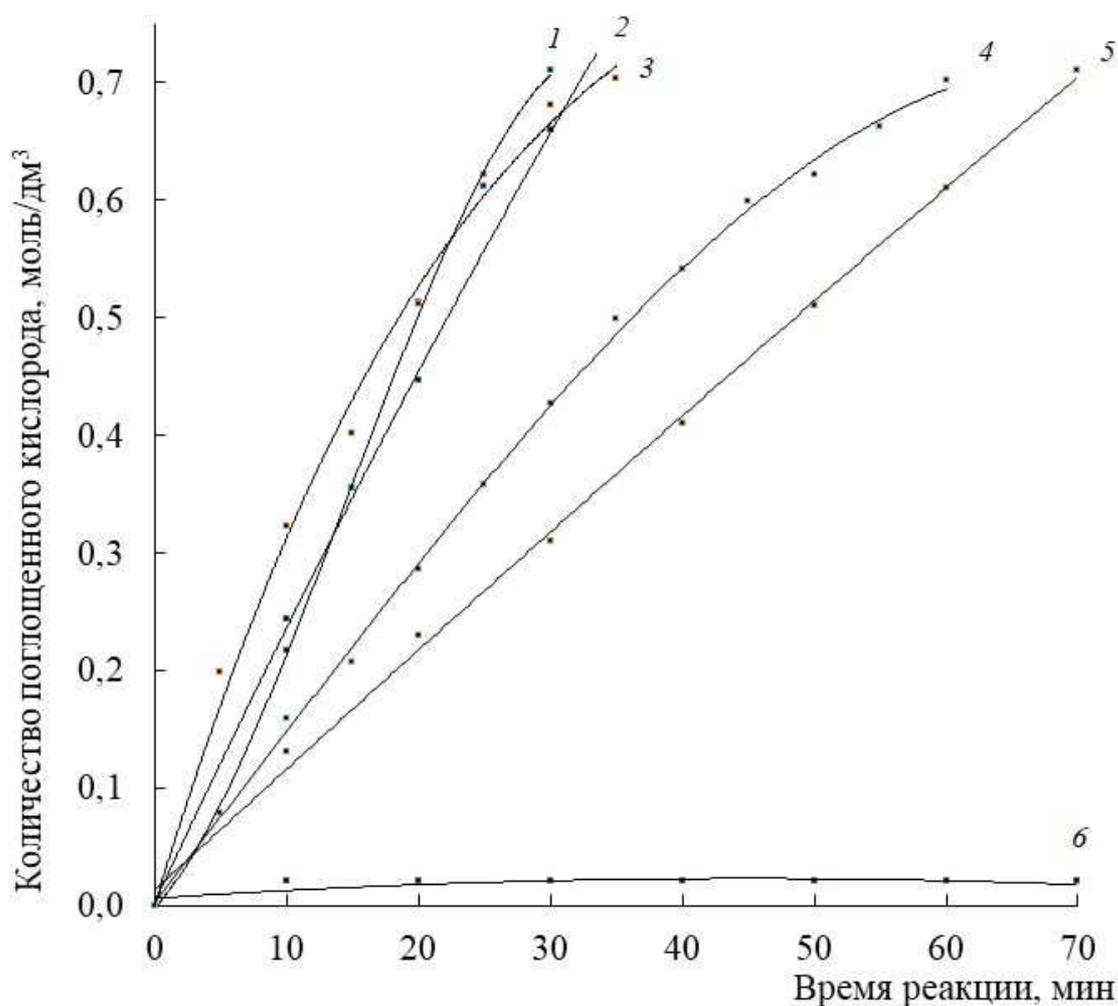


Рис. 2. Влияние природы катализатора на процесс окисления циклооктена молекулярным кислородом

1 – каталитическая система: ГПТБ + гептамолибдат аммония; 2 – стеарат кобальта; 3 – ГПТБ; 4 – гептамолибдат аммония; 5 – пропандиолат молибденила; 6 – пропандиолат молибденила + ингибитор (2,2,6,6-тетраметилпиперидин-1-оксил).
Температура реакции 398 К

Реализация регулирующей функции каталитической системы становится возможной, поскольку молибден, находясь в высшей степени окисления, обладает высокими комплексообразующими свойствами.

Вследствие донорно-акцепторного взаимодействия субстратов с вакантными d-орбиталями молибдена, пероксильный радикал RO_2^{\cdot} (III) будет участвовать в реакции циклоприсоединения к циклооктену через образование промежуточного каталитического комплекса (рис. 1, тройной комплекс VII). Перераспределение электронной плотности внутри комплекса с образованием радикала (IV) и последующий его распад приводит к совместному получению эпоксида и сопряженного с ним радикала RO^{\cdot} .

Следует отметить, что алкоксильный радикал RO^{\cdot} (V) образующийся по реакции 2 (рис. 1) в эквимольном количестве по отношению к целевому эпоксиду при использовании каталитической системы на основе молибдена, по нашему мнению, может являться источником образования дополнительных количеств 1,2-эпоксициклооктана, участвуя в реакции циклоприсоединения.

Это предположение основывается, прежде всего, на экспериментальных данных по составу продуктов окисления, где выход целевого продукта достигает 80-88 мол.% в расчете на превращенный циклооктен (таблица), поскольку без его участия в этой реакции теоретический выход эпоксида не может превышать 50 мол.%.

Превращение алкоксильного радикала RO^{\cdot} (V) в эпоксид в присутствии молибденсодержащего катализатора становится вполне возможным, поскольку молибден, как активный комплексообразователь, способен формировать лабильный тройной комплекс и с его участием (рис. 1, комплекс VIII). Возникающий в результате этой реакции радикал R^{\cdot} (II) вновь начинает цепь окислительных превращений циклооктена.

Список литературы

1. Сулимов А.В. Оксиды олефинов – технологии производства и перспективы развития / А.В. Сулимов, А.В. Овчарова, М.Р. Флид, С.В. Леонтьева // Национальная ассоциация ученых. Ежемесячный научный журнал. – 2014. – № 4. – С. 97 – 100.
2. Могилевич М.М. Окисление и окислительная полимеризация непредельных соединений / М.М. Могилевич, Е.М. Плисс. - М.: Химия, 1990. – 240с.
3. Филиппова Т.В. Механизм эпоксидирования олефинов молекулярным кислородом / Т.В. Филиппова, Э.А. Блюмберг // Успехи химии. – 1982. -Т.51. – № 6. – С. 1017 – 1033.
4. Denisov E.T., Afanas'ev I.B. Oxidation and antioxidants in organic chemistry and biology, Taylor&Francis, 2005.
5. Shangareev D.R. The mechanism of formation of epoxy cyclooctane in the process of catalytic liquid-phase oxidation of cycloocten by molecular oxygen / D.R. Shangareev, T.N. Antonova, T.S. Sivova, I.G. Abramov // XI International Conference "Mechanisms of Catalytic Reactions", 2019.

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОЖУХОТРУБЧАТОГО КОНСТРУКЦИИ ТЕПЛООБМЕННИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОФИЛИРОВАННЫХ ТРУБ

З.С. Илалов, О.В. Четверткова, А.Г. Гайнанова
Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа

Аннотация. В статье была рассмотрена модернизация конструкции теплообменника с использованием профилированных труб. Был проведён обзор достоинств и недостатков данного метода интенсификации теплообмена. Разработан проект методики измерения теплообменных свойств труб, используя математическое моделирование.

Внедрение эффективных и дешевых теплообменников с трубными пучками, выполненными в виде теплообменных труб с развитым профилем, приведет к существенной экономии материальных и энергетических ресурсов. Улучшение теплогидродинамических характеристик поверхностей нагрева возможно несколькими способами, одним из которых является развитие внутренней и наружной поверхностей труб радиальным вдавливанием участков стенки трубы с образованием различного вида профиля трубы.

Это позволяет получить существенное развитие поверхностей, омываемых теплоносителями внутри и снаружи, а также интенсифицировать теплообмен за счет турбулизации потоков в выемках и впадинах.

Результатом исследований является повышение теплообменных свойств при использовании труб с поверхностью теплообмена со спирально-закрученным профилем.

В современных конструкциях теплообменников наибольшее термическое сопротивление теплопередачи возникает в пристенном слое. Интенсификация теплопередачи наблюдается при уменьшении толщины или разрушении пограничного слоя, но это связано с ростом гидравлического сопротивления и увеличением энергозатрат на его преодоление. При использовании труб форм, отличных от гладких происходит увеличение теплоотдачи при значительно меньших затратах энергии, чем на гладких формах поверхности. Интенсифицирующие воздействия формы поверхности теплообмена в каналах будут благоприятны, когда эта форма вызывает в пограничном слое усиленное обновление частиц жидкости.

Исходя из этого можно установить, что развитая теплообменная поверхность действительно интенсифицирует процесс теплообмена, за счёт чего можно уменьшить габариты и вес аппарата, сохранив теплообменные свойства на прежнем уровне.

Для достижения цели исследований было проведено:

1. Произведен анализ течения жидкости внутри кожухотрубчатых аппаратов, изучена нормативная техническая документация, был найден путь решения существующих задач.
2. Были проведены исследования и математическое моделирование течения

жидкости внутри теплообменных труб с различным профилем. Эти исследования показали целесообразность их использования, поскольку благодаря развитому профилю теплоотдача возрастает более, чем на 50 %.

Решение описанных задач обеспечивает повышение производительности кожухотрубчатого теплообменника, позволяет уменьшить металлоёмкость при его производстве и уменьшить общие размеры аппарата.

Список литературы

1. Патент №RU2391613 С1, 10.06.2010. Кожухотрубный теплообменник / Наумов Александр Лаврентьевич, Мирзоян Гамлет Ашотович, Сотников Виктор Михайлович.

2. Бабицкий И.Ф. Расчет и конструирование аппаратуры нефтеперерабатывающих заводов / И.Ф. Бабицкий, Г.Д. Вихман, С.И. Вольфсон; ред. Г.Л. Вихман. – 1965 – 905 с.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООБМЕНА В КОЖУХОТРУБЧАТОМ ТЕПЛООБМЕННОМ АППАРАТЕ

З.С. Илалов, О.В. Четверткова, А.Г. Гайнанова
Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа

***Аннотация.** Целью исследования является разработка новой конструкции труб в кожухотрубчатом теплообменнике на основе уже существующих исследований, для интенсификации процесса теплообмена и общего повышения эффективности работы теплообменников.*

Внедрение эффективных и дешевых теплообменников с трубными пучками, выполненными в виде интенсифицированных теплообменных труб, приведет к существенной экономии материальных и энергетических ресурсов. Улучшение теплогидродинамических характеристик поверхностей нагрева возможно несколькими способами, одним из которых является развитие внутренней и наружной поверхностей труб радиальным вдавливанием участков стенки трубы с образованием впадин и выступов различного профиля.

Это позволяет получить существенное развитие поверхностей, омываемых теплоносителями внутри и снаружи, а также интенсифицировать теплообмен за счет турбулизации потоков в выемках и впадинах.

Интенсификация теплообмена также позволит сократить размеры кожухотрубных теплообменников. Разумное увеличение скорости теплообмена может быть использовано на пути к снижению размеров и массы оборудования – интенсификация позволит сократить габариты в полтора-два раза, в той же степени уменьшив и металлоемкость, сохранив при этом эффективность работы теплообменника.

Как показывает опыт различных предприятий, внедрение методов интенсификации позволят достигнуть значительного увеличения эффективности работы теплообменного оборудования. Такое улучшение ведет, в свою очередь, к

заметному сокращению эксплуатационных затрат и экономии средств предприятия.

Недостаток кожухотрубного теплообменника с теплообменными трубами диффузорно-конфузорного профиля заключается в том, что профиль труб в продольном сечении очерчен пологими синусоидальными линиями. При обтекании труб в каждом сечении попарно образуются области относительного давления и разрежения, однако геометрия диффузорно-конфузорных участков не обеспечивает условий оптимального поперечного обтекания наружной трубчатой поверхности, что ухудшает гидродинамическую обстановку и уменьшает возможный уровень турбулентности потока теплоносителя, генерируемый трубчатыми элементами поверхности.

Для достижения целей работы были решены следующие задачи:

1. Произведен анализ различных конструкций теплообменных труб, произведён сравнительный расчёт, подобраны материалы, из которых могут быть изготовлены теплообменные трубы.

2. Были проанализированы такие параметры, как ток жидкости внутри труб, были посчитаны тепловые карты, рассчитана турбулентность потока, перемешивание, температура ядра потока;

3. Проведены исследования по температуре потоков на выходе, теплоотдаче труб с различным профилем, подобрана конструкция с максимальной теплоотдачей.

Решение описанных задач обеспечивает увеличение производительности теплообменника при условии сохранения его размера, либо аналогичную производительность при меньших размерах аппарата.

Список литературы

1. Патент №RU2457415 С2, 27.07.2012. Теплообменный аппарат / Гуреев Виктор Михайлович, Гортышов Юрий Федорович, Краснянский Василий Степанович, Хуснуллин Марс Гиниятович, Калачев Иван Федорович, Танрыверди Сэркан Абузарович, Низамиев Алмаз Лутович, Низамиев Лут Бурганович.

2. Бабицкий И.Ф. Расчет и конструирование аппаратуры нефтеперерабатывающих заводов / И.Ф. Бабицкий, Г.Д. Вихман, С.И. Вольфсон; ред. Г.Л. Вихман. – 1965 – 905 с.

РАСЧЕТ ГИДРОДИНАМИКИ ГИДРОЦИКЛОНА ДЛЯ СЕПАРАТОРА ПЕРВОЙ СТУПЕНИ ПОДГОТОВКИ НЕФТИ

Э.А. Богданов, И.Г. Ибрагимов

Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа

Аннотация. В статье был рассмотрен расчет гидродинамики циклона в вертикальном нефтегазовом сепараторе. Разработана методика расчета гидродинамики циклона, используя математическое моделирование.

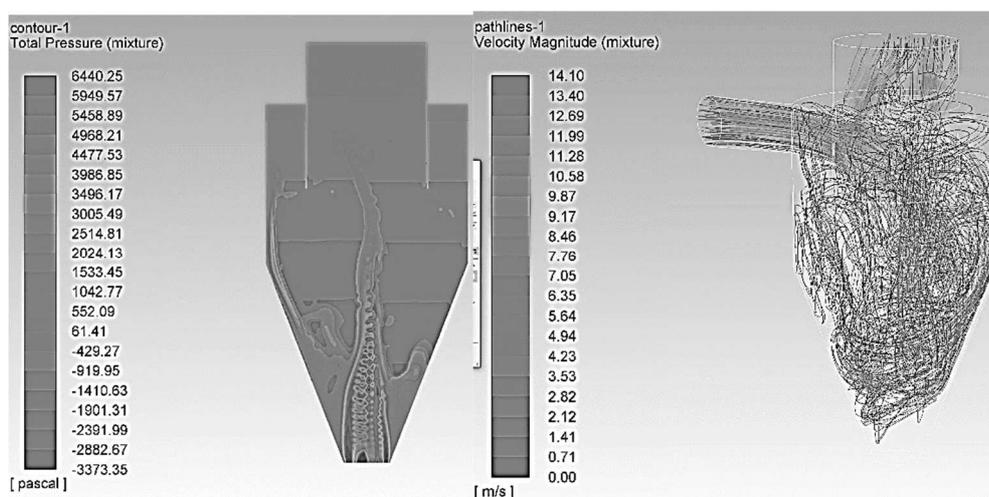
В данное время подготовка нефти проводится в центральных пунктах сбора (ЦПС), на которых происходит отделение газа, обезвоживание и обессоливание нефти, то есть основной сброс пластовой воды, а вместе с ней и солей, которые растворены в нефтяной эмульсии. Перечисленные включения являются балластными, некоторые из них обладают коррозионными свойствами, замерзающими при низких температурах (вода) и осложняют транспортировку нефти и газа по трубопроводам. От чистоты подготовленной нефти зависит качество продуктов, получаемых на нефтеперерабатывающих заводах. Правильный выбор сепаратора и их внутренних устройств представляется исключительно важной и актуальной задачей.

Целью работы является повышение эффективности работы вертикального нефтегазового сепаратора с циклонным вводом сырья.

Установленные на промысловых объектах подготовки нефти горизонтальные сепараторы не обеспечивают полного удаления газа из нефти, в результате чего в резервуары поступает нефть с высоким остаточным содержанием растворенного газа.

Существующие нефтяные сепараторы с гидроциклонным вводом сырья в силу их конструктивных недоработок, вызванных недостаточной изученностью гидродинамики выделения газа и легких углеводородов из нефти в поле центробежных сил, не обеспечивают всех преимуществ этого способа.

Был разработан нефтегазовый вертикальный сепаратор с устройством тангенциального ввода сырья циклона. Целью расчета является численное моделирование гидродинамики циклона, определение оптимальных конструктивных параметров для дальнейшего моделирования сепарации нефти от попутного газа. Модель представляет собой внутреннее пространство, границами которой являются две трубы, которые разделяют внутреннее пространство и организуют контур вращения, конусная часть внизу модели. Созданы две модели с разным внешним диаметром циклона, рассчитанные по заданной производительности вертикального сепаратора.



Распределение полного давления и полной скоростей по сечению циклона

Моделирование гидродинамики выполнено в ANSYS Fluent, в результате чего получены тангенциальные и радиальные составляющие скорости по

сечению, перепад давления в циклоне, застойные зоны, а также даны рекомендации по подбору оптимальной конструкции циклона.

Список литературы

1. Лутощкин Г.С. Сбор и подготовка нефти, газа и воды: Учебник для вузов. – 3-е изд., стереотипное. Перепечатка со второго издания 1979г. – М.: ООО ТИД «Альянс», 2005. – 319 с.
2. ANSYS Help [Электронный ресурс]. – URL: <https://ansyshelp.ansys.com>.

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ЗМЕЕВИКА РАДИАНТНОЙ ТРУБЧАТОЙ ПЕЧИ УСТАНОВКИ ПРОИЗВОДСТВА БАЗОВЫХ МАСЕЛ

М.Г. Ефимушкин, Р.Г. Ризванов

Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа

Аннотация. В статье рассмотрена модернизация импортной трубчатой печи путем разработки новой конструкции радиантного змеевика с целью повышения эффективности процесса теплообмена. В ходе работы был произведен подбор и замена импортной марки стали змеевика на отечественную, более дешевую и доступную. Разработана конструкция змеевика и проведен прочностной расчет. Проведен сравнительный анализ теплообмена и гидродинамики в программе ANSYS Fluent существующего и модернизированного змеевика.

Змеевик является наиболее значимой частью трубчатой печи. Его собирают из дорогостоящих горячекатаных бесшовных печных труб и отводов. Радиантный змеевик больше всего подвергается негативным воздействиям высоких температур и износу, поэтому важно модернизировать его в целях увеличения срока службы как самого змеевика, так и печи в целом.

Модернизация печи путем замены змеевика необходима для восстановления теплового баланса установки производства базовых масел. В ходе модернизации установки производства базовых масел с целью получения нового продукта предусмотрена замена греющей среды в двух сырьевых теплообменниках. Замена греющей среды отражается на тепловом балансе установки в виде потери температуры сырья реактора на 10-15 °С. Нагрев сырья осуществляется в кожухотрубчатых теплообменниках за счет рекуперации тепла. Единственным нагревательным оборудованием в технологической схеме без рекуперации тепла является трубчатая печь. Выбор модернизации печи обоснован тем, что срок службы змеевика составляет 5 лет, а его замена производится каждый межремонтный пробег. Замена теплообменников потребует более значительных финансовых затрат, по сравнению с заменой змеевика печи.

В первую очередь, для удешевления стоимости змеевика был осуществлен подбор отечественной марки стали, хорошо зарекомендовавшей себя в высокотемпературных каталитических процессах и процессах гидроочистки, а также устойчивой к сернистой коррозии. Такой сталью является аустенитная

высоколегированная, жаропрочная и коррозионно-стойкая сталь марки 12Х18Н10Т [1].

Модернизация змеевика была осуществлена за счет применения трубного проката по ГОСТ 9940-81 [2] большего диаметра и крутоизогнутых отводов по ТУ 1468-001-17192736-01 [3] с меньшим радиусомгиба, по сравнению с существующим змеевиком. Применение отечественного трубного проката и отводов позволило увеличить площадь теплообмена печи на 16,65 м² (23,7 %), без значительных изменений габаритных размеров змеевика.

В результате теплового анализа было выявлено, что значение коэффициента теплопередачи существующего змеевика больше, но за счет большей площади теплообмена нагрев среды в модернизированном змеевике эффективнее. Гидравлический анализ показал меньший перепад давления на модернизированном змеевике за счет увеличения площади проходного сечения, а, следовательно, снижение скорости движения среды.

В результате работы была разработана более эффективная конструкция радиантного змеевика трубчатой печи, которая способна компенсировать потери температуры сырья реактора в 10-15 °С, восстанавливая тепловой баланс установки. Также новая конструкция имеет большее проходное сечение, что позволяет увеличить производительность печи.

Список литературы

1. Шарихин В.В. Трубчатые печи нефтегазопереработки и нефтехимии: учебное пособие / В.В. Шарихин, Н.Р. Ентус, А.А. Коновалов, А.А. Скороход. – М.: Сенсоры. Модули. Системы, 2000. – 392 с.
2. ГОСТ 9940-81. Трубы бесшовные горячедеформированные из коррозионно-стойкой стали. Технические условия. – Введ. 01.01.1983. – М.: Стандартинформ, 2007. – 8 с.
3. ТУ 1468-001-17192736-01. Отводы крутоизогнутые бесшовные приварные из легированной и высоколегированной стали. – Введ. 10.04.2001. – 41 с.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРУБЧАТОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ ЖИДКОСТИ ДЛЯ КОЛОННЫХ АППАРАТОВ

Р.В. Нургалиева, О.А. Насибуллина

Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа

Аннотация. В статье была разработана методика расчета гидродинамических характеристик трубчатого распределителя жидкости для колонных аппаратов. Рассчитаны разные конструкции трубчатых распределителей жидкости, произведён анализ результатов.

Важным узлом в колонных аппаратах является устройство для ввода жидкости и пара, которые отвечают за обеспечение равномерного распределения

по сечению колонны потоков жидкости (сырья, орошения) и пара (парового орошения). При использовании распределителя жидкости в насадочной колонне наиболее полное смачивание насадки и наибольшая эффективность аппарата достигаются при равномерном распределении жидкости по поперечному сечению колонны.

Объектом исследования данной работы является трубчатый распределитель, который должен удовлетворять требованию равномерного распределения жидкости внутри колонного аппарата.

Добиться равномерного распределения жидкости можно максимально приблизив массовые расходы жидкости из каждого отверстия истечения. Также необходимо произвести расчет коэффициентов сопротивления при входе в боковые трубы.

Методика расчета гидродинамических характеристик методом конечных элементов с помощью программы ANSYS CFX:

1. Создание 3D-модели пространства внутри распределителя занимаемой жидкостью. Если распределитель является симметричным устройством относительно оси симметрии, то для расчета достаточно взять симметричную половину модели для упрощения и быстроты расчета.

2. Создание сетки. Расчетную сетку элементов, которая способна уловить градиенты в пограничном слое по нормали к поверхности с использованием минимального числа элементов, необходимо создавать используя функцию Inflation.

3. Задание параметров. В расчете учитываются давление и температура среды, а также ее теплофизические свойства.

4. Анализ результатов. Для анализа результата задаем плоскости, количество плоскостей должно равняться количеству отверстий истечения. Плоскости представляют собой окружность, вписанную в отверстие истечения, для ее создания задаем координаты центра окружности и радиус. С помощью калькулятора рассчитываем массовый расход в каждом отверстии истечения трубчатого распределителя и определяем среднее квадратичное отклонение данных значений, чем меньше данное значение, тем лучше проходит распределение.

Для определения коэффициентов сопротивления необходимо определить значение перепада, для этого необходимо найти значение давления в центральной трубе на входе в боковую трубу и в самой боковой трубе, для этого также задаются плоскости. Для того чтобы вывести данные значений давлений необходимо создать таблицу. Для расчета значения давления вводится формула «=areaAve(Pressure)@Plane -1e6 [Pa]» изменяя параметр «Location» вводим необходимые нам плоскости, которые были построены для расчета давления ранее. Находим разницу давлений между центральной и боковой трубой, а далее вычисляем коэффициент сопротивления. Чем меньше данное значение, тем меньше сопротивление при входе в боковую трубу и меньше нагрузка на нее.

Сравнивая параметры распределителей жидкости разной конструкции, а именно с перпендикулярным расположением труб и с расположением труб под углом 60°, у второй модели распределителя среднее квадратичное отклонение меньше и равно 0,086, чем у распределителя с перпендикулярным

расположением боковых труб, среднее квадратичное отклонение которого равно 0,132. Исходя из полученных результатов, равномерное распределение жидкости внутри колонного аппарата лучше будет обеспечивать распределитель с боковыми трубами под углом 60° , также, коэффициенты сопротивления при входе в боковые трубы также имеют меньшее значение.

Список литературы

1. Александров И.А. *Ректификационные и абсорбционные аппараты. Методы расчета и основы конструирования.* – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1978. – 280 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТАНГЕНЦИАЛЬНОГО ВВОДА СЫРЬЯ В ВЕРТИКАЛЬНОМ НЕФТЕГАЗОВОМ СЕПАРАТОРЕ

Э.А. Богданов, И.Г. Ибрагимов

Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа

Аннотация. В статье было рассмотрено модернизация вертикального нефтегазового сепаратора с использованием тангенциального ввода сырья. Разработана методика расчета сепарации в устройстве тангенциального ввода (циклоне), используя математическое моделирование.

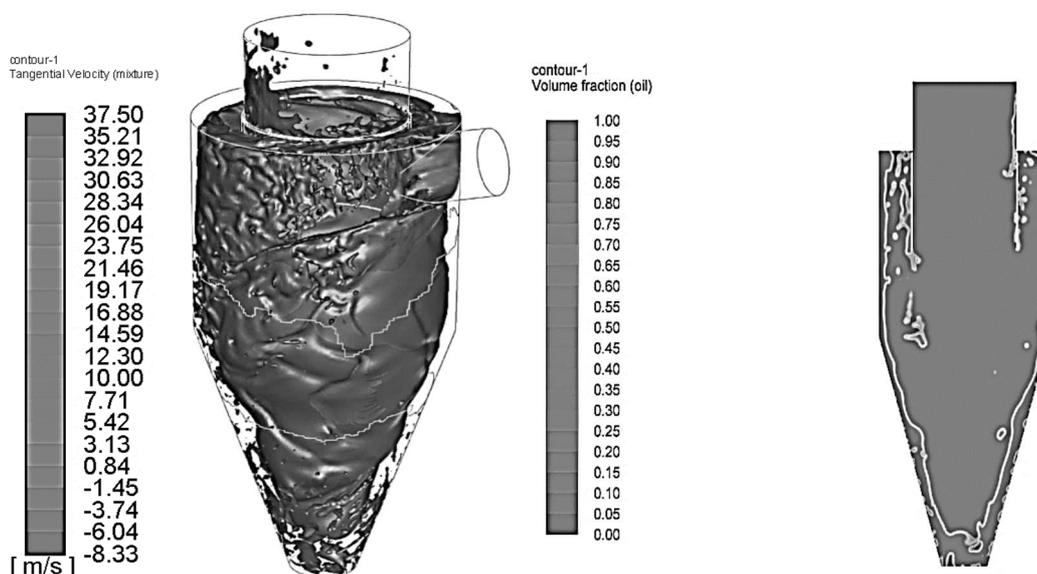
Как известно, добываемые из месторождения нефть и газ содержат разнообразные посторонние примеси неуглеводородного характера. К ним относятся механические примеси, соли, вода, сероводород, углекислый газ и множество других веществ. Перечисленные включения являются балластными, некоторые из них обладают коррозионными свойствами, замерзающими при низких температурах (вода) и осложняют транспортировку нефти и газа по трубопроводам. Кроме того, перед транспортировкой газ необходимо освободить от легко сжигающих компонентов, а нефть от попутных газов. Для достижения обозначенных целей требуется предварительная подготовка нефти и газа перед транспортировкой на нефтеперерабатывающие предприятия.

Установленные на промысловых объектах подготовки нефти горизонтальные сепараторы не обеспечивают полного удаления газа из нефти, в результате чего в резервуары поступает нефть с высоким остаточным содержанием растворенного газа.

Существующие нефтяные сепараторы с гидроциклонным вводом сырья в силу их конструктивных недоработок, вызванных недостаточной изученностью гидродинамики выделения газа и легких углеводородов из нефти в поле центробежных сил, не обеспечивают всех преимуществ этого способа.

Был разработан нефтегазовый вертикальный сепаратор с устройством тангенциального ввода сырья циклона. Целью данной работы является численное моделирование сепарирования смеси нефти и попутного нефтяного газа в циклоне.

Модель представляет собой внутреннее пространство, границами которой являются две трубы, которые разделяют внутреннее пространство и организуют контур вращения, конусная часть внизу модели. Созданы две модели с разным внешним диаметром циклона, рассчитанные по заданной производительности вертикального сепаратора.



Распределение тангенциальных скоростей и концентрации нефти по сечению циклона

Моделирование сепарации двухфазной смеси выполнено в ANSYS Fluent, в результате чего получены массовые и объемные доли продуктов на выходе из циклона; тангенциальные и радиальные составляющие скорости по сечению, концентрация нефти по сечению циклонов, установлена зависимость диаметра циклона от степени разгазированной; а также даны рекомендации по подбору оптимальной конструкции циклона.

Список литературы

1. Лутошкин Г.С. Сбор и подготовка нефти, газа и воды: учебник для вузов. – 3-е изд., стереотипное. Перепечатка со второго издания 1979г. – М.: ООО ТИД «Альянс», 2005. – 319 с.
2. ANSYS Help [Электронный ресурс]. – URL: <https://ansyshelp.ansys.com>.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Г.Р. Нуретдинова

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань

Аннотация. В данной статье рассмотрено использование нанотехнологий в строительстве, в частности бетона. Особенности и характеристики нанобетона. Перечислены основные виды нанобетонов и их назначение.

Ключевые слова: нанотехнология, нанобетон, наноматериалы, строительство.

Стройматериалы и системы, приготовленные из консистенции цемента, песка, щебня и воды, уже не отвечают притязаниям, предъявляемым к прогрессивному строительству. Бетон считается более обширно всераспространенным материалом в строительной ветви и деятельно применяется при строительстве домов и сооружений. В реальное время нельзя предположить для себя построение какого-нибудь строительного объекта без использования бетона. Размеры изготовления предоставленного строительного материала считаются броским подтверждением его востребованности.

Особая индивидуальность нанобетона в том, что его организаторы имеют прекрасную крепкость, собственно, что понижает запросы к армированию бетонной системы. Крепкость сего бетона повыше приблизительно на 150 %, по сопоставлению с простым, при данном, авторитет системы из нанобетона гораздо меньше, приблизительно в 5 раз, по сопоставлению с сооружением, возведенным из простого бетона. К тому же, морозостойкость нанобетона повыше приблизительно на 50 %.

Специалисты считают, что с поддержкой нанотехнологий целенаправленно регулировать не только крепкость бетона, которая в современном строительстве располагается на высочайшем уровне, а уделять иным свойствам, к примеру, долговечности. В первую очередь, животрепещущим считается заключение трудности долговременного сбережения сухих стройматериалов без понижения потребительских данных.

Класс нанобетонов подключает некоторое количество категорий:

1. Легкие нанопенобетоны рекомендованы для применения в личном строительстве и для построения переборок в помещениях различного предназначения. Имеющие место быть стереотипы нетяжелых конструкционных бетонов позиционируют их в спектре плотностей от 1,2 до 1,7 т/м³.

2. Нанобетоны средней плотности используются в строительстве объектов, к коим выдвигаются запросы увеличенной крепости (мосты, дорожные и аэродромные покрытия и т.п.).

3. Нанобетоны высочайшей, сверхвысокой крепости подходят для постройки несущих систем в жилых жилищах, в платных зданиях, в сооружениях промышленного сельскохозяйственного предназначения (обустройство лифтовых шахт, изготовление балок, ферм и др.).

Главные фаворитные качества, которыми владеет нанобетон.

Индивидуальность нанобетона – его крепкость. По этому параметру он в полтора раза превосходит обыденный бетон. В соответствии с этим, качество, долговечность, обстоятельства эксплуатации еще станут на стороне передового невесомого материала. Высока и долговечность сего материала. Морозостойкость возрастает вполтину, относительно с иными обликами. Ему не страшны температуры до минус 150-180 °С. Температурный порог: минус 180 градусов – плюс 800 градусов (выдерживает экстремальное нагревание). Гигиеничность, бактерицидность (компонент, входящий в структуру, при контакте с кислородом сформирует и выделяет особые препараты, имеющие антисептическое действие). Под действием солнечных лучей микрочастицы диоксида титана делаются фотокатализатором, который конвертирует пары воды

и атмосферный воздух в атомарный воздух, владеющий антибактериальным воздействием.

С их поддержкой крепят жилища, строят свежие строения, увеличивают опоры и сечения, пользуют вдавливаемые сваи в фундамент. Благодаря высококачественных данных материала, покрытие станет больше долговременным, высококачественным, стойким к механическим повреждениям, безвредным.

Наноструктурированные бетоны, средние по плотности, владеют высочайшей крепостью и прекрасными эксплуатационными свойствами. Их пользуют при строительстве мостов, в дорожном строительстве и при укладке аэродромных покрытий. Свежее бесшовное долговременное дорожное покрытие обладает не только крепкой почвой, но и значительно безопаснее при землетрясениях.

Разработаны и сверхпрочные наноструктурированные бетоны, применяющиеся для сооружения несущих составляющих домов, лифтовых шахт. Сейчас проектировщики оценивают вероятность использования нанобетонов при строительстве домов в сейсмически интенсивных зонах, а еще для закрепления жилищ, уже имеющих в данных зонах. Предлагается увеличивать опоры, сечения, применить вдавливаемые сваи в фундаменте, значимо повышая его надежность. Наверное, нанобетоны станут использоваться и при строительстве подземных объектов в передовых городах

Нанотехнологии содействуют улучшению качеств бетона и ведут к разработке свежих, жизнестойких, современных композитов на базе цемента с уникальными механическими, термическими и электронными качествами.

Список литературы

1. *Scrivener K.L. Innovation in use and research on cementitious material / K.L. Scrivener, R.J. Kirkpatrick. Cem Concr Res 2008; 38(2): 128-36.*
2. *Вовк А.И. Добавки на основе отечественных поликарбоксилатов / А.И. Вовк. – Технологии бетонов, 2013. – № 4. – С. 13-15.*

СПОСОБ МОДИФИКАЦИИ ЛИГНИНА СТЕАРИНОВОЙ КИСЛОТОЙ В ТВЕРДОЙ ФАЗЕ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Д.Е. Штепенко, А.В. Протопопов

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Аннотация. В ходе работы была изучена возможность взаимодействия лигнина с стеариновой кислотой в твердой фазе при высоких температурах. В результате опытов были получены термопластичные продукты взаимодействия лигнина со стеариновой кислотой. С применением метода ИК-спектроскопии показано образование сложноэфирной связи в продуктах модификации лигнина.

Лигноцеллюлозные полисахариды инкрустированы лигнином, который долгое время считался препятствием для эффективного использования

полисахаридов во время таких процессов, как варка целлюлозы и биоэтанол. Следовательно, были получены многочисленные трансгенные линии растений с пониженным содержанием лигнина, что привело к более эффективному ферментативному осахариванию и перевариванию корма. Однако лигнин также является потенциальным сырьем для ароматических продуктов и важного топлива прямого сгорания или побочного топлива при утилизации полисахаридов, таких как варка целлюлозы и производство биоэтанола. Для производства ароматического сырья сложная структура лигнина вместе с его окклюзией в полисахаридных матрицах делает использование лигнина неразрешимым. Чтобы облегчить эти трудности, упрощение структуры лигнина является важной селекционной целью для будущего использования лигнина в большом количестве. Кроме того, более высокое содержание лигнина выгодно для повышения значений нагревания лигноцеллюлозы, поскольку лигнин имеет гораздо более высокие значения нагревания, чем полисахариды, целлюлоза и гемицеллюлозы. Структурная модификация лигнина также может быть эффективной в увеличении значений нагревания биомассы лигноцеллюлозы, потому что значение нагревания п-гидроксифенил лигнина является самым высоким, за которым следуют значения гваяциллигнина и сирингиллигнина в этом порядке.

Лигнин является доступным и важным сырьем для органического синтеза, источник которого постоянно возобновляется в процессе фотосинтеза. Тем не менее, возможности его использования изучены явно недостаточно и ограничиваются несколькими примерами. В России, в результате переработки древесины, на долю лигниновых отходов приходится более 1,5 млн. тонн/год. Из этого количества используется примерно 20-25 %, главным образом как топливо, и в качестве удобрений. Незначительное количество лигнина подвергается химической переработке, в частности, для получения ванилина, нитролигнина, в производстве фенол-формальдегидных смол. Исследование путей его модификации и применения являются актуальными для использования в строительстве, в приготовлении лакокрасочных изделий, в производстве удобрений, сорбентов различных направлений, и т.д.

Также большой интерес представляет собой химическая модификация лигнинов, с целью получения продуктов с заданными свойствами, такими как – биологическая активность, сорбционная активность. Особый интерес представляют термопластичные продукты модификации лигнина, способные к переработке методами экструзии и литья под давлением. С целью придания подобных свойств лигнину нами было изучено взаимодействие сульфатного лигнина стеариновой кислотой.

В ходе проведенной работы, нами было исследовано взаимодействие лигнина с стеариновой кислотой с целью получения сложных эфиров лигнина. Реакцию проводили в твердой фазе при температурах 160⁰ и 220⁰С.

В процессе температурной модификации лигнин претерпевает частичное разложение с образованием радикалов, с которыми взаимодействует стеариновая кислота. По завершению процесса были получены прочные структурированные плитки. Исследование полученных продуктов методом ИК-спектроскопии (рис. 1) показало образование сложноэфирных связей, при этом в продукте

взаимодействия наблюдается уменьшение полосы поглощения в области 3600 см^{-1} в результате уменьшения количества свободных гидроксильных групп и увеличение полосы поглощения в области 1740 см^{-1} , характерной для колебаний сложноэфирной группы, что также свидетельствует о протекающем взаимодействии.

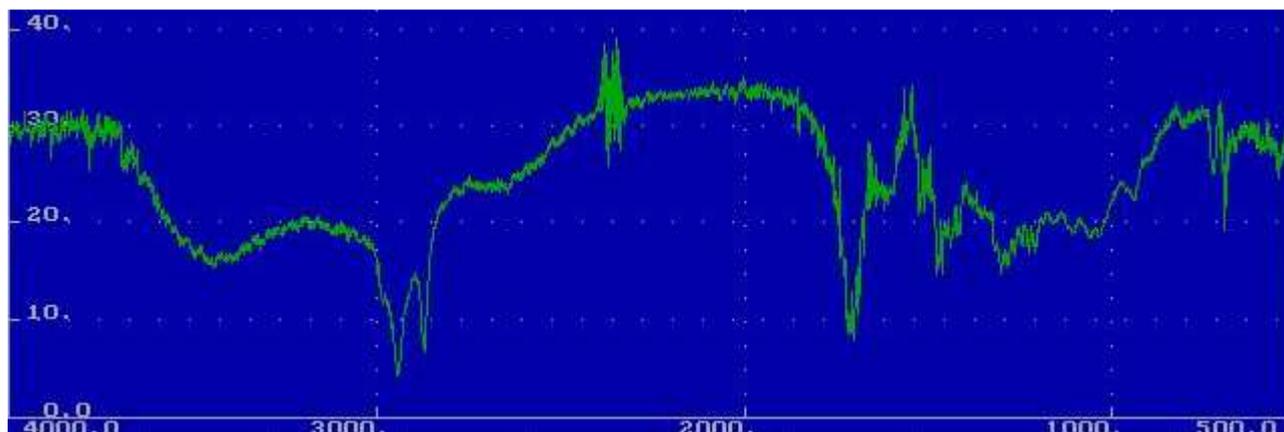


Рис. 1. ИК-спектр продуктов взаимодействия лигнина с стеариновой кислотой при $160\text{ }^{\circ}\text{C}$

Для продукта взаимодействия при $220\text{ }^{\circ}\text{C}$ интенсивность полосы поглощения в области 1740 см^{-1} выше чем в предыдущем случае, что может говорить о более высокой степени превращения продуктов модифицированного лигнина. Полученные при этой температуре продукты обладают более высокой прочностью и менее склонны к механическому разрушению.

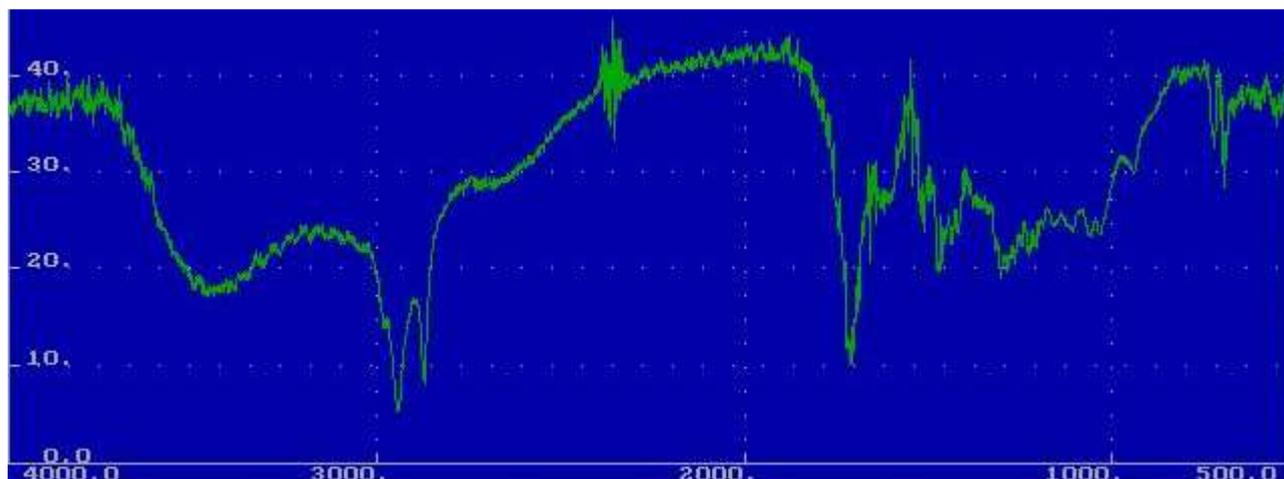


Рис. 2. ИК-спектр продуктов взаимодействия лигнина с мочевиной при $220\text{ }^{\circ}\text{C}$

Полученные данные показывают возможность взаимодействия лигнина в твердой фазе с карбоновыми кислотами. Полученные продукты обладают термопластичностью и высокими гидрофобными свойствами.

Список литературы

1. *Lignin modification in planta for valorization / Toshiaki Umezawa // Phytochemistry Reviews, volume 17, pages 1305–1327 (2018).*
2. *Modification of lignin / John J. Meister // Journal of Macromolecular Science, Part C, Polymer Reviews, Volume 42, 2002 – Issue 2.*

ПОЛУЧЕНИЕ П-АМИНОБЕНЗОАТОВ ЛИГНИНА

Е.Ю. Шумилова, А.В. Протопопов

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

***Аннотация.** Проведены исследования по использованию сульфата алюминия на процесс ацилирования лигнина п-аминобензойной кислотой в присутствии тионилхлорида в среде неполярного растворителя. Определено содержание связанной п-аминобензойной кислоты в полученном сложном эфире лигнина. Образование сложного эфира подтверждено методом ИК-спектроскопии.*

Лигнин, второй по распространенности биополимер на планете, служит наземным растениям в качестве связующего вещества в тканях ювенильных клеток и в качестве элемента жесткости (формирования модуля) в зрелых клеточных стенках. В то время как существует множество процедур для преобразования изолированных (богатых углеродом) лигнинов в четко определенные товарные химикаты с помощью различных технологий сжижения (таких как пиролиз, гидрогенолиз и т.д.), Использование лигнина в искусственных термореактивных и термопластичных конструкционных материалах, как представляется, предлагает Наибольшее значение. Хорошо известная вариабельность изолированных лигнинов может быть в значительной степени исправлена путем целенаправленной химической модификации и принятия природных принципов функционализации, ведущих к межмолекулярной совместимости. Лигнины, выделенные из крупных процессов промышленной делигнификации, работающих в неизменных условиях изоляции, дают полимеры практически неизменного характера. Это делает лигнин из целлюлозных заводов потенциально ценным биополимерным ресурсом.

Получение сложных эфиров лигнина с аминокислотами является перспективным направлением переработки лигнинов. Получаемые модифицированные лигнины обладают биологически-активными и фармакологическими свойствами и в то же время являются прекрасным адсорбентом. Связывает различные микроорганизмы, продукты их жизнедеятельности, токсины экзогенной и эндогенной природы, аллергены, ксенобиотики, тяжелые металлы, радиоактивные изотопы, аммиак, двухвалентные катионы и способствует их выведению через ЖКТ. Оказывает энтеросорбирующее, дезинтоксикационное, противодиарейное, антиоксидантное, гипополипидемическое и комплексобразующее действие. Компенсирует недостаток естественных пищевых волокон в пище человека, положительно влияя на микрофлору толстого кишечника и на неспецифический иммунитет. В отличие от антибактериальных ЛС не приводит к развитию дисбиоза.

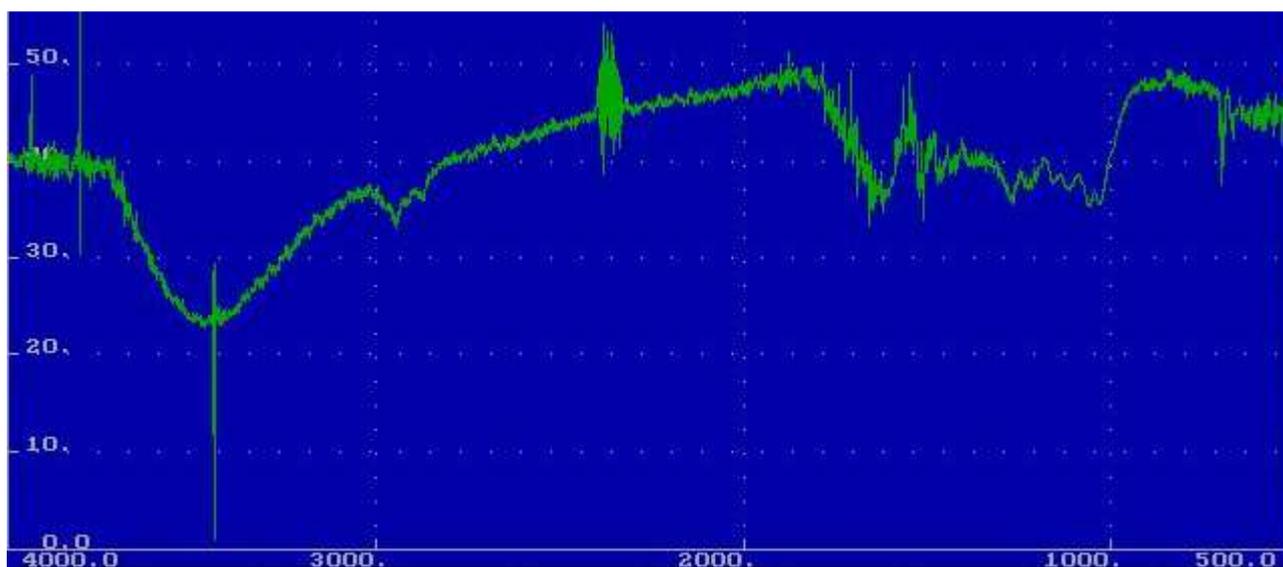
Нами были проведены опыты по синтезу сложных эфиров лигнина с п-аминобензойной кислотой в присутствии сульфата алюминия в среде четыреххлористого углерода. Полученные продукты анализировали на содержание связанной кислоты в полученном сложном эфире лигнина.

Содержание связанной кислоты, %

Продолжительность синтеза, час	Температура синтеза, °С			
	35	45	55	65
3	41,6	43,9	45,9	50,7
5	43,2	46,1	52,9	58,9

Как показывают полученные данные, использование сульфата алюминия в качестве катализатора позволяет повысить содержание связанной кислоты. Данный факт можно объяснить созданием более интенсивной ионной среды, способствующей реакции ацилирования.

Исследование методом ИК-спектроскопии полученных продуктов, показало образование сложноэфирной связи в модифицированном лигнине.



ИК-спектр полученного модифицированного лигнина

Полученные данные показывают возможность получения высокозамещенных продуктов ацилирования лигнина в среде четыреххлористого углерода.

Список литературы

1. *Green plastic produced from biojoule material BioJoule Technologies Press Release, 12, July 2007*
2. Протопопов А.В. Сложные эфиры целлюлозы с ароматическими оксикислотами из плодовой оболочки овса / А.В. Протопопов, А.В. Ворошилова, М.В. Клевцова, С.А. Бобровская // *Ползуновский вестник*. – Барнаул: Изд-во Алт ГТУ, 2016. – № 2. – С. 171-176.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РАЗМЕРНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ КАЛАНДРИРОВАННЫХ ТОНКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА БОЛЬШИХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ДАННЫХ

А.В. Камаев, А.С. Разыграев

Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет),
г. Санкт-Петербург

***Аннотация.** Рассмотрены характеристики современных экструзионно-каландровых производств. Разработан программный комплекс для управления размерными характеристиками тонких каландрированных материалов, который позволяет определить оптимальные режимные характеристики каландровой линии (величину усилия контрриза и значение переkreщивания валков) при которых разнотолщинность материала будет минимальной, и толщина будет находиться в допустимых пределах. Данный комплекс интегрирован в программный комплекс для интеллектуального анализа больших данных и управления качеством полимерных материалов. Проведена апробация по данным с «Каландровой линии №1» завода ООО «Klöckner Pentaplast Rus», что подтвердило работоспособность программного комплекса.*

Современные экструзионно-каландровые производства полимерных пленок являются: международными (41 экструзионно-каландровая линия корпорации Klöckner Pentaplast в 9 странах мира); многоассортиментными (10 типов однослойных и многослойных жестких поливинилхлоридных пленок, производимых корпорацией Klöckner Pentaplast для упаковки фармацевтических препаратов); крупнотоннажными (~1000 кг/ч на 1 линии, ~400 тыс. тонн жесткой поливинилхлоридной пленки в год на 41 линии); энергоемкими (более 700 кВт или 2500 кДж/кг); непрерывными. Современные экструзионно-каландровые производства характеризуются: частыми переходами на новые задания по типу пленки и/или производительности (в среднем 30 раз в месяц); аппаратной гибкостью (30 типов технологических агрегатов), наличием рециклов (возвратных отходов); жесткими требованиями к качеству пленок (толщине, равнотолщинности, ширине, внешнему виду (поверхностные дефекты), усадке, цвету); множеством и сложностью связей между потребительскими характеристиками пленки, показателями качества полупродуктов (экструдата) и параметрами сырья, оборудования, технологического режима (~800 взаимосвязей между более чем 100 параметрами); большими объемами накопленных производственных данных (~500 тыс. значений параметров процесса на линии № 2 завода в Санкт-Петербурге за месяц производства); неполнотой информации о показателях качества экструдата и пленки [1].

Схема экструзионно-каландровой линии, используемой на современных производствах полимерных материалов представлена на рис. 1.

Актуальность разработки программного комплекса для управления размерными характеристиками каландрированных тонких материалов

заключается в необходимости повышения эффективности управления качеством полимерных материалов.

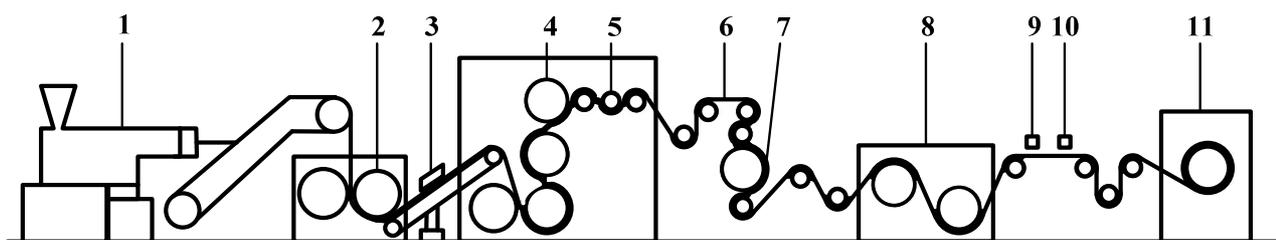


Рис. 1. Схема каландровой линии для получения пленки ПВХ: 1 – смеситель-пластификатор непрерывного действия; 2 – вальцы; 3 – устройство для обнаружения металла в композиции; 4 – каландр; 5 – многовалковый пост приема пленки с последнего валка каландра; 6 – роликовый транспортер для движения пленки; 7 – валок для отделочной обработки пленки; 8 – охлаждающее устройство; 9 – толщиномер; 10 – пост продольной резки; 11 – намоточная машина

Научная новизна программного комплекса заключается в следующем:

- разработка математических моделей, описывающих влияние различных типов управляющих воздействий на профиль толщины материала;
- использование комбинированного способа управления профилем толщины каландрированных материалов в номинальном режиме, заключающийся в поиске значений контризгиба и перекрещивания по математическим моделям с учетом измеренного на объекте профиля толщины;
- возможность формирования советов в режиме реального времени с использованием трехмерной визуализации расчета разнотолщинности с целью определения оптимального пути управления режимными характеристиками (величиной усилия контризгиба и горизонтальным смещением калибрующего вала) каландровой линии для достижения минимальной разнотолщинности материала.

Практическая значимость программного комплекса заключается в использовании комбинированного способа управления толщиной пленки, который учитывает усилие контризгиба, приложенное к внешнему калибрующему валку каландра и горизонтальное смещение внутреннего калибрующего вала. Благодаря данному способу управления толщиной оператору каландровой линии будет дана возможность выбора оптимальных режимных характеристик, позволяющих достичь минимальную разнотолщинность в допустимом пределе толщины материала [2].

Функциональная структура программного комплекса для управления размерными характеристиками каландрированных тонких материалов представлена на рис. 2.

На рис. 2 использованы следующие обозначения: K – геометрические характеристики каландровой линии; F – характеристики материала; L – диапазоны варьирования значений усилия контризгиба и перекрещивания валков; k – количество рассчитываемых точек в диапазоне L ; S_i – текущий профиль толщины материала, мкм; Δs_r – влияние текущего значения усилия контризгиба валка на профиль толщины, мкм; Δs_x – влияние текущего значения перекрещивания валков на профиль толщины, мкм; $\Delta S_{r,x}$ – разнотолщинность

материала при варьировании значений контризгиба и перекрещивания в диапазоне L ; x_{opt} – оптимальное значение перекрещивания валков, мм; r_{opt} – оптимальное значение усилия контризгиба, Н; $S_i(t)$ – текущий профиль толщины, поступающий из промышленной базы данных во времени, мкм; $r(t)$ – текущее усилие контризгиба, поступающее из промышленной базы данных во времени, Н; $x(t)$ – текущее значение перекрещивания валков, поступающее из промышленной базы данных во времени, мм.

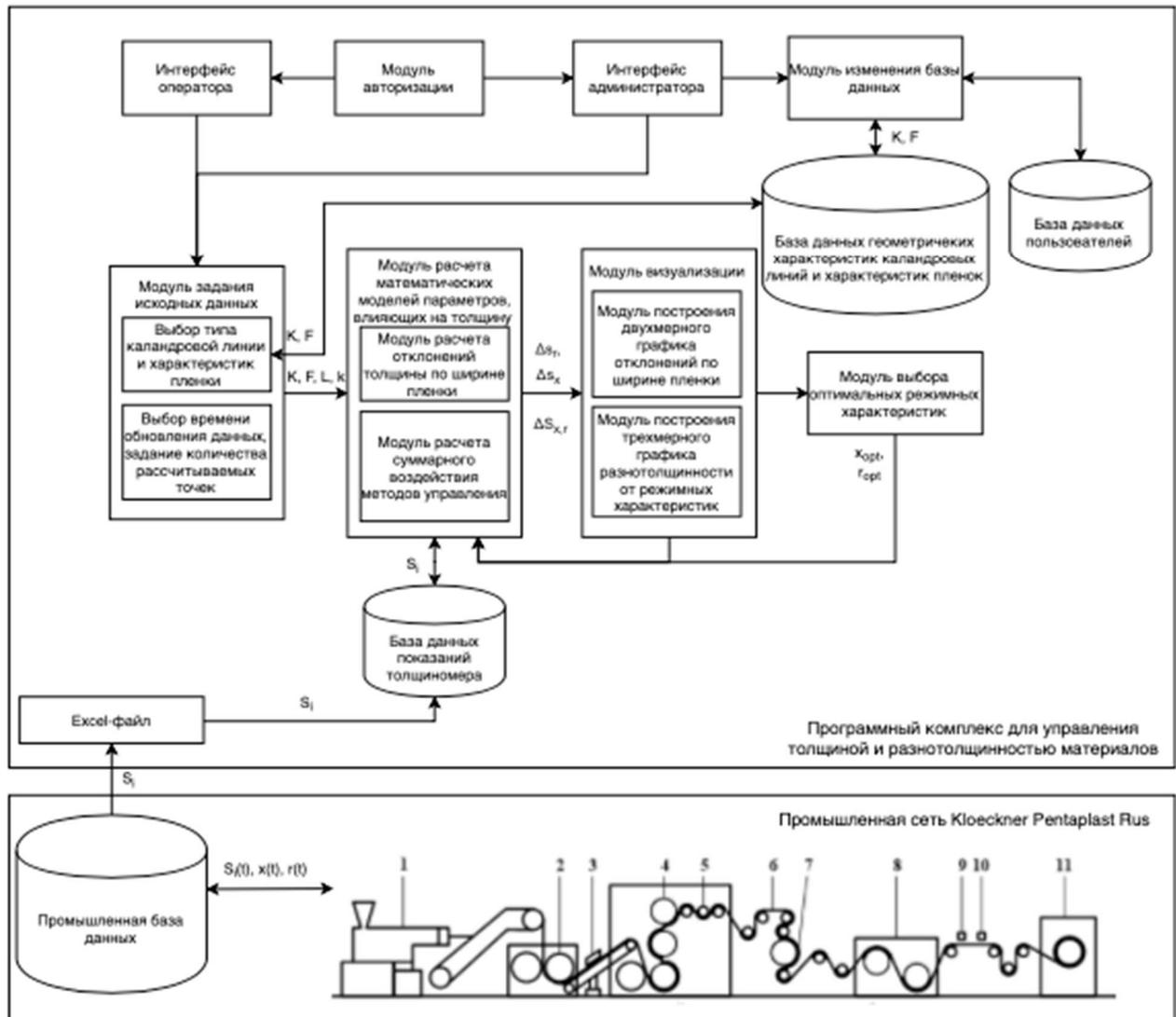


Рис. 2. Функциональная структура модуля для управления толщиной и разнотолщиной

Математическая модель модуля включает в себя формулы для расчета влияния усилия контризгиба, приложенного к внешнему калибрующему валку каландра [3]:

$$S_r(z) = r \frac{b}{2EJ_b} [z^2 - zf - a(f + \frac{J_b}{J_z} a)],$$

где: z – расстояние от левого края пленки до текущей точки на профиле толщины, мм; a – расстояние от края валка до его первой опоры, мм, b – расстояние от первой опоры валка до второй, мм; E – модуль упругости материала валка, Н/мм²; J_b – полярный момент сечения валка, мм⁴; J_z – полярный момент сечения шейки валка, мм⁴; f – ширина пленки, мм; r – усилие контризгиба, приложенное к внешнему калибрующему валку каландра, Н.

Математическая модель включает формулы для расчета горизонтального смещения внутреннего калибрующего вала:

$$S_x(z) = \left(\sqrt{\left(x \frac{f}{w}\right)^2 + D^2} - D \right) \left(1 - 2 \frac{z}{f}\right)^2,$$

где: x – смещение внутреннего калибрующего вала, мм; w – ширина валка, мм; D – диаметр валка, мм.

Толщина пленки без учета влияния текущих значений усилия контрзгиба и горизонтального смещения внутреннего валка рассчитывается по формуле:

$$S_{0,i} = S_{\text{тек},i} - S_{r,i} - S_{x,i}.$$

Толщина при усилии контрзгиба r и горизонтальном смещении валка x для i -ой точки рассчитывается по формуле:

$$S_{r,x,i} = S_{0,i} + S_{r,i} + S_{x,i}.$$

Разнотолщинность при усилии контрзгиба r и горизонтальном смещении валка x рассчитывается по формуле:

$$\Delta S_{r,x} = \max S_{r,x,i} - \min S_{r,x,i}.$$

Результаты тестирования программного комплекса для управления размерными характеристиками каландрированных тонких материалов показали, что использование комбинированного метода управления разнотолщинностью полимерных материалов позволяют определить оптимальные режимные характеристики каландровой линии (величину усилия контрзгиба, приложенного к внешнему калибрующему валку каландра и горизонтальное смещение внутреннего калибрующего вала), которые позволяют достичь минимальной разнотолщинности материала (рис. 3).

Разработанный для управления размерными характеристиками каландрированных тонких материалов внедрен как модуль в программный комплекс для интеллектуального анализа больших данных и управления качеством полимерных материалов [4].

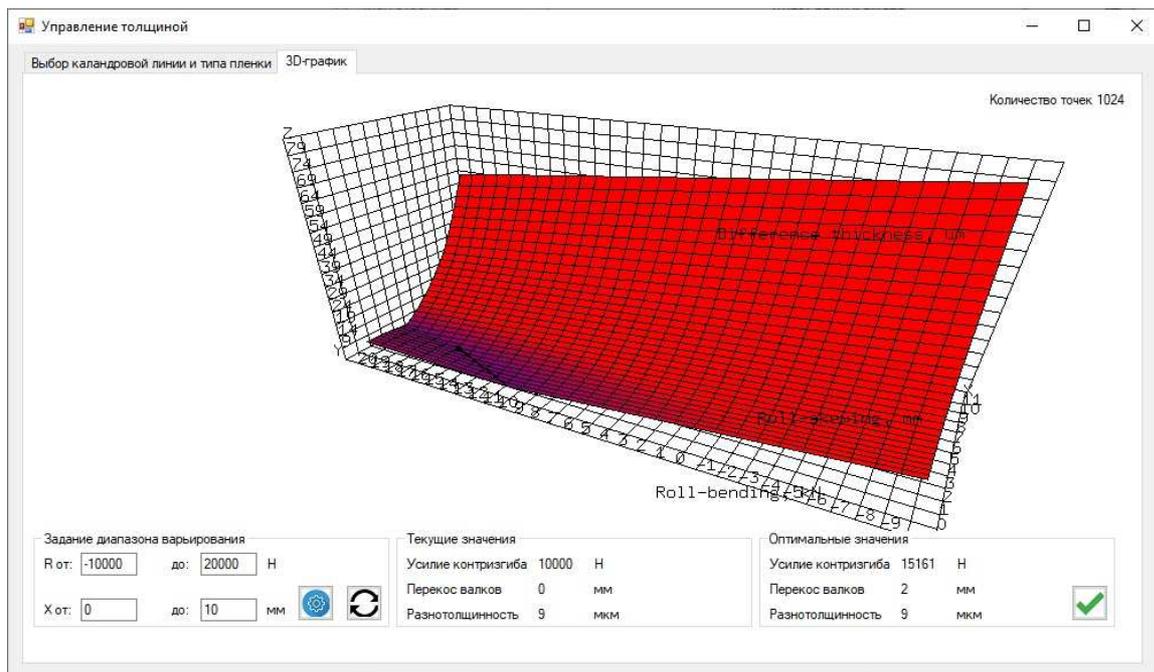


Рис. 3. Пример работы программного комплекса

Программный комплекс для управления размерными характеристиками каландрированных тонких материалов протестирован на данных с каландровой линии №1 завода ООО «Клэкер Пентапласт Рус», что подтвердило его работоспособность. Разработанный программный комплекс является гибко настраиваемым на геометрические характеристики каландровой линии и на характеристики материала, поэтому может быть использован при производстве полимерной пленки, бумаги, резины и кожи.

Список литературы

1. Чистякова Т.Б. ПО для управления толщиной каландрованных тонких материалов / Т.Б. Чистякова, С.И. Куликов, А.Н. Полосин, К. Колерт // Автоматизация в промышленности. – 2007. – №1. – С. 8-11.

2. Камаев А.В. Программный комплекс для управления толщиной каландрированных материалов / А.В. Камаев, А.С. Разыграев, Т.Б. Чистякова // Математические методы в технике и технологиях: сборник трудов международной научной конференции: в 12 т. Т. 12 / под общ. ред. А.А. Большакова. – Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та. – 2019. – С. 214-217.

3. Колерт К. Интенсификация процессов каландрования полимеров / К. Колерт, А.М. Воскресенский, В.П. Красовский [и др.]. – Ленинград: Химия, 1991. – 224 с. – ISBN 5-7245-0384-0.

4. Тетерин М.А. Гибридная система для интеллектуального анализа больших данных и управления качеством полимерных материалов / М.А. Тетерин, А.М. Аразтаганова, А.С. Разыграев, Т.Б. Чистякова // Математические методы в технике и технологиях: сборник трудов международной научной конференции: в 12 т. Т. 8 / под общ. ред. А.А. Большакова. – Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та. – 2017. – С. 22-26.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОЦЕНКИ ЦВЕТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИМЕРНОЙ ПЛЕНКИ НА БАЗЕ НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЕЙ

А.Т. Тедтоев, Р.В. Макарук

Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет) СПбГТИ (ТУ),
г. Санкт-Петербург

Аннотация. Во время изготовления полимерной пленки существует риск возникновения брака. Современные производства используют системы мониторинга качества, однако, они имеют существенный недостаток – некорректность работы в условиях неполноты входных данных об объекте мониторинга. В связи с этим, актуальной становится задача разработки программного комплекса оценки цветových характеристик полимерной пленки в условиях неполноты входных данных. Разработанный программный комплекс включает модуль нечеткой логики и позволяет автоматизировать процесс оценки отклонения цветových характеристик полимерной пленки от регламентных. Таким образом оценка цветových характеристик пленки

может проводиться даже в условиях отсутствия полной информации об объекте. Тестирование программного комплекса на предоставленных компанией «Клэкнер Пентапласт Рус» эталонных и дефектных образцах полимерной пленки показало его работоспособность.

Полимерная промышленность – одна из наиболее востребованных в наши дни отраслей промышленности. Производство полимерной пленки – сложный, многостадийный, комплексный процесс. Для достижения приемлемого для заказчика качества выпускаемой продукции необходимо постоянно контролировать процесс, для чего требуется установка соответствующего программного и аппаратного обеспечения [1]. Объемы производства с каждым годом растут, что влечет за собой повышение требований к качеству продукции. Наряду с увеличением объема производств, возрастает их типизация [2]. В последние годы активно развивается методика применения интеллектуальных систем управления на базе математических моделей химико-технологических процессов и экспертных систем [3,4].

Одним из наиболее распространенных способов производства полимерной продукции, в том числе и полимерной пленки, является экструзия [5]. Несмотря на то, что полимерная промышленность достаточно старая отрасль, и в последние годы технологии производства окрашенных пластмасс, как и технологии измерения цвета и света, сильно развились, большинство программных систем анализа качества, используемых на производстве, могут выдавать некорректные результаты работы при неполноте входных данных [6]. Именно этим и обусловлена актуальность разработки данного программного комплекса. Для анализа цветовых характеристик полимерной пленки в разработанном комплексе используются не только количественные, но и качественные показатели, такие как экспертные знания и оценки, представленные в формализованном виде. Таким образом экспертные знания служат не только ядром алгоритма анализа цветовых характеристик полимерной пленки, но и помогают восполнить неполноту данных об объекте. Эта особенность позволяет программному комплексу получать корректный результат даже в условиях неполноты входных данных.

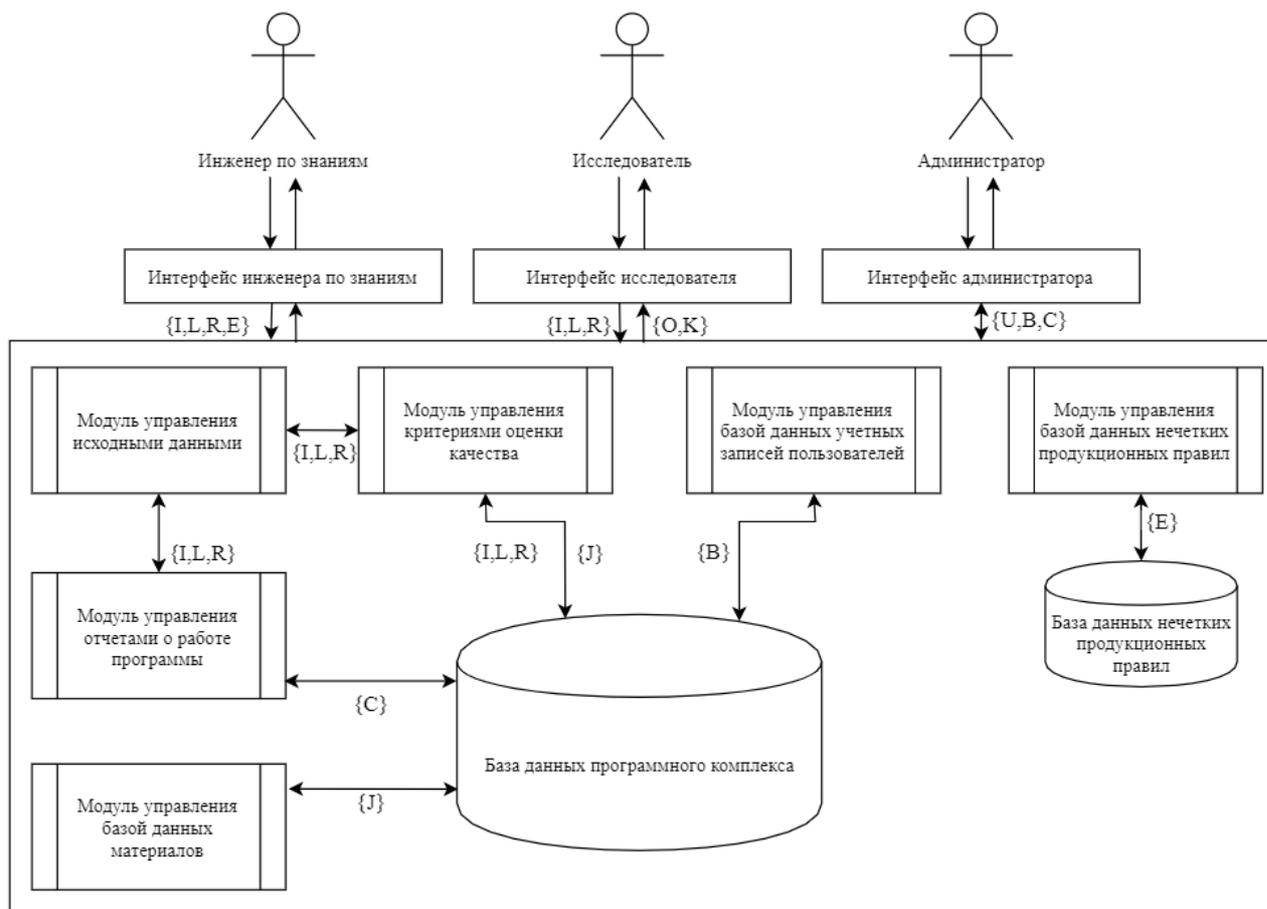
Программный комплекс представляет из себя гибридную систему, сочетающую в себе как детерминированные, так и нечеткие модели, что позволяет осуществить более полный, комплексный анализ качества.

Функциональная структура комплекса представлена на рисунке 1 и разделена на 3 интерфейса.

Интерфейс исследователя предоставляет пользователю возможность загрузить исследуемое изображение и настроить параметры системы, после чего программа выводит пользователю результат работы – изображение с локализованной областью дефекта и рекомендацию по управлению.

Интерфейс администратора предоставляет пользователю возможность управлять отчетами о работе программы, редактировать базы данных материалов и учетных записей пользователей.

Интерфейс Инженера по знаниям предоставляет пользователю те же возможности, что и интерфейс исследователя, а также возможность просмотра и редактирования базы данных нечетких производственных правил.

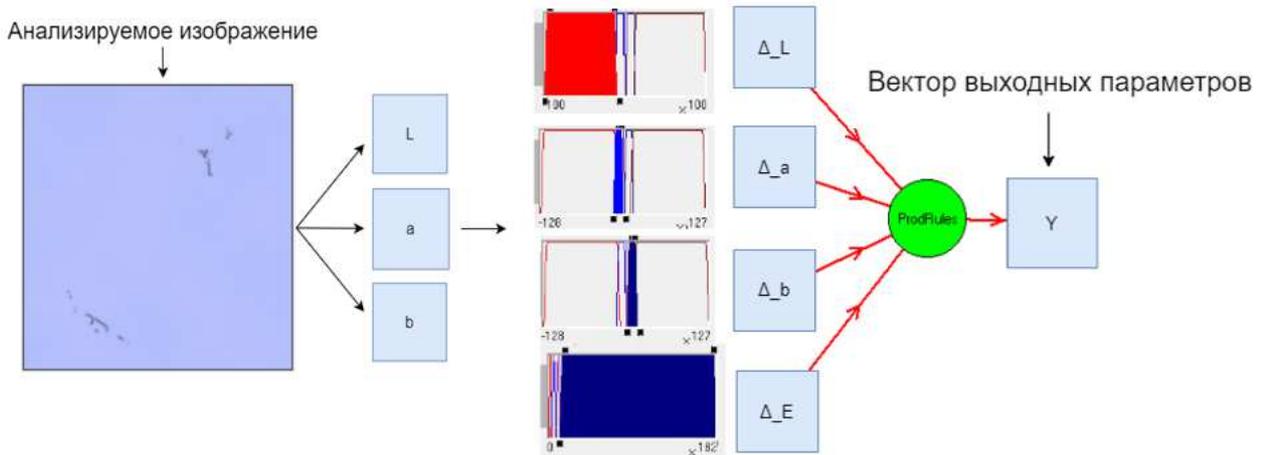


Е – характеристики продукционных правил; J – характеристики эталонного образца;
 U – эталонные показатели материала; B – данные пользователя;
 C – параметры отчетов о работе программы.

Рис. 1. Функциональная структура программного комплекса

Для анализа цветовых характеристик, извлекаемых из загружаемого пользователем изображения, в программном комплексе реализована конвертация показателей цветового пространства RGB в CIELab. Основное отличие цветовой пространственной модели CIELab от остальных в том, что она позволяет рассчитывать числовой показатель ΔE , характеризующий евклидово расстояние между двумя цветовыми координатами. В разработанной программном комплексе этот параметр служит для определения степени отклонения показателей исследуемого образца от эталонных. Уже на этом этапе, при явном несоответствии показателя ΔE норме, можно сделать вывод о ненадлежащем качестве продукции и вывести оповещение оператору производства. Подробное описание применения цветовой системы CIELab в полимерной промышленности можно найти в [6].

После предварительного анализа цветовых характеристик полимерной пленки параметры анализируемого и эталонного образцов передаются в модуль нечеткой логики, обрабатывающий данные на основе нечетких лингвистических переменных и нечётких продукционных правил. Данный модуль спроектирован в программном пакете «Конструктор нечетких моделей», который также является разработкой кафедры САПРиУ ФГБОУ ВО СПбГТИ (ТУ) и немецкой компании GESIP [7]. Структура нечеткой модели изображена на рисунке 2.



L – светлота; a – координата цветности (от зеленого до красного); b – координата цветности (от зеленого до желтого); ProdRules – база нечетких продукционных правил.

Рис. 2. Фаззи система анализа характеристик полимерной пленки

Для формализации экспертных знаний и оценок используются термы – нечеткие лингвистические переменные. Каждый терм в разработанной нечеткой модели описывается пятью π -функциями, каждая из которых строится по четырем точкам [8].

Общий алгоритм работы программы представлен на рисунке 3.

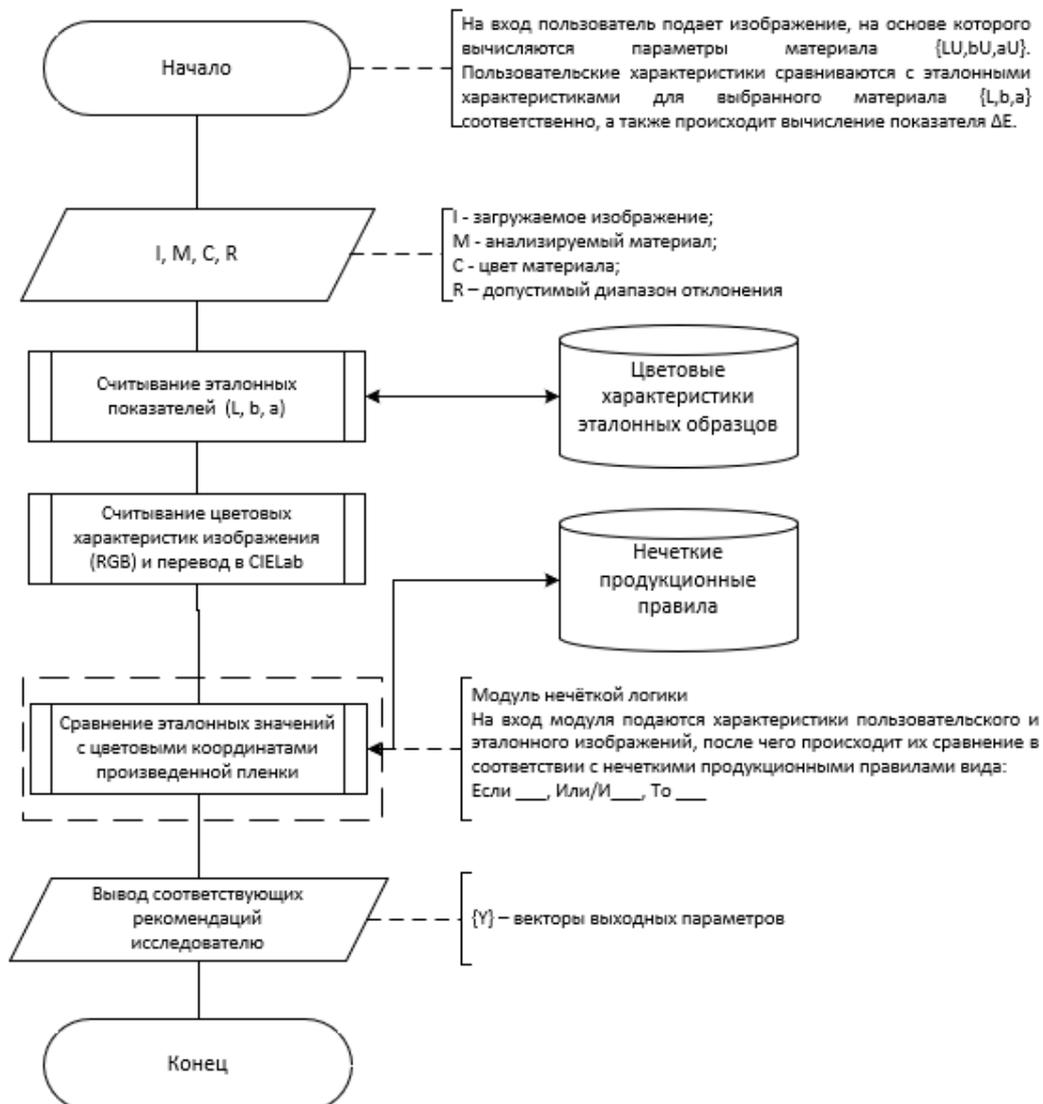


Рис. 3. Блок-схема алгоритма работы программы

Помимо рекомендации по управлению, результатом работы программы является также определение области с дефектом на анализируемом образце (рис. 4). Разработанный программный комплекс является гибким и может быть настроен под конкретные задачи и уровень качества продукции. Пользователь, помимо прочих настроек системы, может варьировать допустимый диапазон отклонения цветовых характеристик от эталонных, а также размер сетки, накладываемой на анализируемый образец для более корректной работы программы. Благодаря этому, в зависимости от размера сетки, программа распознает дефекты различной величины, однако при увеличении допустимого диапазона отклонения некоторые дефекты могут быть не зафиксированы.

Программный комплекс был успешно протестирован на образцах полимерной пленки, предоставленных компанией «Клэкнер Пентапласт Рус». Пример работы программы представлен на рисунке 4.

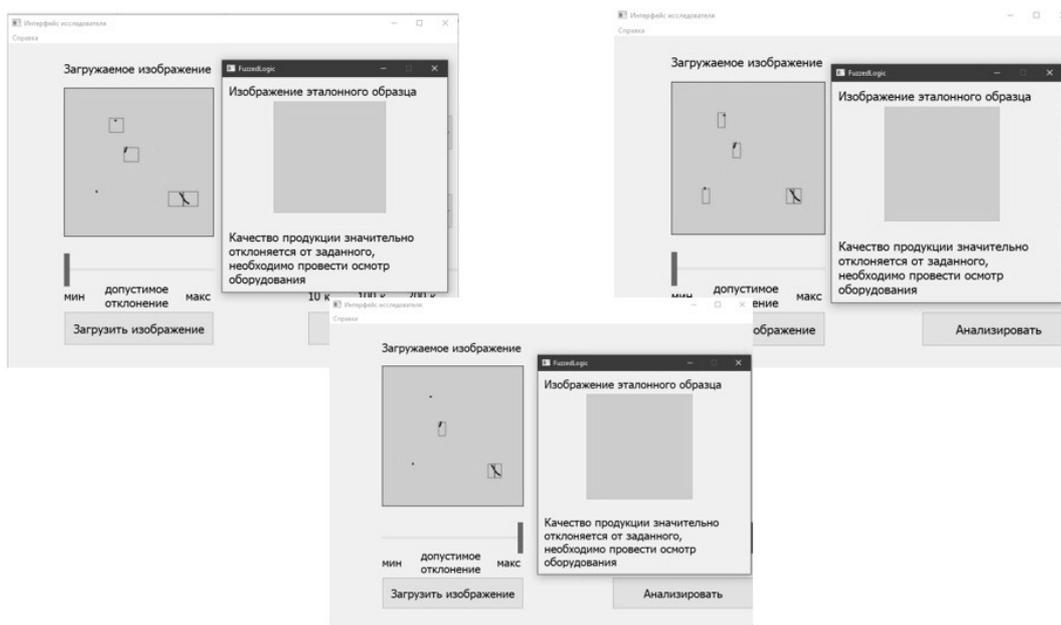


Рис. 4. пример работы программы

Данное программное решение в дальнейшем планируется интегрировать в «Программный комплекс для интеллектуального анализа больших данных и оценки ключевых показателей эффективности производства полимерных пленок», разработка которого ведется на кафедре САПриУ ФГБОУ ВО СПбГТИ (ТУ), в рамках договора с компанией Klöckner Pentaplast Europe GmbH & Co [9].

Программный продукт позволяет анализировать качество полимерной пленки даже в условиях нехватки данных об объекте исследования, снижая тем самым количество брака и повышая эффективность производства. Разработка может быть полезна как операторам производственных линий, так и обучающимся, исследующим предметную область, для получения знаний о типовых видах отклонений цветовых показателей полимерной пленки от эталонных и их причинах.

Список литературы

1. Мешалкин В.П. *Экспертные системы в химической технологии. Основы теории, опыт разработки и применения* / В.П. Мешалкин. – М.: Химия, 1995. – 368с. ISBN 5-7245-0974-1.

2. Сутягин В.М. *Общая химическая технология полимеров: учебное пособие* / В.М. Сутягин, А.А. Ляпков. – 5-е изд., стер. – СПб.: [б.и.], 2020. – 208 с. – ISBN 978-5-8114-4991-0.

3. Чистякова О.Б. *Интеллектуальное управление многоассортиментным коксохимическим производством* / О.Б. Чистякова, О.Г. Бойкова, Н.А. Чистяков. – СПб.: ЦОП «Профессия», 200. – 188с. – ISBN 978-5-91884-013-9.

4. Чистякова Т.Б. *Интеллектуальные системы технологического проектирования, управления и обучения в многоассортиментном производстве гранулированных пористых материалов из тонкодисперсных частиц* / Т.Б. Чистякова, Ю.И. Шляго, И.В. Новожилова, Н.В. Мальцева. – СПб.: Изд-во СПбГТИ(ТУ), 2012. – 324 с. – ISBN 978-5-905240-47-8.

5. *Описание и технологии переработки – Экструзия* // *Полимерные материалы: сайт.* – Москва, 2012. – URL: <https://polymerbranch.com/termoplast/view/5.html> (дата обращения: 05.04.2020).

6. *Производство окрашенных пластмасс* / под ред. Р. А. Чарвата. – Санкт-Петербург: НОТ, 2009. – 400 с. – ISBN 978-5-91703-007-4. – Текст: электронный // *Лань: электронно-библиотечная система: сайт.* – Санкт-Петербург, 2016. – URL: <https://e.lanbook.com/book/4298> (дата обращения: 05.04.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

7. Токмаков А.Н. *Программный комплекс для формализации экспертных знаний при нечетком (фаззи) моделировании: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.13.18 С.-Петерб. Гос. технол. ин-т* – Санкт-Петербург. 2002. – 20 с.

8. Гаврилов А.Н. *Средства и системы управления технологическими процессами: учебное пособие* / А.Н. Гаврилов, Ю.В. Пятаков. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 376 с. – ISBN 978-5-8114-4584-4. – Текст: электронный // *Лань: электронно-библиотечная система.* – URL: <https://e.lanbook.com/book/122190> (дата обращения: 20.06.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

9. Chistyakova T.B. *Big data analysis in film production* / T.B. Chistyakova, F. Kleinert, M.A. Teterin // *Cyber-Physical Systems: Advances in Design & Modelling*. Cham: Springer, 2020. – Pp. 229-236.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ПРОЦЕССА РЕКТИФИКАЦИИ НА УСТАНОВКАХ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ

А.А. Лунев, Т.Б. Чистякова

Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет),
г. Санкт-Петербург

Аннотация. В работе предложена интеллектуальная система мониторинга процесса ректификации на установках первичной переработки нефти. Система позволяет вести мониторинг в реальном времени основных технологических параметров процесса, а также формирует рекомендации по управлению процессом в нештатных ситуациях.

Задача мониторинга характеристик процесса ректификации является актуальной для управленческого персонала нефтеперерабатывающих предприятий. Процесс ректификации предназначен для разделения многокомпонентных смесей на чистые вещества или на отдельные фракции [1]. Управленческому персоналу необходимо следить за множеством показателей и регулировать их таким образом, чтобы вывести работу колонн на режим, при котором качество получаемого продукта соответствовало бы технологическим нормам. Эта задача является сложной в силу большого количества взаимосвязей между управляющими воздействиями и характеристиками процесса ректификации. Разработанная система мониторинга предназначена для получения советов по управлению процессом ректификации.

Структура разрабатываемой системы включает в себя [2]: 1) базу данных контролируемых параметров колонны; 2) базу данных технологических объектов; 2) базу знаний с описаниями внештатных ситуаций и способами их устранения; 3) алгоритм вывода для обработки данных и формирования рекомендаций; 4) интерфейс инженера по знаниям системы, который позволяет вносить изменения в базу знаний; 5) интерфейс управленческого персонала, предназначенный для отображения информации об объекте мониторинга, трендов основных параметров работы колонны и советов по управлению технологическим процессом.

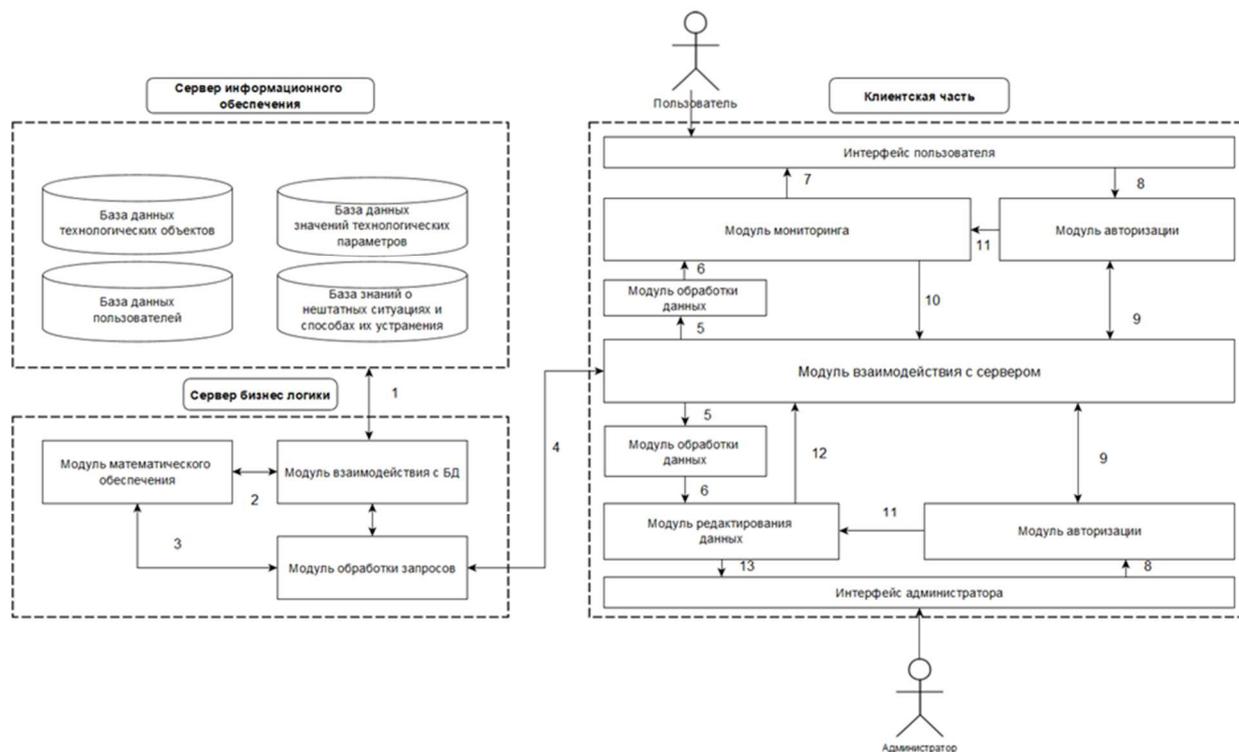


Рис. 1. Функциональная структура интеллектуальной системы. 1 – запросы к базе на получение данных с датчиков, данных пользователей данных из базы знаний; 2 – входные и выходные данные математической модели; 3 – дата начала и окончания эпизода расчета, код аппарата; 4 – отправка и передача Http запросов и ответов; 5 – сырые данные в формате json; 6 – обработанные данные; 7 – тренды технологических параметров и рекомендации по управлению; 8 – эмейл и пароль пользователя; 9 – отправка введенных данных и получение данных пользователя с сервера, если он есть в базе; 10 – запросы на получение показаний датчиков и рекомендаций; 11 - кэшированные данные пользователя, для отрисовки UI; 12 – запрос на получение данных из базы знаний; 13 – отображение базы знаний в виде редактируемых таблиц

Алгоритм обработки технологических данных является гибким, настраиваемым на различные пороговые ограничения технологических параметров и на различные конфигурации ректификационных колонн. Работа алгоритма проходит в несколько этапов. На первом этапе происходит идентификация нештатных ситуаций по отклонениям характеристик колонны от регламентных значений, указанных инженером по знаниям. На втором этапе происходит выявление причины возникновения этих ситуаций и по контролируемым параметрам идентифицируется истинная причина. После того, как была выявлена истинная причина алгоритм выдает соответствующие ей рекомендации.

Для описания нештатных ситуаций, причин и способов их устранения используются фреймовые модели. Алгоритм распознавания реализуется продукционно-фреймовой моделью [3], включающей в себя описание нештатных ситуаций, их причин и способов устранения в виде фреймов и связи между ними в виде правил продукции:

ЕСЛИ X УСЛОВИЕ В И/ЛИ X УСЛОВИЕ Т ТОГДА Y

где: X – значение технологического параметра; В – нижняя граница технологического параметра; Т – верхняя граница технологического параметра; Y – рекомендация.

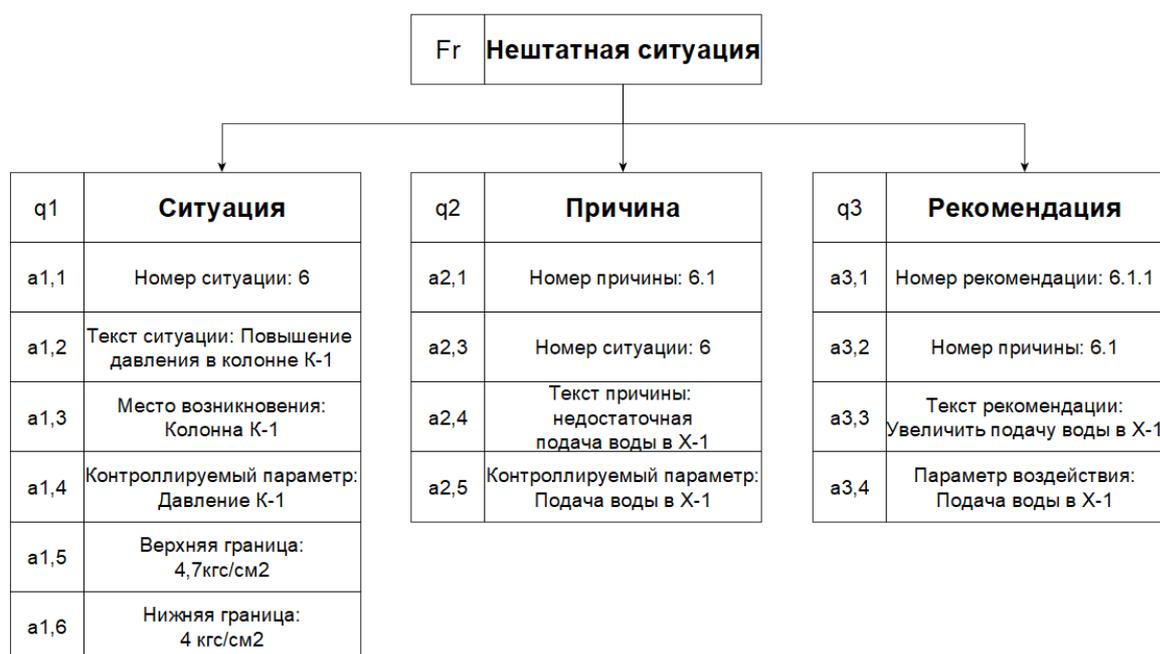


Рис. 2. Фрейм-пример «Нештатная ситуация»

Интеллектуальная система мониторинга реализуется с помощью современных информационных технологий. В качестве языка программирования выбран язык C#, так как он является довольно современным инструментом объектно-ориентированного программирования, позволяющий одновременно разрабатывать как desktop, так и мобильные приложения благодаря фреймворку Xamarin. Этот язык так же имеет широкие возможности для разработки Web приложений.

В качестве СУБД выбрана PostgreSQL, так как она является открытой и свободно распространяемой СУБД, обладающей широким функционалом.

Тестирование работы системы проводилось по данным ректификационной колонны К-1 установки АВТ на примере обработки различных нештатных ситуаций. На рисунке 3 представлена иллюстрация обработки нештатной ситуации выхода показаний давления в колонне за пределы верхней границы с распознаванием истинной причины, которой является недостаточная подача воды в холодильник-конденсатор Х-1, а также отображением способов устранения этой ситуации.

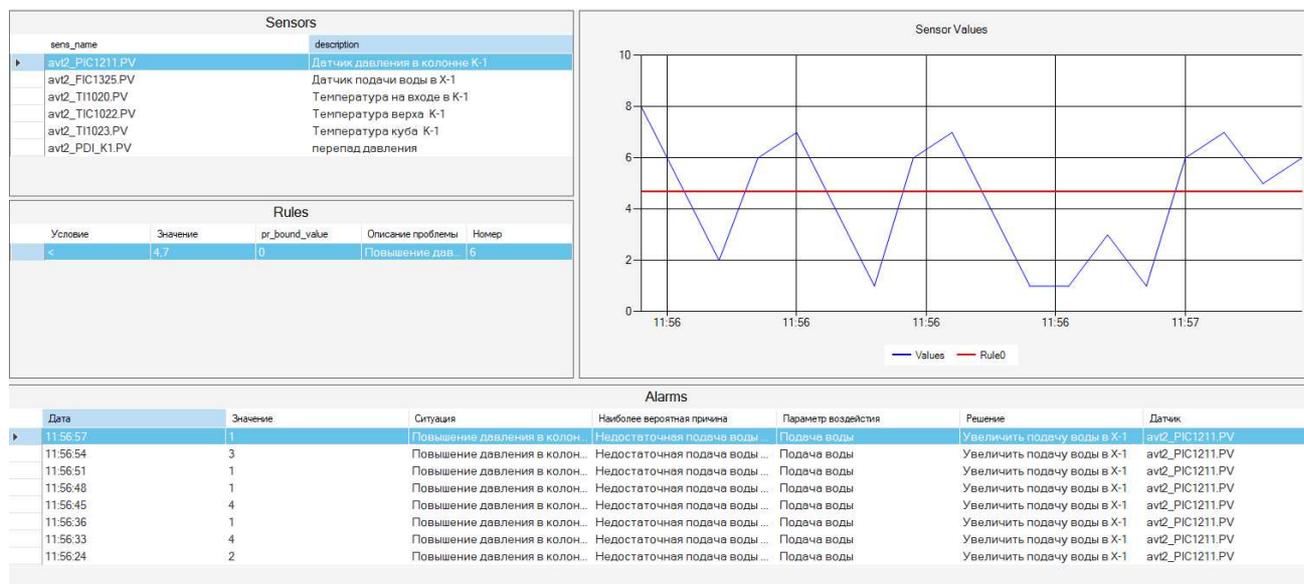


Рис. 3. Пример обработки системой нештатной ситуации повышения давления в колонне К-1

Для управленческого персонала в реальном времени отображаются тренды технологических параметров, а также рекомендации по управлению процессом ректификации при возникновении нештатных ситуаций.

Проведенное тестирование системы подтвердило работоспособность алгоритма, возможность его настройки на различные конфигурации ректификационных колонн и на различные пороговые ограничения.

Практическое применение разрабатываемой системы мониторинга позволяет повысить качество проведения процесса ректификации на установках первичной переработки нефти за счет своевременного распознавания нештатных ситуаций и отображения рекомендации по выводу ректификационных колонн на регламентный режим работы [4].

Список литературы

1. Лисицын Н.В. Химико-технологические системы: Оптимизация и ресурсосбережение / Н.В. Лисицын, В.К. Викторов, Н.В. Кузичкин, В.И. Федоров. – Санкт-Петербург: Менделеев, 2013. – 392с.
2. Лунев А.А. Архитектура интеллектуальной системы мониторинга процесса ректификации на установках первичной переработки нефти / А.А. Лунев, Т.Б. Чистякова // Научная конференция «Традиции и Инновации»: тез.докл. – Санкт-Петербург: Изд-во Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета), 2019. – С. 226.

3. Чистякова Т.Б. Интеллектуальное управление многоассортиментным коксохимическим производством / Т.Б. Чистякова, О.Г. Бойкова, Н.А. Чистяков. – Санкт-Петербург: ЦОП «Профессия», 2010. – 188с.

4. Chistyakova T. Intellectual analysis system of big industrial data for quality management of polymer films / T. Chistyakova, M. Teterin, A. Razygraev, C. Kohlert // *Advances in Neural Networks – ISNN 2016: 13th Intern. Symposium on Neural Networks Proc. [S. l.]: Springer Intern. Publ., 2016. – P. 565-572.*

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ВОЗДЕЙСТВИЯ ВРЕДНЫХ И ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ НА РАБОТНИКОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В.М. Панарин, А.А. Маслова, К.В. Гришаков
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. Мониторинг вредных и опасных производственных факторов является одним из важных механизмов отслеживания фактического состояния условий труда на производстве, анализ полученных результатов и прогноз воздействия их на здоровье работающих. Информационная система мониторинга дает возможность в любых временных рамках проанализировать фактический уровень вредного фактора на рабочем месте, а также комплексно оценивать состояние вредных факторов на рабочих местах.

В сложившихся социально-экономических условиях произошли негативные изменения. Возросла профессиональная заболеваемость. Во всех отраслях промышленности ухудшились условия труда и отдыха. Это повлекло за собой ухудшение здоровья работающих, увеличение числа несчастных случаев, а также потерю трудоспособности. При общем снижении объемов производства травматизм и заболеваемость существенно не меняется [1].

В систему анализа и оценки условий труда на предприятиях входит определение фактических значений опасных и вредных факторов на рабочих местах. В соответствии с Федеральным законом «О специальной оценке условий труда» уровни опасных и вредных производственных факторов определяются на основе инструментальных измерений соответствующих величин. Все измерения, связанные с специальной оценкой условий труда, должны выполняться в процессе работы, то есть при проведении производственных процессов в соответствии с технологическим регламентом, при исправных и эффективно действующих средствах индивидуальной и коллективной защиты. При проведении измерений используют средства измерений, указанные в соответствующих нормативных документах на методы измерений. Инструментальные измерения уровней производственных факторов оформляются соответствующими протоколами.

Сроки проведения СОУТ устанавливаются организацией исходя из изменения условий характера труда, но не реже одного раза в пять лет с момента проведения последних измерений [2-3].

Анализ показал, что существующая методика специальной оценки условий труда не позволяет судить об изменении параметров опасных и вредных производственных факторов и, соответственно, об изменении условий труда в период между плановыми проведениями данной процедуры. Величины же опасных и вредных производственных факторов могут существенно меняться даже при неизменном технологическом процессе. Приборы контроля в большинстве своем требуют ручного переключения либо диапазона, либо характера измерений, что затрудняет автоматизацию измерений. Процесс измерений различных опасных и вредных производственных факторов требует участия нескольких высококвалифицированных специалистов в конкретной области измерений. При оценке условий труда обследованию подлежат не менее 20 % аналогичных по характеру выполняемых работ рабочих мест, что делает процесс аттестации весьма трудоемким и дорогостоящим [4].

Разработка системы автоматизированного мониторинга опасных и вредных производственных факторов позволит осуществлять контроль условий труда за любой интересующий период времени и, кроме того, текущий самоконтроль состояния условий труда как в структурных подразделениях, так и на предприятии в целом.

В данной работе предлагается интеллектуальная система мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий, учитывающая в своей работе не только опасные и вредные производственные факторы, но и показатели основных физиологических состояний организма человека.

Внедрение облачных технологий обработки информации способствовало совершенствованию организации и эффективности управленческого труда.

Кроме того, такие технологии позволяют оперативно обрабатывать собранные данные, не ограничивают вычислительную мощность одним привязанным устройством, а позволяют использовать ресурсы всей сети.

В методике проведения СОУТ предусмотрено проведение медицинского осмотра с разной периодичностью для разных классов условий труда и различных работ. В необходимости таких мероприятий сомневаться не приходится, сделано это для контроля заболеваемости и изучения воздействия условий труда на здоровье работника.

Значительный успех в обеспечении безопасных условий труда может быть достигнут только при условии дальнейшего совершенствования методов и средств контроля параметров производственной среды и на этой основе совершенствования средств обеспечения производственной безопасности, поэтому данные исследования являются актуальными.

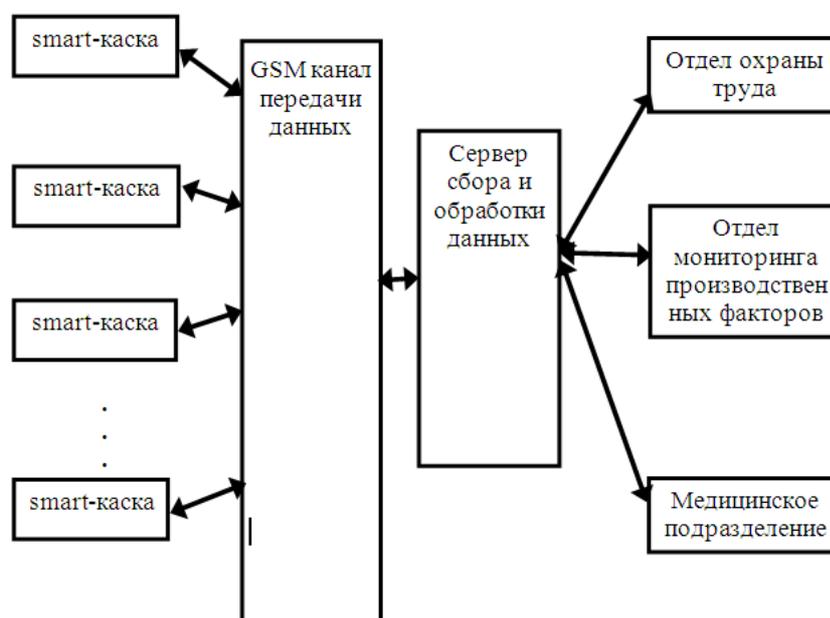
Структура системы сбора данных интеллектуальной системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий состоит из двух взаимосвязанных блоков [5].

Защитная smart-каска, предназначенная для предотвращения влияния опасных факторов на работника и оснащенная комплексом оборудования для измерения параметров физиологического состояния человека и вредных и опасных факторов производственной среды, где находится работник представляет первый блок.

Вторым блоком является диспетчерский пункт мониторинга физиологического состояния работников и оценки комплексного воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий в реальном времени. Диспетчерский пункт мониторинга объединяет данные от всех защитных smart-касок предприятия в единую базу данных.

Для связи диспетчерского пункта мониторинга физиологического состояния работников и оценки комплексного воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий в реальном времени применяется канал сотовой связи GSM в реальном времени.

Структура системы сбора данных интеллектуальной системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий приведена на рисунке.



Структура системы сбора данных интеллектуальной системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий

Каждая Smart-каска мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на организм работника промышленных предприятий с помощью соответствующего набора первичных датчиков производит измерение таких физиологических параметров состояния человека, как частота пульса и его изменение, температура тела человека, электропроводность кожи и положение тела человека в пространстве.

Дополнительно каждая Smart-каска посредством соответствующих встроенных в каску датчиков производит измерение параметров состояния производственной среды по следующим параметрам: загазованность вредными и опасными для человека веществами; температура производственной среды; шум и вибрация, воздействующая на человека; удары и резкие ускорения защитной каски; освещенность производственной среды.

Каждая Smart-каска мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на организм работника промышленных предприятий через канал сотовой связи GSM передает данные на сервер сбора и обработки данных диспетчерского пункта мониторинга физиологического состояния работников и

оценки комплексного воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий в реальном времени.

Сервер сбора и обработки обеспечивает обработку данных, оценку уровня опасности для работника в данной производственной среде, производит сравнение входных данных с предельно допустимыми величинами вредных и опасных факторов. В результате сервер сбора и обработки данных диспетчерского пункта мониторинга физиологического состояния работников обеспечивает комплексную оценку потенциальной опасности для работника. В случае недопустимого проявления вредных и опасных факторов сервер сбора и обработки данных вырабатывает сигнал опасности для предотвращения нежелательных последствий.

Данные о величинах вредных и опасных факторов передаются в отдел мониторинга производственных факторов для контроля в реальном времени, принятия оперативных решений и архивации.

Для выработки мероприятий по улучшению условий труда сервер сбора и обработки данных передает информацию в отдел охраны труда.

Сигнал опасности при значительном превышении вредных и опасных факторов, что связано с возникновением аварийных ситуаций на предприятии, передается в службы экстренной медицинской помощи. Учет всех неблагоприятных воздействий, которым подвергался работник, производится при прохождении профилактических осмотров и диагностики заболеваний [6-8].

Список литературы

1. Власов А. Приборы контроля физических параметров / А. Власов // Журнал «Компоненты и технологии», № 8' 2001.

2. Шитиков А. Цифровые датчики температуры от Dallas Semiconductor / А. Шитиков // Журнал «Компоненты и технологии», № 3' 2001.

3. Захарьева С.Н. Оценка профессиональных и производственных факторов риска здоровью работников предприятий машиностроения / С.Н. Захарьева, С.И. Ерениев // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2005. – №8(46). – С. 123-128.

4. ILO standards on occupational safety and health. Promoting a safe and healthy working environment. International Labour Conference. Geneva, Switzerland, 2009, 162 p.

5. Панарин В.М. Система автоматизированного контроля температуры и загазованности для дистанционного мониторинга / А.А. Маслова, В.М. Панарин, Н.А. Рыбка, К.В. Гришаков, Д.А. Селезнева // Экология и промышленность России, 2018. Т. 22. № 11. С. 14–18. DOI: 10.18412/1816-0395-2018-11-14-18.

6. Панарин В.М. Дистанционный контроль параметров микроклимата рабочей зоны с коррекцией по температуре / В.М. Панарин, А.А. Маслова, К.В. Гришаков, Л.В. Кашинцева // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2018. – Вып.3. – С.61-73.

7. Панарин В.М. Разработка интеллектуальной системы персонального мониторинга здоровья работников / В.М. Панарин, А.А. Маслова, Л.В. Кашинцева, К.В. Гришаков // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2018. – Вып.4.

8. Панарин В.М. Устройство мониторинга физиологических параметров работника во время трудового процесса / В.М. Панарин, А.А. Маслова, К.В. Гришаков // Безопасность труда в промышленности. – № 5' 2018. – С.66-70.

ВИДЕОЭКОЛОГИЯ В АРХИТЕКТУРЕ. РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ВИЗУАЛЬНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ

Ю.Н. Пушилина, В.Ю. Головкин
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. Статья посвящена рассмотрению и изучению науки – видеозэкология. Определена характеристика, исследована история появления, приведены примеры, представлены решения проблем современных городских пространств.

Актуальность темы обосновывается проблемой городского стресса и негативного восприятия окружающей среды в развивающихся урбанизированных городах. Работа, отдых, и состояние человека в целом, напрямую зависит от его окружающих факторов. Городские пространства, архитектура и дизайн играют далеко не последнюю роль в его психологическом состоянии.

Все мы хорошо знакомы с выражением «серые улицы». Словосочетание выражает эмоцию недовольства однородности улиц и блеклости зданий, что в свою очередь может привести к психологическим расстройствам, стрессу и неприязни города, в котором человек живет, учится, работает и проводит свободное время. На сегодняшний день написано немало количество статей, изучена теоретическая часть, и были совершены попытки в поиске устранения данного явления. Статья нацелена на изучение и сравнение объектов архитектуры, дизайна и элементов ландшафта, основываясь на науку – видеозэкология, которая предоставляет возможное решение и адаптацию существующих объектов и зданий.

Человечество еще в глубокой древности придавало немалое значение деталям интерьера, а чуть позже и формообразующим мотивам в архитектуре. Одной из целей таких действий было направлено на психологический аспект человека, на его восприятие. Так, настоящим примером можно считать использование черепов животных в интерьере и экстерьере, служащими устрашением противника, или, например, использование золота, меха или шерсти для уюта.

Хорошим примером организации пространства, можно считать древнюю Грецию. Эпоха Древней Греции характера своим стремлением к гармонии, стремлением к слиянию человека и природы. Многие мыслители и философы того времени искали свое вдохновение в садах и парках. Это было место уединения и духовного воспитания. Сады и парки подкреплялись амфитеатрами и стадионами для физических занятий. Каждый сад имел свой смысл и цель, от

посвящения богам, и занятий философией, до украшений улиц и окружения собственных домов.

В более поздних веках объектами устрашения стали цепи, оружие и крепостные башни, а объектами уюта оставались те же сады и парки, ткани и очаги. Во все времена, использование объектов в интерьере или архитектуре имело свое влияние на психическое состояние человека, а также на его быт, поведение, увлечения, вдохновение и ремесло.

Спустя многие столетия, только в 1989г. русский физиолог и доктор биологических наук Василий Антонович Филин, предложил термин «Видеоэкология». Василий Антонович Филин является родоначальником изучения науки видеоэкологии. Он первый рассмотрел окружающую видимую среду как экологический фактор. Филин В.А. является автором 11 изобретений и 200 научных работ, а также монографий «Видеоэкология. Что для глаза хорошо, а что – плохо» (М.: ТАСС-реклама, 1997.) 320с. изданной в 1997 году на русском, а в 1998 году на английском языках) и «Автоматия саккад» (М.: Изд-во МГУ, 2002. 240с.).

Видеоэкология (от латин. Video – видеть, греч. Οικος и λόγος – экология) – область знания о взаимодействии человека с окружающей видимой средой [²]. Видеоэкология является подотраслью науки – экологии. Сама по себе экология – это наука о взаимодействии человека с окружающей видимой средой.

Видимая среда – это визуальная среда, которая может быть, как естественной, так и искусственной. К естественной среде относятся природные элементы и объекты, а к искусственной среде – все объекты, сделанные человеком в процессе исторического развития, и которые не могут существовать сами по себе, как природа.

Видеоэкология тесно связана с экологией, биологией, психологией, физиологией, офтальмологией, математикой, архитектурой, дизайном и строительными технологиями и тому подобными областями науки.

Видеоэкология рассматривает и анализирует видимую окружающую среду как фактор, влияющий на восприятия человека. Природа, архитектура и ее элементы, дизайн, интерьеры и экстерьеры, городские пространства влияют на человека. Окружающую среду человек воспринимает благодаря органам зрения. Орган зрения состоит из глазного яблока и зрительного нерва. Человеческий глаз устроен так, что он воспринимает информацию саккадами.

Саккады (от старинного французского слова, переводимого как «хлопок паруса») – быстрые, строго согласованные движения глаз, происходящие одновременно и в одном направлении [³]. Теоретической основой видеоэкологии является концепция об автоматии саккад.

В настоящее время городские пространства резко изменили визуальные черты. В большинстве городов теперь преобладают прямые углы, бедные или серые оттенки, голые стеклянные, кирпичные или бетонные стены, глухие заборы, идентичные одинаковые элементы, плоскостные статичные объемы. Все

² Видеоэкология. // Словарь и энциклопедия «Академик».
URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/6225>

³ Видеоэкология. // Словарь и энциклопедия «Академик».
URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/6225>

это негативно сказывается на восприятие и состояние человека. Существует несколько причин ухудшений современного городского пространства, а именно:

1. Урбанизация городов;
2. Взгляды в обществе XIX-XX веков;
3. Художественные взгляды архитекторов;
4. Автоматизация производств строительных материалов;
5. Запоздалое появление науки – видеоэкологии.

Внешняя информация, которая перерабатывается органами зрения, попадает в кору головного мозга, и может вызывать как напряжение нервной системы, так и благоприятно воздействовать на нее. Объекты, которые отрицательно влияют на восприятие человека, называются «Загрязнителями» визуальной среды. Эти загрязнители могут быть как гомогенными, так и агрессивными визуальными полями.

Гомогенное визуальное поле – это голая поверхность окружающего пространства, на которых визуальные детали либо отсутствуют, либо их количество резко снижено, примером могут быть глухие стены, панели, глухие заборы и т.д. В свою очередь агрессивные поверхности характеризуются множеством идентичных равномерно распределенных видимых элементов. Глаз не может полноценно перерабатывать информацию, принятую с гомогенных или агрессивных полей, так как глазу не за что зацепиться после саккады. В этом случае саккады увеличиваются по амплитуде, и начинают работать не в привычном, экономном режиме, что приводит к ощущению дискомфорта.

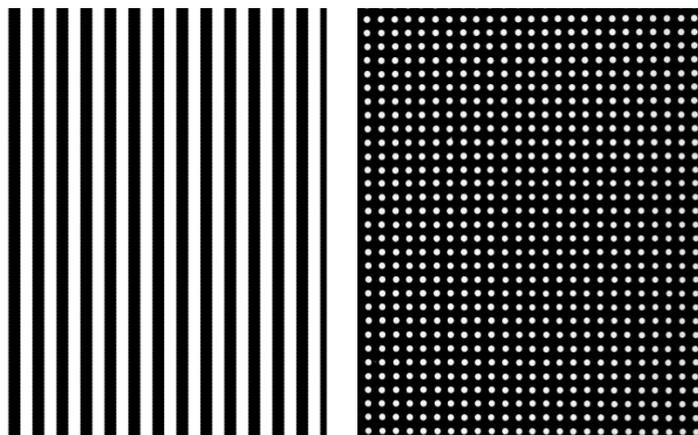


Рис. 1. Примеры агрессивных видимых полей

Каждодневное пребывание в гомогенных и агрессивных средах крайне негативно сказываются как на зрении, так на работу мозга и психики человека, так как он не может целостно представить тот или иной объект или его масштаб без каких-либо видимых возможных точек опор. Человек при длительном пребывании в таких пространствах начинает испытывать беспричинное раздражение и дискомфорт, что в дальнейшем приводит к головокружению и головной боли. Последствиями противоестественной визуальной среды могут стать: близорукость; панические атаки; депрессивные расстройства; психические заболевания и расстройства; агрессивность или бездуховность.

Почти вся современная архитектура в большинстве случаев создает агрессивную видимую среду городов. Особенно это хорошо можно заметить благодаря высотным зданиям, где остекление занимает до 90% всего здания.

Человеческий глаз не способен найти точку опоры в таком пространстве. Примерами можно считать любое высотное здание в Сиэтле, или все известные наши типовые панельные дома. А если вспомнить наши современные города, то их занимают преобладающее большинство таких зданий.



Рис. 2. Городские пространства из типовых зданий

Одним из решений проблем урбанизации городов является использование аллей и зеленых насаждений, так же проектирование парков, садов, скверов. Ведь они до сих пор выполняют ту же самую функцию, что и в Древней Греции. Помимо разгрузки от городской суеты, парк обладает рядом положительных качеств, таких, например, как менее загрязненный воздух или минимальные звуковые воздействия от транспорта.



Рис. 3. Парк ФК «Краснодар»

Еще в начале советского времени была совершена глобальная ошибка, которая внесла свой вклад в проблему монотонности и однородности городского пространства. Эта ошибка появилась вследствие использования ограниченного числа строительных материалов, отсутствия декорирующих элементов, и скудного цветового решения фасадов.

Одними из основных способов решений данной проблемы, может стать использование различных фасадных решений. Эти решения могут быть как колористическими, так и с использованием дополнительных материалов и конструкций, таких, например, как элементы декора или навесной фасад.

Человеческий глаз, наблюдая за таким объектом, сможет фокусироваться и воспринимать, как мелкие детали, так и общую картину здания. Так же саккады смогут работать в естественном режиме. В пример таких решений можно взять

колористику блочных жилых домов в Польше, и проекты новостроек Петербурга с художественными торцами.



Рис. 4. Примеры фасадных решений

Еще одним из способов решения проблемы серых однородных пространств является формообразующая концепция, еще на стадии проектирования и разработки, но тут большое влияние оказывает экономическая сторона вопроса, а так же возможности строительных конструкций.

В наше время в городских пространствах все чаще стали появляться арт-объекты, которые так же могут служить одним из решений проблем урбанистики.

В градостроительном масштабе вопрос видеозэкологии на данный момент не имеет огласки. Но в случае если проектирование объекта на стадии разработки концепции не будет иметь однородных и агрессивных сред, то это решит уже немалую часть проблем, как для отдельного здания, так и для общей картины городских пространств в целом.

В наши дни почти все российские города потеряли свою индивидуальность и уникальность благодаря типовому проектированию. Жители городов потеряли возможность любить и гордиться своим уникальным и неповторимым городом. Архитектура лишилась формообразующих идей и концепций. Многократное однообразное повторение типовых зданий убивает архитектуру и искусство как уникальность.

Во многих странах Европы существует запрет строительства двух одинаковых зданий в одном городе, в тоже время в России, навязывают типовое проектирование. Взгляды советского периода продолжают существовать и по сей день, хоть и в тоже время стоимость строительства по индивидуальным проектам не на много дороже, чем стоимость строительства типовых проектов. Так же строительство типового проекта возможно только при условии подготовленного чистого участка, в то время как строительство по индивидуальному проекту возможно на любом участке.

Видеозэкология основывается не на субъективных ощущениях, а на закономерностях зрительного восприятия. Существуют исследования восприятия и воздействия однородных и агрессивных сред на саккады и на психику человека. Воздействие таких сред отрицательно сказывается на психологическое состояние человека.

Из всего вышеизложенного можно сделать вывод, что одним из важнейших компонентов в жизни человека является окружающая визуальная

среда. И в результате ее неправильной организации могут появиться отрицательные последствия.

Видеоэкология как наука имеет перспективы для дальнейшего развития и в последствии станет определяющим критерием при строительстве, как отдельных объектов, так и городов.

Список литературы

1. Пушилина Ю.Н. Комплексный подход к созданию и благоустройству среды, окружающей человека / Ю.Н. Пушилина // *Инновационные наукоемкие технологии: доклады VI международной научно-практической конференции; под общ. ред. В.М. Панарина.* – Тула: *Инновационные технологии*, 2019. – С. 57-60

2. Габайдулина С. Цвет как психологическая характеристика городской среды / С. Габайдулина // *Колористика города (Материалы Международного семинара).* – М.: 1990. – 181 с.

3. Филлин В.А. «Автоматия саккад». - М.: *Московский Университет*, 2001. – 263 с.

4. Филлин В.А. *Видеоэкология. Что для глаза хорошо, а что – плохо* / В.А. Филлин. – М.: *Видеоэкология*, 2006. – 512 с.

5. Филлин В.А. *Видеоэкология. Что для глаза хорошо, а что – плохо* / В.А. Филлин. – М.: *ТАСС-реклама*, 1997. – 312 с. 158 илл. (1-е издание).

6. Филлин В.А. *Видеоэкология. Что для глаза хорошо, а что – плохо* / В.А. Филлин. – М.: *ТАСС-реклама*, 2001. – 312 с. 158 илл. (2-е издание).

7. Филлин В.А. *Видеоэкология. Что для глаза хорошо, а что – плохо* / В.А. Филлин. – М.: *Видеоэкология*, 2006. – 512 с.: илл. (3-е издание).

8. Филлин В.А. *Глядя на город* / В.А. Филлин // *Техническая эстетика*. – 1989. – № 9. – С. 20-22.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КАРКАС КАК ОСНОВА СОВРЕМЕННОГО ГОРОДА

Ю.Н. Пушилина, Ю.А. Нагорная
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. Статья посвящена изучению особенностей экологического каркаса современного города и выявления его функциональных элементов. Формирование основных мероприятий, направленных на создание и сохранение полноценного экологического каркаса как составляющей пространство-планировочной структуры города.

Экологический каркас города собирается из элементов ландшафта (парки, бульвары, скверы, и набережные) и фрагментов сохраненной природы (пригородные леса, парки, пойменные лесолуговые пространства). Экологический каркас состоит изразличной размерности блоки (межмагистральные клинья и растительность придомовых территорий) и функционального назначения (рекреационные, озеленительные, инженерно-защитные, санитарно-защитные,). Экологический каркас характеризуется связью

всех его деталей и блоков в единую живую сеть (ареальных блоков экологического каркаса) и коридоров (линейных блоков экологического каркаса) [1,2].

Экокаркас города выполняет ряд важных функций, основными являются:

- средоформирующая функция, которая определяет качество каркаса как системы, создающей благоприятное экологическое состояние города;

- функция поддержания стабильности природной среды, которая определяет способность каркаса как системы засчет ее целостного состояния сохранять устойчивость экологических комплексов;

- средозащитная функция, характеризует способность экологического каркаса сохранять оптимальное состояние входящих в него градоэкологических систем;

- средостабилизирующая функция системы направлена на плохо защищенные природные территории (овраги, оползни, промоины, промзоны и др.) и на решение экологических проблем, вызванных деятельностью человека.

Градоэкологический каркас – это система, которая должна формироваться с учетом оптимальных природоохранных и функционально-планировочных решений создающих благоприятные градоэкологические условия.

Мировой практикой проектирования городских ландшафтов выработан основной набор составных функциональных элементов экологического каркаса современного города [3], представленный в таблице.

Функциональные элементы экологического каркаса современного города

Функциональные элементы экокаркаса	Структура природного комплекса	
	Экокаркас региона	Экокаркас города
Экологические коридоры	Русла и поймы крупных рек, озелененные коридоры инженерно-технической инфраструктуры, водоразделы лесопосадки	Долины и русла крупных и малых рек, и их притоков, лесополоса вдоль транспортных путей
Межмагистральные клинья	Самосевные и заболоченные пространства, луга, поля, карьеры, «зеленые» насаждения вдоль ж/д и а/м путей	Самосевные и заболоченные территории, карьеры, элементы «зеленых» полос вдоль ж/д и а/м путей
Ядра экокаркаса	Система ООПТ: национальные парки, заповедники, заповедные места, заказники, леса первой и второй категорий, леса Госфонда, др. охраняемые территории	Крупные городские парки
Буферные зоны	Водоохранные зоны, особо охраняемые территории, курортные зоны, санитарно-защитные зоны водозаборов	Водоохранные зоны, охранные зонных лесов и парков города, рекреационные зоны, санитарно-защитные, зоны водозаборов и др.
Точечные элементы экокаркаса	Памятники природы, зеленые зоны населенных пунктов, памятники истории и культуры, природные комплексы (болота, территории с эрозионными, золовыми процессами, с наличием оползней, подтопления)	Памятники природы, районные парки, скверы, бульвары, придомовые территории, охраняемые объекты неживой природы, памятники культуры и истории

Продолжение таблицы		
Система рекреационных зон	Места отдыха у воды, профилактории, санатории, детские лагеря	Парки, места отдыха у воды, скверы, бульвары
Бедленды	Золоотвалы, пустыри, шламонакопители, крупные свалки, промышленные зоны, природные комплексы, находящиеся под неблагоприятным экологическим воздействием	Золоотвалы, пустыри, шламонакопители, городские свалки, промышленные зоны, природные комплексы, находящиеся под неблагоприятным экологическим воздействием
Зеленое кольцо города	Система окраинных лесов города, зоны охраны крупных и малых водотоков и водоемов, сельскохозяйственных угодий	Элементы водно-зеленого диаметра, парки городских окраин, пригородные леса, сельскохозяйственные угодья, садово-огородные товарищества

Исходя из понятия экологического каркаса, возникает вопрос о целостности системы. Восстановление экологического каркаса осуществляется путем создания разветвленной системы зеленых «коридоров», соединяющих отдельные участки природного комплекса, в процессе проведения следующих мероприятий:

- формирование системы охраняемых природных территорий;
- сохранение существующих и восстановление утраченных ландшафтов долин крупных и малых рек как экологических связей, которые являются соединяющими звеньями его структуры, обеспечивающими поддержание и восстановление биологического и биотипического разнообразия территорий экологического каркаса, их стабильность и экологическую эффективность, регенерация; очистка русел, освобождение пойм и притеррасных понижений от незаконной застройки и объектов промышленности;
- выделение в каждом административно-территориальном районе и сохранение основных межмагистральных клиньев, «территорий-связок», включающих существующие и недействующие территории экологического каркаса и обеспечивающих связь ключевых его территорий между собой и с загородными ландшафтами;
- создание и реабилитация новых крупных городских парков (как экологических островов внутри города) на смену стареющих, в особенности в районах новой застройки;
- формирование в контактных зонах экологического каркаса и урбанизированных территориях малозастроенных и озелененных зон, способствующих снижению нагрузок на природную систему;
- развитие системы внутриквартальной зеленой архитектуры, придомовой территории и озеленение пешеходных зон, улиц, инженерных коммуникаций, технических зон;
- сохранение и формирование новых зеленых территорий общественного пользования (бульваров, скверов) и специального назначения (защитных полос вдоль железнодорожных путей, инженерно-технических зон и коммуникаций);

- восстановление бедлендов;
- включение в состав территорий экологического каркаса природных объектов – деревьев, кустарников, водных источников, фрагментов ландшафта, мест произрастания и обитания редких растений и животных [4-6].

Резюмируя проведенное исследование, можно выявить основные мероприятия, направленные на формирование полноценного экологического каркаса:

1. Поддержание существующих территорий экологического каркаса и его развитие за счет восстановления природных сообществ и нового озеленения территорий.

2. Сохранение и возобновление территориальной связи экологического каркаса с пригородами.

3. Развитие городской системы охраняемых территорий разных правовых категорий и статуса регионального и местного значения.

4. Создание системы рекреационных центров городского и районного значения.

5. Формирование экокаркаса при преобразовании промышленно-коммунальных зон за счет восстановления речных долин и создания новых объектов озеленения.

6. Закрепление приоритета общегородских экологических функций территорий экологического каркаса при всех видах их разрешенного использования.

7. Установление границ территорий экологического каркаса и их закрепление в документации линиями градорегулирования.

8. Установление для пространств экологического каркаса особых режимов использования территорий, создание нормативно-правовой базы, регламентирующей охрану и использование экологического каркаса, и градостроительную деятельность на них;

9. Поддержка и повышение экологической эффективности территорий экологического каркаса при всех способах их использования.

Список литературы

1. Пушилина Ю.Н. *Комплексный подход к созданию и благоустройству среды, окружающей человека // Инновационные наукоемкие технологии: доклады VI международной научно-практической конференции; под общ. ред. В.М. Панарина. – Тула: Инновационные технологии, 2019. - С. 57-60*

2. Пушилина Ю.Н. *Применение зеленых насаждений в архитектуре // Инновационные наукоемкие технологии: доклады VI международной научно-практической конференции; под общ. ред. В.М. Панарина. – Тула: Инновационные технологии, 2019. - С.47-50*

3. Гутнов А.Э. *Эволюция градостроительства [Текст] / А.Э. Гутнов. – М.: Стройиздат, 1984.*

4. Владимиров В.В. *Город и ландшафт [Текст] / В.В. Владимиров, Е.М. Микулина, З.Н. Яргина. – М.: Мысль, 1986. – 238 с.*

5. Колбовский, Е.Ю. *Ландшафтное планирование [Текст] / Е.Ю. Колбовский. – М.: Академия, 2008. – 348 с.*

6. Родоман, Б.Б. Поляризация ландшафта как средство сохранения биосферы и рекреационных ресурсов [Текст] / Б.Б. Родоман // Ресурсы, среда, расселение. – М., 1974. – 330 с.

7. Никулина Е.М. Ландшафтно-географический подход как основа экологического каркаса городов (на примере г. Астрахани) / Е. М. Никулина // Естественные и технические науки. – 2009. – №6 (44). – Москва: Изд-во «Спутник +», 2009. – С. 441-446.

8. Назарова А.М. Экологический каркас как основа экологии города / А.М. Назарова // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования Международная научно-практическая Интернет-конференция, посвященная 25-летию ФГБНУ «Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия». – Астрахань: Изд-во Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия (Соленое Займище), 2016 – С. 682-684.

ПРЕИМУЩЕСТВА ГИДРОПЕСКОСТРУЙНОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ С ПОЗИЦИЙ СНИЖЕНИЯ ШУМОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РАБОТАЮЩИХ И УЛУЧШЕНИЯ УСЛОВИЙ ТРУДА

Л.В. Котлеревская, Ю.В. Боева
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** В статье рассмотрено влияние шума на организм работающего; приведен сравнительный анализ эффективности применения средств индивидуальной и коллективной защиты от шума. Даны рекомендации по возможным путем снижения шума в источнике его возникновения посредством применения современных технологий и оборудования.*

В современных технологиях эксплуатация оборудования тесно связана с возникновением шума, оказывающего неблагоприятное воздействие на организм человека. Общеизвестно, что длительное действие шума не только снижает работоспособность, ухудшает самочувствие и настроение, но и приводит к развитию профессиональных заболеваний.

Шум как гигиенический фактор – это совокупность звуков, неблагоприятно влияющих на организм человека, а также мешающих его работе. Они представляют собой волнообразно распространяющиеся колебательные движения частиц упругой среды.

В условиях высоких уровней шума при продолжительном стаже работы у людей развивается профессиональная тугоухость, в начале карьеры проявляются неспецифические симптомы, которые характеризуются реакциями центральной нервной системы: головной болью, повышенной утомляемостью, шумом в ушах [1, 3].

Допустимые уровни шума на рабочих местах принимаются в соответствии с СП 2.2.4.3359-16 [4], устанавливающим что нормативный эквивалентный

уровень звука на рабочих местах 80 дБА, для отдельных отраслей (подотраслей) экономики допускается эквивалентный уровень шума от 80 до 85 дБА при условии подтверждения приемлемого риска здоровью работающих по результатам проведения оценки профессионального риска здоровью, а также выполнения комплекса мероприятий, направленных на его минимизацию. Нормативный документ предписывает зоны с уровнем звука выше 80 дБА обозначать специальными знаками, а работающих в этих зонах снабжать средствами индивидуальной защиты.

Безусловно, на производствах с повышенным уровнем шума необходимо проводить мероприятия по его снижению. Защита работающих от шума может осуществляться как коллективными средствами и методами, так и индивидуально. Преимущества следует отдавать использованию коллективных средств защиты, которые подразделяются на средства, снижающие шум в источнике его возникновения, и средства, снижающие шум на пути его распространения от источника шума до защищаемого объекта (человека).

Применение средств индивидуальной защиты от шума целесообразно в тех случаях, когда средства коллективной защиты не обеспечивают снижения уровня шума до допустимого. Средства индивидуальной защиты позволяют снизить уровень шума на 10-45 дБ, причем наиболее значительное глушение шума наблюдается в области высоких частот, наиболее опасных для человека. К средствам индивидуальной защиты от шума относятся: противошумные наушники, закрывающие ушные раковины снаружи; противошумные вкладыши (однократного и многократного пользования), перекрывающие наружный слуховой проход или прилегающие к нему; противошумные шлемы и каски – они применяются при очень высоких уровнях шума в сочетании с наушниками, а также противошумными костюмами [3].

Наиболее эффективны мероприятия, снижающие шум в источнике его возникновения. Борьба с шумом после его возникновения обходится дороже и часто является малоэффективной. Выбор средств, снижающих шум в источнике его возникновения, зависит от происхождения шума. Это может быть повышение точности изготовления деталей и качества сборки, использование малошумных материалов и т.д.

Звукоизоляция и звукопоглощение являются методами снижения производственного шума на пути его распространения. С помощью звукоизолирующих преград можно снизить уровень шума на 30-40 дБ. Метод основан на отражении звуковой волны, падающей на ограждение. Наиболее эффективным звукоизолирующими материалами являются металлы, бетон, дерево, плотные пластмассы и т.п. При применении звукопоглощения для достижения максимального эффекта рекомендуется облицовывать не менее 60 % общей площади ограждающих поверхностей, а объемные (штучные) звукопоглотители располагать как можно ближе к источнику шума. Теоретически максимальное снижение шума, достигаемое данным методом, не превышает 10-12 дБ.

Однако, не всегда возможно снизить воздействие шума при помощи коллективных средств защиты. Вместе с тем, применение СИЗ не всегда является целесообразным ввиду того, что они имеют свойство быстро изнашиваться, что

влечет за собой увеличение текущих затрат на обеспечение защиты от шума. С этих позиций наиболее рациональным является снижение шума в источнике его возникновения, что в ряде случаев связано с заменой оборудования на более современное, стоимость которого в течение некоторого промежутка времени окупится. С позиций обеспечения санитарии и безопасности труда одной из главных задач современного оборудования является снижение воздействия вредных и опасных факторов на работника.

В филиале АО «КБП»-«ЦКИБ СОО» на пескоструйном участке для очистки деталей перед нанесением лакокрасочных покрытий используется пескоструйная камера закрытого типа старого образца. При помощи пескоструйной обработки происходит очищение поверхности деталей от грязи, окалины, ржавчины и других загрязнений, а также происходит сглаживание шероховатостей, упрочнение поверхности и т.д.

На данном рабочем месте на работника оказывается шумовое воздействие, которое составляет 98 дБА. Применение кожуха невозможно, так как работа ведется непосредственно в контакте с установкой. Можно произвести облицовку помещения, однако, как показывает практика, облицовка позволяет снизить уровень шума не более, чем на 5 дБ, и является весьма затратным мероприятием. Поэтому целесообразнее заменить имеющееся оборудование на более современное, которое позволит не только снизить уровень шума, но и увеличит производительность, позволит усовершенствовать и облегчить технологический процесс.

Примером такого оборудования является гидropескоструйная установка. Главное преимущество современной закрытой камеры гидроабразивной обработки заключается в том, что максимальное значение шума, создаваемое ею, не превышает 79 дБА, то есть не оказывает вредного воздействия на работника.

Благодаря использованию жидкости (воды), которая выполняет функции транспортировки абразивных частиц в зону обработки, становится возможным обработка деталей как простой, так и сложной геометрии (включая и труднодоступные места) специальными антикоррозионными и обезжиривающими составами с обеспечением щадящей и мягкой обработки поверхностей за счет смазывающего и амортизирующего воздействия воды на поверхность детали. Благодаря использованию воды также достигается отсутствие пыли при обработке, тем самым улучшаются условия труда персонала по воздействию АПФД и общая санитарно-гигиеническая обстановка на рабочем месте.

Регулируя соотношение абразивных компонентов (включая и их тип) и водного раствора (или воды) можно выбирать различные режимы обработки: от тонкого безразмерного хонингования до грубого шлифования и обдирки.

Преимущества применения гидроабразивной обработки:

- быстрая очистка поверхности, включая и труднодоступные места;
- создание матовой поверхности, идеальной для последующей полировки детали или ее покраски;
- щадящий способ обработки, устраняющий повреждения краев на деталях и эрозию поверхностного слоя;

- промывка и удаление остатков каустических материалов с поверхности деталей, микротрещин и отверстий.

Таким образом, применение коллективных и индивидуальных средств защиты позволяет снизить уровень вредного воздействия шума на организм человека, сохраняя его здоровье, однако, не всегда выгодно их применение. В эпоху технологического и информационного прогресса целесообразно заменять старое оборудование на современное, так как оно является более совершенным, высокопроизводительным, безопасным и экономичным в плане времени на одну операцию. Гидропескоструйная камера имеет ряд преимуществ, которые позволяют улучшить очистку деталей, а также снизить воздействие вредных факторов на работника.

Список литературы

1. Раздорожный А.А. *Охрана труда и производственная безопасность: учебник / А.А. Раздорожный. – М.: Изд-во «Экзамен», 2006. – 510 с. (Нормирование шума, физические характеристики, защита от ультра- и инфразвуков, воздействие вибраций и методы защиты).*

2. Ковригин К.Н. *Влияние уровня шума на производительность труда / К.Н. Ковригин, А.П. Михеев. – М.: Гигиена и санитария, 1995.*

3. Шлендер П.Э., Маслова В.М., Подгаецкий С.И. *Безопасность жизнедеятельности: учеб. пособие / Под ред. проф. П.Э. Шлендера. – М.: Вузовский учебник, 2003. – 208 с.*

4. СП 2.2.4.3359-16 *«Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».*

ГИБРИДНАЯ ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ЭКСТРУДАТА И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ЭКСТРУДЕРА В ПРОИЗВОДСТВЕ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК ПРИ НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЯХ

А.Н. Полосин, А.Д. Липкан

Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет),
г. Санкт-Петербург

Аннотация. В работе описана гибридная экспертная система, позволяющая формировать советы операторам по управлению ключевой стадией экструзионно-каландрового производства упаковочных полимерных пленок (ПП) – процессом экструзии – при возникновении нештатных ситуаций (НС), связанных с браком экструдата и отклонениями производительности экструдера. Система включает модули идентификации НС, определения их истинных причин, формирования советов по направлению и величине изменения управляющих воздействий (УВ) на экструдер для устранения НС, визуализации трендов УВ, производительности экструдера и показателей качества экструдата. Гибридный характер системы обусловлен тем, что для формирования советов по управлению применяются многовариантные модели объекта управления – продукционно-фреймовая модель представления знаний о НС и

библиотека математических моделей для расчета неконтролируемых на производстве выходных параметров процесса экструзии. Тестирование системы по данным производств поливинилхлоридных ПП подтвердило ее работоспособность в качестве советчика операторов экструдеров.

Производства жестких ПП для упаковки фармацевтических препаратов и пищевых продуктов, реализуемые на экструзионно-каландровых линиях (ЭКЛ), являются многоассортиментными (например, международная корпорация Klöckner Pentaplast, являющаяся одним из мировых лидеров по производству ПП, выпускает 10 типов фармацевтических ПП), крупнотоннажными (производительность одной ЭКЛ более 1000 кг/ч), энергоемкими, непрерывными. Они характеризуются частыми (в среднем 30 раз в месяц) переходами на новые типы ПП и/или производительность, жесткими требованиями к потребительским характеристикам ПП, множеством и сложностью связей между показателями качества продукции и параметрами производственного процесса. Переработка композиции, основу которой составляет пленкообразующий полимер, в экструдере играет ключевую роль в производстве, так как от состояния (материальной однородности, теплового состояния) и внешнего вида (цвета, равномерности окраски) экструдата, подаваемого на каландр для получения ПП, зависят наиболее важные для потребителей характеристики упаковочной ПП (число поверхностных дефектов на заданной площади, цвет). Возвратные отходы производства, подаваемые в экструдер, неполнота информации о качестве экструдата, которое оценивается визуально, различные типы применяемых экструдеров, сложность процесса экструзии, включающего плавление, перемешивание, нагрев (в канале шнека экструдера) и предварительное формование (в головке – фильтре – экструдера) полимерной композиции, недостаток у операторов опыта и времени для анализа данных процесса, получаемых в режиме реального времени, приводят к принятию неправильных управленческих решений. Результатом является брак экструдата, отклонения производительности экструдера за регламентные ограничения, приводящие к аварии (соударению питающих валков каландра) в случае недостаточной производительности или к накоплению экструдата в питающем зазоре каландра и его термодеструкции при избыточной производительности. Брак экструдата (материальная неоднородность, термодеструкция, отклонения цвета) приводит к возникновению дефектов ПП (геликов, черных точек, желто-коричневых деструкционных полос, цветового отклонения), способствующих росту невозвратных отходов. Поэтому актуальна разработка гибридной экспертной системы, предназначенной для операторов экструдеров и позволяющей на основе многовариантных моделей процесса экструзии – модели представления экспертных знаний, математической модели (ММ) – формировать советы по управлению процессом при возникновении НС.

Анализ процесса экструзии полимеров как объекта управления позволил сформировать его информационное описание в виде совокупности векторов входных X и выходных Y параметров, UB U и возмущений F (рис. 1).

Экструдеры различных типов (одношнековые E_1 , осциллирующие E_2 , двухшнековые с односторонним E_3 и встречным E_4 вращением шнеков), применяемые в ЭКЛ, характеризуются маркой M_{extrud} и геометрическими

параметрами Γ_{extrud} (диаметром D , относительной длиной L/D , шагом B , числом заходов z_f и толщиной витков e нарезки, степенью сжатия χ и амплитудой осцилляции S_0 шнека, межосевым расстоянием шнеков A_{scr} , диаметром d и длиной l канала фильеры). Полимеры имеют тип T_{polym} и теплофизические свойства H_{polym} (плотность ρ , теплоемкость c_p , температуру плавления T_{melt}). УВ являются частота вращения шнека N , температуры тепловых зон корпуса T_{bk} и расходы жидких красителей G_{ci} , подаваемых в экструдер при изготовлении цветной ПП. Возмущением является расход потока возвратных отходов (измельченной крошки произведенной ПП) G_{wast} , приводящего к отклонениям режима экструзии от регламентного. Состояние процесса характеризуется параметрами S (скоростями циркуляционного v_x и поступательного v_z потоков, давлением P , температурой T , вязкостью η полимера и средним временем его пребывания в экструдере τ_{av}). Показателями эффективности Q являются производительность экструдера G и показатели качества экструдата (средняя степень смешения γ_{av} , индекс термодеструкции I_d , цветовые координаты (в пространстве CIE Lab) L_{ext} , a_{ext} , b_{ext} и цветовое отклонение от эталона ΔE_{ext}).



Рис. 1. Информационное описание процесса экструзии как объекта управления

Задача управления процессом экструзии при возникновении НС заключается в следующем: для заданных входных параметров X на основе описания НС, связанных с отклонениями значений показателей эффективности процесса экструзии за предельно допустимые по регламенту значения $\Delta_l = Q_l^{\min} - Q_l > 0 \vee \Delta_l = Q_l - Q_l^{\max} > 0$, и причин их возникновения, связанных с выходом параметров состояния за регламентные пороговые значения $S \notin [S^{\min}; S^{\max}]$, и ММ экструзии определить истинную причину НС и сформировать совет по направлению и величине изменения УВ U для ввода показателей эффективности в регламентные ограничения $Q \subset [Q^{\min}; Q^{\max}]$, где $Q_l, Q_l^{\min}, Q_l^{\max}$ — текущее и регламентные пороговые значения l -го показателя

эффективности (пороговые значения Q_l^{\min} , Q_l^{\max} формируются в зависимости от марки экструдера M_{extrud} и типа полимера T_{polym}).

Для решения поставленной задачи разработана гибридная экспертная система, включающая подсистему обработки НС, связанных с браком экструдата и отклонениями производительности экструдера, подсистему моделирования процесса экструзии, информационную подсистему и подсистему визуализации результатов. Подсистема обработки НС включает модули идентификации НС, определения их истинных причин, формирования советов по направлению и величине изменения УВ на экструдер для устранения НС. Подсистема моделирования содержит модули расчета неконтролируемых на производстве параметров состояния S и показателей эффективности Q процесса экструзии, взаимодействующие с библиотекой ММ процессов переработки полимеров в экструдерах типов E_1 – E_4 . Информационная подсистема включает базу данных (БД) технологических регламентов процесса, БД контролируемых на производстве технологических параметров (УВ U) и базу знаний (БЗ) НС, их причин и рекомендаций по устранению. Подсистема визуализации содержит модуль построения трендов и регламентных пороговых значений УВ $U = \Phi_U(t)$, $t \in [t_0; t_K]$ (здесь t_0 , t_K – начальный и конечный моменты интервала времени выполнения задания на изготовление ПП), параметров состояния $S = \Phi_S(t)$ и показателей эффективности $Q = \Phi_Q(t)$ процесса, а также модуль отображения информации о НС, ее истинной причине и совета по управлению. С системой взаимодействуют пользователи двух категорий – оператор экструдера и инженер по знаниям, для которых разработаны соответствующие эргономичные интерфейсы. Оператор вводит параметры производственного задания $Y_0 = \{M_{extrud}, T_{polym}, t_0, t_K\}$. По ним из БД технологических регламентов формируются значения параметров, составляющих векторы Γ_{extrud} , H_{polym} , U^{\min} , U^{\max} , S^{\min} , S^{\max} , Q^{\min} , Q^{\max} , а из БД УВ – массивы значений УВ, измеренных на промышленном экструдере $\{N = f_1(t), T_{bk} = f_{2k}(t), k = 1, \dots, n_T, G_{ci} = f_{3i}(t), i = 1, \dots, n_c, t \in [t_0; t_K]\}$. Для разработки БД использована реляционная модель описания данных. В зависимости от типа экструдера, информация о котором содержится в марке M_{extrud} , из библиотеки ММ выбирается ММ для расчета выходных параметров процесса $Y = \Psi(X, U, A)$. ММ являются детерминированными и построены на основе законов сохранения и реологии [1]. Значения настраиваемых коэффициентов ММ, входящих в вектор $A = \{\mu_0, b, T_0, n, \tau_d, T_d, E_d\}$, формируются из библиотеки ММ в зависимости от типа полимера T_{polym} . Здесь μ_0 , b , T_0 , n – коэффициенты реологической модели полимера, τ_d , T_d , E_d – кинетические параметры термодеструкции полимера. По ММ рассчитываются параметры состояния S , на основе которых вычисляется производительность экструдера (методом итераций) и показатели качества экструдата (пример для экструдера типа E_1):

$$P_{in} + B_z \frac{(\pi DN \cos \varphi)^n}{H^{n+1}} \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n \frac{F_d - G/(\rho Q_d)}{[1 - G/(\rho Q_d)] F_P} \int_0^Z \mu dz - \mu_{die} \left(\frac{G}{k_{die} \rho}\right)^n = 0, \quad (1)$$

$$\mu = \mu_0 \exp[-b(T - T_0)], \quad \mu_{die} = \mu_0 \exp[-b(T|_{z=Z} - T_0)], \quad (2)$$

$$\gamma_{av} = \tau_{av} \cdot \dot{\gamma}_{av}, \quad \dot{\gamma}_{av} = H^{-1} \int_0^H \sqrt{(dv_x/dy)^2 + (dv_z/dy)^2} dy, \quad (3)$$

$$I_d = \frac{\tau_{av}}{\tau_d} \exp \left[\frac{E_d}{8,31(T|_{z=Z} + 273)(T_d + 273)} (T|_{z=Z} - T_d) \right] 100, \quad (4)$$

где P_{in} – давление на входе, B_z – безразмерный градиент давления, φ – угол наклона витков, H, Z – глубина и длина канала, F_d, F_P – коэффициенты формы канала, Q_d – расход вынужденного потока, μ – коэффициент консистенции, k_{die} – коэффициент сопротивления головки, $\dot{\gamma}_{av}$ – средняя скорость сдвига в канале.

Рассчитанные текущие значения показателей эффективности Q передаются в подсистему обработки НС, где сравниваются с регламентными пороговыми значениями Q^{min}, Q^{max} . В случае отклонения показателя Q_l за пороговые значения система идентифицирует НС, информационным описанием которой является показатель Q_l . Для этого используется БЗ НС, разработанная на основе продукционно-фреймовой модели, применяемой для представления сложно структурированных знаний [2]. Фрейм-пример НС приведен на рис. 2.

Истинная причина НС определяется путем сравнения текущих значений параметров состояния процесса S , описывающих все возможные причины данной НС, с регламентными ограничениями S^{min}, S^{max} . Параметр состояния, значение которого нарушило ограничения, определяет истинную причину, которой в БЗ однозначно соответствует рекомендация по направлению изменения УВ U для ее устранения. Величина ΔU , на которую нужно изменить УВ, рассчитывается по ММ процесса. Советы по управлению, тренды УВ и выходных параметров отображаются на интерфейсе оператора (рис. 3).

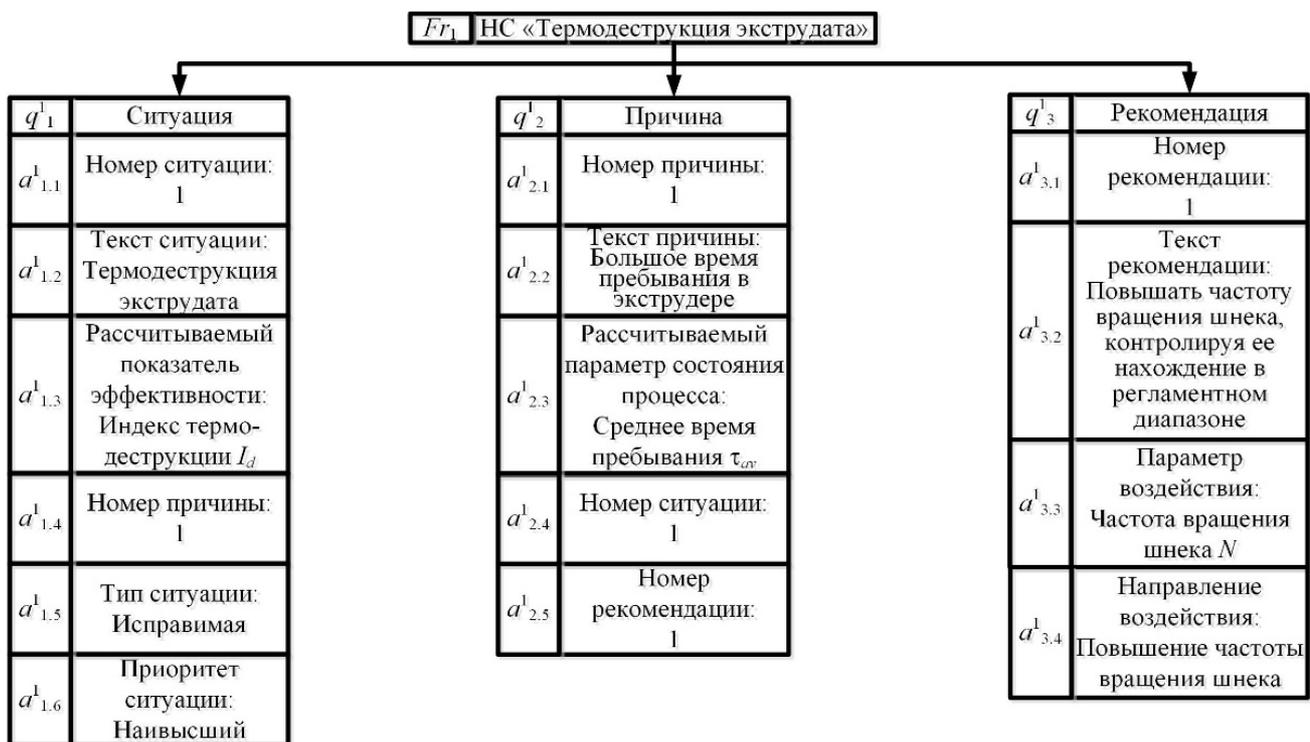


Рис. 2. Лингвистическое и информационное описание НС в виде фрейма

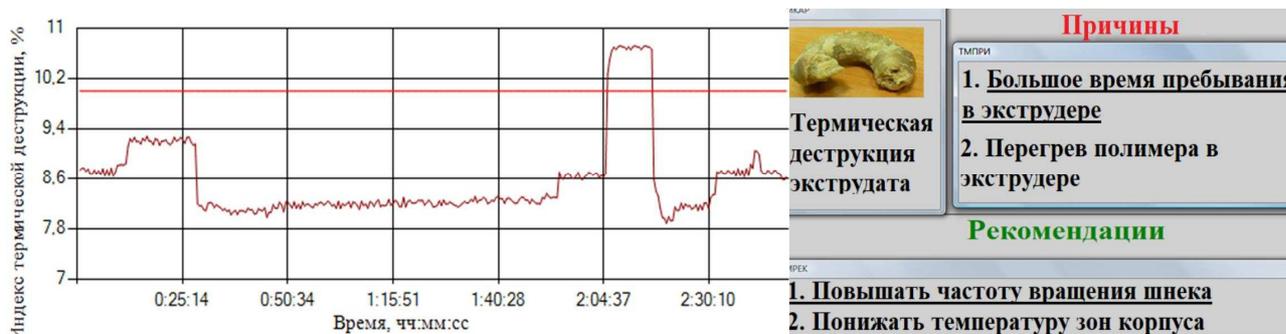


Рис. 3. Пример тренда показателя эффективности и совета по управлению процессом в НС

Система разработана на языке программирования C# в среде Visual Studio, для создания информационной подсистемы использована СУБД SQLite.

Тестирование системы, выполненное по данным производств жестких упаковочных поливинилхлоридных ПП при использовании экструдеров типов E_1 и E_2 различных марок, подтвердило ее работоспособность для данного класса объектов управления. Применение системы способствует сокращению времени принятия управленческих решений, улучшению потребительских характеристик ПП, ресурсосбережению, увеличению производительности ЭКЛ.

Список литературы

1. Чистякова Т.Б. Математические модели и программный комплекс для управления экструзионными процессами в гибких многоассортиментных производствах полимерных материалов / Т.Б. Чистякова, А.Н. Полосин // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математическое моделирование и программирование. – 2019. – Т. 12, № 4. – С. 5–25.

2. Мешалкин В.П. Экспертные системы в химической технологии / В.П. Мешалкин. – М.: Химия, 1995. – 368 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ, РЕСУРСО И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

А.И. Билалова

Ульяновский государственный технический университет,
г. Ульяновск

Аннотация. Приведен синтез основных звеньев и системы в целом. Анализируется работа различных типов регуляторов напряжения и обосновываются преимущества предлагаемого транзисторного варианта. Сформированные сигналы обратных связей используются для построения структуры подчиненного регулирования. Приводятся выражения для расчета регуляторов и системы в целом. Проведено моделирование исследуемого асинхронного электропривода для различных режимов работы.

При модернизации и создании нового электрооборудования актуальными являются вопросы энергоэффективности и компактности. Требования к управлению двигателем различаются в зависимости от области применения.

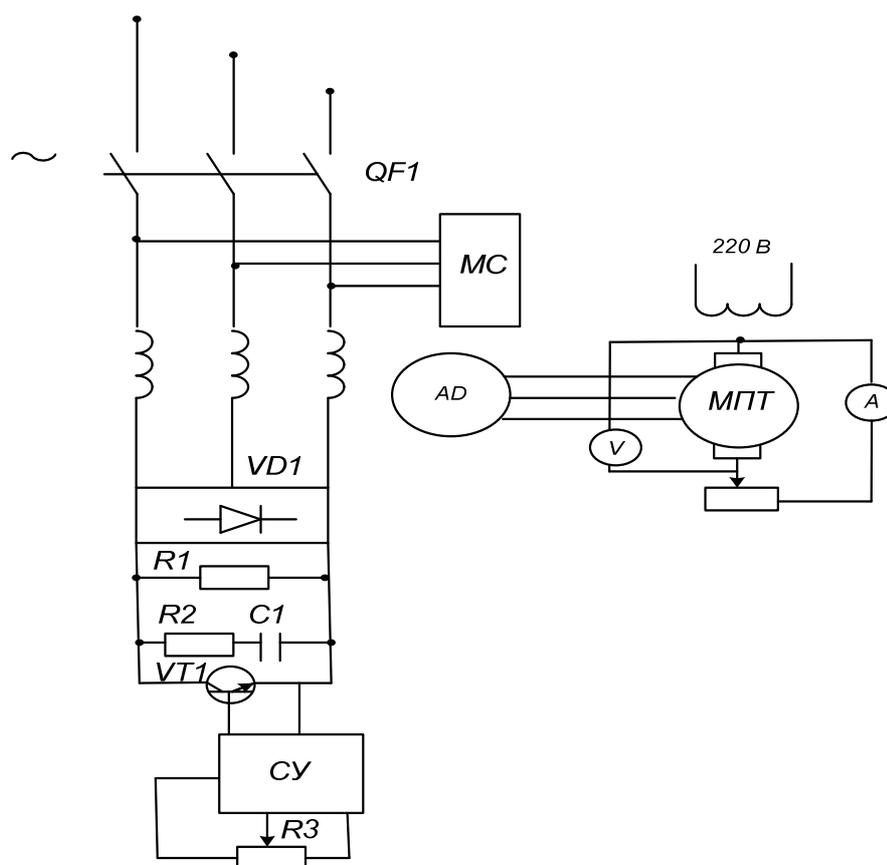


Схема тестирования системы управления

Характеристики энергоэффективности приведены в таблице.

Характеристики энергоэффективности асинхронного двигателя в различных режимах

Параметр	$M = 0,2M_n$				$M = 0,6M_n$				$M = 0,8M_n$			
	88	132	176	220	88	132	176	220	88	132	176	220
$V_1, В$	88	132	176	220	88	132	176	220	88	132	176	220
$I_1, А$	3,75	2,55	2,14	2,28	-	5,36	4,42	3,89	-	-	5,33	5,07
$W_1, кВт$	0,77	0,77	0,85	0,93	-	1,61	1,87	1,59	-	-	2,31	2,44
КПД	79	77	76	75	-	80	79	78	-	-	81	80
$\cos\varphi$	0,78	0,77	0,75	0,62	-	0,76	0,80	0,62	-	-	0,82	0,73
$V_2, В$	100	103	105	107	-	103	105	107	-	-	105	107
$I_2, А$	5,1	4,85	5,14	5,51	-	10,49	11,81	14,86	-	-	14,95	15,51
$W_2, кВт$	0,51	0,5	0,54	0,58	-	1,08	1,24	1,59	-	-	1,57	1,66
КПД	84	84	84	84	-	84	84	84	-	-	84	84

Асинхронный двигатель является одной из наиболее распространенных машин. Для создания системы регулирования скорости необходимо применение различных датчиков, в частности по скорости. Это приводит к увеличению стоимости электропривода и усложнению его конструкции. В настоящее время активно развиваются схемы, построенные на основе наблюдательных устройств (НУ).

Список литературы

1. Мелешин В.И. Управление транзисторными преобразователями электроэнергии / В.И. Мелешин, Д.А. Овчинников. – М.: Техносфера, 2011. – 576 с.
2. Franklin G.F. et.al. Feedback Control of Dynamic Systems. Pearson Prentice Hall, 2006, pp.910.
3. Ильинский Н.Ф. Энергосбережение в электроприводе / Н.Ф. Ильинский, Ю.В. Рожанковский, А.О. Горнов. – М.: Высш. школа, 1989. – 127 с.
4. Аверин С.В. Сравнение способов регулирования переменного напряжения с помощью коэффициента регулирования // Практическая силовая электроника / С.В. Аверин, Ю.Г. Следков. – 2002. – №8. – С.17-20.
5. Доманов В.И., Доманов А.В., Муллин И.Ю. Электропривод с трехфазным асинхронным двигателем // Патент на изобретение. Россия, №2418356, класс H02P1/26, H02P3/24, дата заявления 2010-04-13, дата опубликования 2011-05-10.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТИ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕТОКСИЧНОСТИ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ТЕРМОДЕСТРУКЦИИ

Н.В. Рябинина, Г.И. Шайдунова

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
г. Пермь

Аннотация. В данной статье представлены перспективы повышения пожаробезопасности и обеспечения нетоксичности материалов при термодеструкции, а также приведены первичные результаты исследования высококремнеземистых композиционных материалов.

Важнейшую роль в современной механике композиционных материалов и конструкций играют высококремнеземистые теплоизолирующие покрытия. Среди множества наноструктур значительное место принадлежит кремнийсодержащим образованиям. Применение композиций с высоким содержанием кремния перспективно для создания материалов, огнестойких в течение длительного времени, что достаточно актуально в настоящее время для применения в конструкциях огнезащитных дверей, высокотемпературных печей и других агрегатах.

Исследование первичных рецептур на основе силиката натрия в присутствии рубленого стекловолокна, инертных наполнителей и коагулянтов подтвердило актуальность направления с решением задач в области обеспечения нетоксичности, повышения технологичности и снижения уровня влагопоглощения.

Одним из основных направлений совершенствования эксплуатации технических объектов является повышение экономичности, надёжности и безопасности, включая огнестойкость и нетоксичность выделяемых продуктов при высокотемпературном воздействии, особенно, если это касается обитаемых

помещений, агрегатов и ограждений.

Полимерные материалы являются, как правило, горючими и агрессивными; исключение по негорючести составляют хлорсодержащие компоненты, которые, однако способны при накоплении формировать диоксины. Именно эти факторы приводят к поиску новых рецептурных решений по материалам, которые способны выдерживать воздействие температур открытого огня (800-900 °С) без выделения токсичных газообразных веществ.

Основной подход в подборе рецептурного состава заключается в исследовании компонентов при достижении температурного диапазона физико-химических превращений, при котором наблюдаются эндо-эффекты реакции разложения при высокотемпературном воздействии.

В процессе аналитических исследований выявлены особенности применения жидкого стекла (натриевого) и термостойких алюмо и хромфосфатных связующих, которые можно паритетно сравнивать по негорючести и термостойкости. Однако жидкое стекло после адсорбции наполнителя требует выполнения жестких требований при отверждении (температура, время и проникающие инфракрасные лучи). Алюмофосфатные связующие повышают теплопроводность (по сравнению с жидким стеклом), а хромосодержащие фосфаты придают дополнительную прочность армированному материалу, но значительно повышают плотность и уступают по экологическим аспектам.

Исходя из вышеизложенного, использование жидкого стекла является предпочтительным, но требует индивидуального подхода в совокупности с другими наполняющими адсорбентами и коагулянтами.

После обобщения накопленного опыта и систематизации преимуществ и недостатков термостойких материалов и покрытий, можно сделать вывод о явном предпочтении композиций, включающих кремнийсодержащие связующие, совместимые по адгезии с армирующими наполнителями типа стекловолокна, двуокиси кремния, базальта и других минеральных наполнителей.

Проведенные первичные испытания подтверждают эффективность использования высокотемпературных наполнителей с введением связующего на основе кремнийнатриевого жидкого стекла.

Испытания образцов-демонстраторов исследуемого материала на стойкость и негорючесть проводились в условиях испытательной базы ВНИИПО МЧС РФ.

На испытания представлены образцы теплоизоляционного материала в виде цилиндров размером 40х40 мм, цвет серый.

1. Методы испытаний:

- 1.1. Определение теплоты сгорания по ГОСТ 31251-2008 (Приложению Б).
- 1.2. Проведение термического анализа по ГОСТ 31251-2008 (Прил. А).
- 1.3. Определение группы горючести по ГОСТ 30244-94 (метод I)

2. Методика проведения термического анализа.

Испытания образцов материала проводились на метрологически аттестованном оборудовании. Используемое оборудование: термовесы ТГЛ-951, модуль ДТА-1600, входящие в термоаналитический комплекс (термоанализатор) «DuPont-9900».

При испытании образцов материалов были выбраны следующие условия проведения термического анализа: скорость нагревания 20°С/мин; температурный диапазон нагревания – 30÷800°С; держатель образца – платиновая корзина с платиновым вкладышем для ТГА, платиновый тигель с керамическим вкладышем – для ДТА; термопара образца для ТГА – хромель-алюмель, для ДТА – Pt÷Pt,Rh 13 %; атмосфера воздух (расход газа – 50 мл/мин); скорость съема информации во время эксперимента – 30 точек/мин.

Обработка термоаналитических кривых проводилась с использованием специальных прикладных программ. При обработке кривых фиксировались:

- процент потери массы(ΔW) при температурах 100, 200, 300, 400, 500°С;
- температура (°С) потери 0.5, 5, 10, 20, 50 % массы;
- точки максимумов скоростей потери массы ($T_{max}, ^\circ C / A_{max}, \%/мин$);
- зольный остаток (%) при 800°С;
- температуры ($T, ^\circ C$) и направление тепловых эффектов реакций деструкции (эндотермический, экзотермический);
- значения амплитуд(°С /мг) и значений тепловых эффектов (°С мин мг⁻¹) стадий деструкции.

Рассчитывались средние значения измеренных величин и их средние квадратические погрешности (СКП).

Проведение термического анализа исследуемого материала:

1. Испытаниям подвергались 3 образца.
 2. Дата поступления образца на испытания: 25.02.2020
 3. Дата проведения испытаний: 27.02.2020
 4. Тип аппаратуры для ТА: Термоанализатор «DuPont-9900».
 5. Наименование методики испытаний: ГОСТ 31251-2008 (Приложение А).
- Условия проведения испытаний представлены в таблице 1

Таблица 1

Условия испытаний	Используемый модуль	
	ТГА-951	ДТА-1600
Термопара	хромель-алюмель	Pt÷Pt, Rh 13%
Тигель	Pt, Pt	Pt, корунд
Масса образца, мг	10,03/11,5	11,5/11,8
Форма образца	порошок	порошок
Атмосфера	воздух	воздух
Расход газа, мл/мин	50	50
Скорость нагрева, °С /мин	20	20
Конечная температура нагрева, °С	850	850

Результаты контроля представлены в таблице 2, 3, 4 (в числителе приведены средние значения параметра, в знаменателе - средняя квадратическая погрешность(СКП)).

Таблица 2

Потеря массы по ТГ					
Фиксированные значения потери массы. Δm_{ϕ} , % при температурах $T_{нтр}$, T_m , °С	0,5	5	10	20	50
	<u>42</u> 2	<u>84</u> 3	<u>173</u> 4	- -	- -
Фиксированные значения температуры T_{ϕ} , °С с потерей массы Δm_T , %	100	200	300	400	500
	<u>6,8</u> 0,4	<u>10,7</u> 0,8	<u>13,5</u> 0,6	<u>15,0</u> 0,6	<u>15,6</u> 0,5
Конечная относительная масса образца m_k , % при температуре окончания испытаний T_k , °С	<u>82,9</u>				
	1,1 850				

Таблица 3

Скорость потери массы по ДТГ		
Максимумы скорости потери относительной массы A_{mj} , % /мин	A_{m1}	A_{m2}
	<u>2,2</u> 0,04	<u>2,12</u> 0,03
Температуры максимумов скорости потери относительной массы T_{Ami} , °С	T_{Am1}	T_{Am2}
	<u>69</u> 3	<u>89</u> 2

Таблица 4

Экзо - и эндотермические эффекты по ДТА	
Максимумы экзо-и эндотермических эффектов J_{mi} , °С/мг	$J_{m1} - J_{m2}$
	<u>-0,03</u> 0,002
Температуры T_{jmi} , °С, соответствующие максимумам экзо-и эндотермических эффектов	$T_{jm1} - T_{jm2}$
	<u>105</u> 4
Относительное тепловыделение ΔH_i , °Смин/мг, в области температур, прилегающих к температуре T_{jmi} .	<u>-0,075</u> 0,01
Суммарное тепловыделение ΔH_{Σ} , °Смин/мг	<u>-0,075</u> 0,01
Интервал температур возможного воспламенения T_{jm1} , °С	нет
Интервал температур возможного самовоспламенения T_{jm2} ,	нет

Как показывают результаты испытаний (таблица 2, 3, 4) исследуемые образцы материала имеют отрицательное значение тепловыделения и относятся к материалам негорючего класса при отсутствии газовыделения. Оплавление поверхности тормозит процесс последующей деструкции. Дальнейшее исследование направлено на отработку технологических параметров и снижения влагопоглощения.

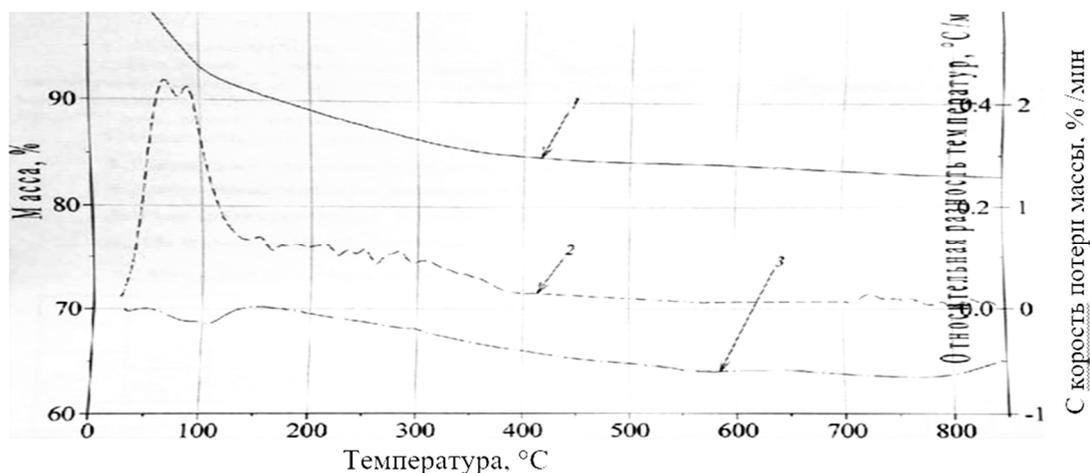


Рис. 1. Результаты испытаний образцов стекловолоконистого композитного материала:
1 - ТГ-зависимость; 2 - ДТГ-зависимость; 3 - ДТА-зависимость

Список литературы

1. Аскадский А.А. Физико-химия полимерных материалов и методы их исследования / А.А. Аскадский, М.Н. Попов, В.И. Кондращенко. – М.: Издательский дом АСВ, 2015. – С. 105-120.
2. Свидетельство об авторстве №697429, МКЛ. S04B 7/14, 18.11.79.
3. Патент RU 2296724 C04B 7/153 Биндеры (варианты).
4. Патент RU 2245861 РФ, МПК C04B28/26. Жидкостекольная композиция/ Ю.Г. Иващенко, Р.В. Фомин №2002130689/03; заявл. 15.11.2002; опубл. 10.02.2005// Бюл.2005. №4.
5. Клименко Н.Н. Строительный материал на основе жидкого стекла и процессы его упрочнения / Н.Н. Клименко, Н.Ю. Михайленко // Мир технологий и технологий. – 2012. – № 7. – С. 60-63.
6. Михайленко Н.Ю. Оптимизация технологических параметров синтеза высоко кремнезем истых жидкостекольных композитов строительного назначения / Н.Ю. Михайленко, Н.Н. Клименко // Стекло и керамика. – 2013. – №5. – С. 11-17.
7. Клименко Н.Н. Высокремнеземистый композиционный материал строительного назначения на жидкостекольном связующем / Н.Н. Клименко, Н.Ю. Михайленко // Композиционные материалы в промышленности. Сборник докладов. – 2014. – С. 250-252.
8. Рябинина Н.В. Высокремнеземистые композиционные материалы и покрытия широкого спектра назначения / Н.В. Рябинина, Г.И. Шайдурова, Я.С. Шевяков // Приоритетные направления развития науки и технологий доклады XXVI международной научно-практической конференции под общей редакцией В.М. Панарина. Сборник докладов. – 2019. – С. 3-6.
9. Соколов И.И. Сферопластики на основе терморепактивных связующих для изделий авиационной техники / И.И. Соколов. – М.: Автореферат, 2013.
10. Голубев Н.В. Типичные диаграммы состояния трехкомпонентных систем: учебное пособие / Н.В. Голубев, Е.С. Игнатьева, С.В. Кирсанова [и др.]. – М.: РГТУ им. Д.И. Менделеев, 2017. – 72 с.
11. «ЭКО»-информ // ЭКО. Всероссийский экономический журнал, №11. Появление новых материалов в современной экономике. – 2017. – С.15-35.

ИНТЕНСИВНАЯ РЕКУЛЬТИВАЦИЯ СВАЛОК И ПОЛИГОНОВ ЗАХОРОНЕНИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

В.В. Челноков¹, Е. Заболотная^{1,2}, А.В. Матасов¹,
С.М. Ходченко¹, А.С. Макарова¹

¹ Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,

² АО Научный центр «Малотоннажная химия»,
г. Москва

Аннотация. Предложено в качестве химического индуктора использовать один из наиболее эффективных комплексонов – оксиэтилидендифосфоновую кислоту, а именно её производное соединение. Предложено в гибридных препаратах при рекультивации применять активные компоненты, стимулирующие рост растений и процессы фотосинтеза.

Ещё во второй половине прошлого века была открыта и доказана полифункциональная биологическая активность лиганда ди-калиевой соли, низкая токсичность, устойчивость к микробному разложению на основе результатов проведенных микробиологических исследований, тестовых вегетационных опытов и современных знаний о функционировании совокупности растений с ассоциированными с ними микроорганизмами (PGPR бактерии – Plant Growth-Promoting Rhizobacteria) [1].

В России подобные исследования не ведутся. Что касается непосредственно «живых» комплексонов железа, то данный прием широко применяется в гидропонных питательных составах. Однако, в препаратах для интенсификации фиторемедиации нарушенных земель – сведений не обнаружено. Авторам очевидно, что именно для стимулирования роста растений-рекультивантов, в первую очередь необходимо их обеспечить достаточным поступлением ионов железа в ткани. Выбран объект для натуральных исследований и проведено натурное обследование полигона ТБО «Левобережный» г. Химки (Московская обл.) и взятых образцов почвенного грунта. Выявлена и подтверждено сведениями в литературе ведущая роль тяжелых металлов в перечне потенциальных поллютантов почв в зоне полигонов. Предложено в комплексных мероприятиях рекультивации полигонов ТБО использование метода индуцированной фиторэкстракции с помощью комплексонов. Предложено использование в качестве эффектора фиторэкстракции использование соединения – производное класса фосфорорганических комплексонов с учетом биологической активности данных соединений. Проведена серия микробиологических исследований, на основе отобранных образцов почвогрунта с полигона ТБО «Левобережный», из которых были выделены изоляты микроорганизмов. В ходе микробиологических исследований изучено влияние минеральных (фракций диатомита и бентонита) и органического (гумата калия) сорбентов, а также дикалиевой соли оксиэтилидендифосфоновой кислоты (производное фосфорорганического комплекса) на рост, жизнедеятельность и способность к деструкции потенциальных поллютантов выделенными изолятами микроорганизмов. Выявлена стабилизирующая, но не определяющая роль вводимых компонентов,

устойчивость микроорганизмов к ионам тяжелых металлов [2]. Сформулированы принципы интенсификации процесса биологической рекультивации полигонов ТБО. Научно обоснованы подход к компонентному составу препаратов и средств нового поколения, который включает применение компонентов – фитогормонов, адаптогенов и комплексонов железа для обеспечения полноценной фотосинтетической функции у растений-ремедиантов. Проведена тестовая серия вегетационных опытов на 7 растениях влияния гибридного препарата «Почвовит», в состав которого входят активный комплекс (гиббереллиновые кислоты и производное орто-хлорфенилуксусной кислоты). Показано положительное влияние введение активного комплекса в препараты на рост и биомассу растений в условиях модельного загрязнения повышенными дозами тяжелых металлов. Было показано, что аборигенные микроорганизмы, способные к деструкции органических соединений (в частности, нефти) устойчивы к наличию в среде ионов тяжелых металлов. Это также снимает ограничения по выбору материала сорбционной матрицы на основе ионного состава. Выявленный характер загрязнений почв полигонов в результате проведенных анализов в совокупности с литературными данными позволили предположить, что интенсификация процессов рекультивации должна опираться на мероприятия направленные, в первую очередь, на извлечение/нейтрализацию тяжелых металлов и, затем, последующее восстановление нарушенной функции почвы как живого организма [3].

Исследовано влияние композиции нового гибридного биопрепарата «Почвовит» с компонентами органического биокатализатора на развитие и способность растений фитодегрантов к деструкции загрязнителей и утилизации токсичные вещества в техногенно-загрязненных почвенных субстратах, а также в целом на процесс восстановления почв за счет аборигенного фито-микробного потенциала. утилизировать токсичные вещества в техногенно-загрязненных почвенных субстратах. Разработан новый способ рекультивации захоронений твердых бытовых отходов, проведен патентный поиск и оформлена заявка на получения патента.

Данное исследование выполнялось в рамках гранта РФФИ № 18-29-25071.

Список литературы

1. Брылев С.Н. Методы обезвреживания и рекультивации земель, занятых старыми захоронениями отходов производства и потребления / С.Н. Брылев, Р.А. Сямуллин, И.И. Шубин // *Научные технологии в мелиорации*. - М.: изд-во ВНИИА. – 2005. – 276-282 с.
2. Экологические требования к проектированию, сооружению и эксплуатации полигонов захоронения (депонирования) твердых бытовых отходов в пределах Пермской области: метод. рекомендации / Перм. гос. тех. ун-т. – Пермь, 1995. – 177 с.
3. Стабникова Е.В. Выбор активного микроорганизма-деструктора углеводов для очистки нефтезагрязненных почв / Е.В. Стабникова, О.Н. Рева, В.Н. Иванов // *Прикладная биохимия и микробиология*. – 1995. – Т.31, № 5. – 534-539 с.

РЕСУРСОЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ, СПОСОБСТВУЮЩИЕ СОХРАНЕНИЮ САМООЧИСТИТЕЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА ВОДОЁМА

В.В. Челноков¹, А.В. Матасов¹, Е. Заболотная^{1,2},
А.С. Макарова¹, И.И. Меньшова¹

¹ Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,

² АО Научный центр «Малотоннажная химия»,
г. Москва

Аннотация. Разработан ряд методических рекомендаций, регламентирующих применение природоохранных методов реабилитации водоемов города Москвы, направленных на их восстановление и реабилитацию, предусматривающих улучшение экологического состояния и качества воды водоемов города Москвы.

Выбор практических решений по организации территорий зависит от режима их использования. При этом независимо от состояния водного объекта и прилегающей к нему территории природно-территориального комплекса основным требованием к его реабилитации является выполнение следующих условий:

- максимальное сохранение эффекта биокоридора;
- поддержание экосистемы;
- активизация водозащитных функций прибрежной зоны.

Основное требование, предъявляемое к существованию биокоридора, – обеспечение непрерывности элементов природного комплекса за счет поддержания непрерывной полосы озеленения и, соединения её с участками существующего или восстановленного природного комплекса вокруг водного объекта [1]. Максимально экосистема сохраняется при соблюдении двух принципов организации биосферы: разнообразие животных организмов и системность организации биогенного круговорота [2].

Разнообразие биосферы обеспечивают, восстанавливая и поддерживая все характерные для данной территории виды и группы. Для естественных пойменных территорий характерны следующие виды: тополь, клен серебристый, ольха, верба, вязы, сгруппированные по типологическому принципу с подлеском из жимолости, таволги, шиповника, ели и пихты (преимущественно на северных и восточных склонах). Стабильность естественных и искусственных (восстанавливаемых) биоценозов повышается за счет увеличения их биологического разнообразия и объединения всех озелененных территорий в единый зеленый каркас. Этого достигают:

- увеличением общей площади растительных сообществ; мозаичности растительного покрова;
- зонированием площади с выделением зон ограниченной доступности для воспроизводства редких и уязвимых видов; ограничением и защитой от повреждающих агентов городской среды.

Всё это повышает долговечность посадок за счет самовозобновляемости, уменьшает затраты и сокращает расходы по уходу. Водозащищающая роль прилегающих территорий заключается в поддержании густого травяного покрова на склонах и долинных участках, создающего достаточную водопроницаемость

почвенно-грунтового слоя для задержания загрязнений, поступающих со склоновым потоком; выполнением древесно-кустарниковой растительностью мусорозадерживающей роли; противодействием растительного покрова размыву, эрозии почв и оползневым явлениям [3]. Основное ландшафтное требование к обустройству пойменных и прибрежных территорий в городских условиях – создание озеленения в виде объемно-пространственной структуры, способствующей снижению отрицательного влияния урбанизированного городского окружения на водный объект. Требования к рекреационному использованию прибрежных территорий включают (кроме территорий с режимом особой охраны) регулирование рекреационной нагрузки. Допустимую рекреационную нагрузку рассчитывают по данным СНиП 2.07.01-89 чел/га: для парков зон отдыха – 70, для лесопарков (лугопарков, гидропарков) – 10, для лесов – 103. Создание растительного покрова, способного к самовосстановлению на участках массового рекреационного использования, обеспечивается при устройстве дорожно-тропиночной сети, выполняемой в соответствии с требованиями СНиП 2.07.01-89, для перераспределения потока отдыхающих и отвлечения от уязвимых мест и мест обитания редких видов, а также при функциональном зонировании территорий с выделением площадок для спорта, тихого отдыха, мест для разведения костров, рыбной ловли и отдельных особо охраняемых участков. Инженерная подготовка и обустройство территории перед проведением работ по её озеленению включают: выполнение вертикальной планировки в соответствии со СНиП 2.07.01-89; организацию водосбора с максимальной защитой от затопления, размывов и поступления различных загрязняющих веществ согласно СНиП 2.04.03-85; проведение противоэрозионных, берегоукрепительных, противооползневых мероприятий и работ; локализацию источников распространения загрязнений или рекультивацию нарушенных земель. Особое требование к обустройству пойменных и прибрежных территорий – проведение большей части природоохранных мероприятий методами инженерной биологии, заключающимися в использовании естественных функций, выполняемых зелеными насаждениями [4].

Данное исследование выполнялось в рамках гранта РФФИ № 18-29-25068.

Список литературы

- 1. Балушкина Е.В. Применение интегрального показателя для оценки качества вод по структурным характеристикам донных сообществ / Е.В. Балушкина // Реакция озерных экосистем на изменение внешних условий. – СПб.: ЗИН РАН, 1997. – 266-292 с.*
- 2. Безносков В.Н. Инженерно-экологический мониторинг и реальные пути экологического обустройства малых рек / В.Н. Безносков, В.Б. Родионов, А.А. Суздалева // Безопасность энергетических сооружений. Вып. 14. М.: ОАО НИИЭС, 2004. – 206-220 с.*
- 3. Биотические взаимоотношения в экосистеме озер-питомников. – СПб., Гидрометеиздат, 350 с.*

4. Брагинский Л.П. Принципы классификации и некоторые механизмы структурно функциональных перестроек пресноводных экосистем в условиях антропогенного пресса / Л.П. Брагинский // Гидробиол. журн., 1998. – 72-94 с.

ИНФОРМАЦИОННО-ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ОТХОДОВ АВТОДОРОГ

В.В. Челноков¹, А.В. Матасов¹, Е. Заболотная^{1,2}, А.Н. Глушко³

¹ Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,

² АО Научный центр «Малотоннажная химия»,

³ НИЦ Курчатовский институт – ИРЕА,

г. Москва

***Аннотация.** Проведен системный анализ современной теоретической базы по проблеме воздействия на окружающую среду отходов круглогодичного содержания автодорог (ОАД) с противогололедными материалами (ПГМ). Сформулированы основные принципы системного подхода при исследовании влияния таких последствий на хозяйственные объекты и окружающую среду на всех этапах жизненного цикла, с учетом их инженерно-технологической эффективности, прямых, косвенных, пролонгированных и отложенных эффектов. Разработана структурно-целостная блочно-иерархическая модель мониторинга и оценки воздействий ОАД на окружающую среду и в целом на техно-социально-экономическую систему, с учетом их комплексного пространственно-временного техногенно-био-физико-химического влияния как на объекты и элементы как самой автодорожной инфраструктуры, так и внешние условия.*

Впервые разработана многоуровневая структура аналитического мониторинга и оценки воздействий ОАД на окружающую среду (рис. 1) интеллектуальной информационной СИС-системой, в которой на основе проведенных системных исследований выделены в кластерную архитектуру показатели воздействий во взаимосвязи каждого из них с соответствующими методами аналитического контроля и аналитическим оборудованием. Разработана архитектура для компьютерного управления интеллектуальной информационной в следующих информационных сечениях: техногенно-био-физико-химические показатели; методы анализа; аналитическое оборудование [1]. Каждый из занесенных в систему из фактор-образующих компонентов ОАД, оценивается по ряду показателей, объединенных в четыре подкатегории: органолептические (внешний вид, цвет, запах, др.), физико-химические (массовая доля растворимых солей, зерновой состав, массовая доля нерастворимых в воде веществ, водородный показатель, плотность, динамическая вязкость, др.), технологические (гигроскопичность, слеживаемость) и экологические (коррозионная активность на металл, показатель агрессивного воздействия на цементобетон, активность естественных радионуклидов, содержание химических веществ (в том числе тяжелых металлов), др.) [2].

Структура мониторинга информационной интеллектуальной CALS-системы оценки воздействия отходов круглогодичного содержания автодорог (ОАД) с учетом взаимодействия с противогололедными материалами (ПГМ) на базе мониторинга окружающей среды. (ОАД – показатели качества – методы анализа – приборы)



Рис.1. Структура мониторинга и оценки воздействий ОАД на окружающую среду

Проведен анализ и описание опасных для окружающей среды (в том числе, флоры и фауны) и здоровья человека свойств химических веществ, входящих в состав агентов для содержания автодорог. При проведении комплекса исследовательских работ была дана оценка содержания входящих в состав агентов для содержания автодорог химических веществ в объектах окружающей среды с учетом их миграции и трансформации в окружающей среде (пример в таблице 1) [3].

Классифицированы значимые типовые факторы воздействия в разработанной иерархической структуре для мониторинга и выявлены основные причинно-следственные связи для последующей оценки эколого-социально-экономических последствий с учетом веса каждого фактора и параметрических зависимости подкритериев по каждому фактору для сравнительной оценки альтернативных вариантов. Разработана методика системного анализа социально-экономических последствий применения агентов для содержания автодорог для безаварийности дорожно-транспортной инфраструктуры и безопасной жизнедеятельности общества [4].

Проведен системный анализ эвристическо-вычислительных инструментов формализации разнородных данных и знаний интеллектуальной информационной системы для многофакторной эколого-социально-экономической оценки и мониторинга последствий воздействий отходов круглогодичного содержания автодорог на хозяйственные объекты и окружающую среду. На основе анализа существующей нормативной базы по

мониторингу воздействия на окружающую природную среду в процессе круглогодичного содержания автомобильных дорог обосновано размещения пунктов наблюдения в зависимости от категории дороги, условий ее размещения, выявлены факторы, требующие сгущения количества наблюдательных пунктов, уточнен перечень контролируемых загрязняющих веществ по компонентам окружающей природной среды, рекомендована периодичность отбора проб при эксплуатации дорог разных категорий.

Таблица 1

Содержание загрязняющих веществ в зависимости от расстояния от дорожно-транспортного комплекса

	Лужа на дороге	Снег у дороги	Снег 5м от дороги	Снег 20м от дороги	Динамика
Массовая доля взвешенных веществ, %	1	0,3	0,04	< 0,01	
Массовая доля хлористого натрия, %	0,87	0,21	0,013	0,0037	
Массовая доля хлористого кальция, %	0,28	0,06	0,0075	0,0022	
Массовая доля хлористого калия, %	0,002	0,0011	0,0001	< 0,0001	
Цинк (валовое содержание), мг/кг	1,7	1,4	0,53	< 5	
Никель (валовое содержание), мг/кг	0,1	0,1	0,06	< 2	
Медь (валовое содержание), мг/кг	0,42	0,36	0,13	< 2	
Кобальт (валовое содержание), мг/кг	0,06	0,05	0,02	< 0,5	
Хром (валовое содержание), мг/кг	0,13	0,12	0,04	< 5	
Селен (валовое содержание), мг/кг	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,5	
Свинец (валовое содержание), мг/кг	0,03	0,09	0,03	< 1	
Мышьяк (валовое содержание), мг/кг	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,5	
Молибден (валовое содержание), мг/кг	0,01	0,01	< 0,01	< 1	
Ртуть (валовое содержание), мг/кг	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,2	
Кадмий (валовое содержание), мг/кг	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,5	
Фтор (водорастворимая форма), мг/кг	< 1	< 1	< 1	< 1	
Водородный показатель, ед. рН	7,4	7,7	8,2	7,4	
Нефтепродукты, мг/дм3	0,11	< 0,05	< 0,05	< 0,05	

Данное исследование выполнялось в рамках гранта РФФИ № 18-29-2415.

Список литературы

1. Глушко А.Н. Проблемно-ориентированная CALS-система компьютерного менеджмента качества химических противогололёдных материалов и дорожных пропиток: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01. – Иваново, 2013. – 149 с.

2. Трынкина Л.В. Автоматизированная CALS-система по хроматографическим методам анализа в технологии особо чистых веществ / Л.В. Трынкина, Е.В. Заболотная, В.Е. Трохин, А.М. Бессарабов // Успехи в химии и химической технологии. – 2017. – Т. 31, № 8 (189). – 19-21 с.

3. Bessarabov A. CALS-based computer-aided support in the chemical industry / A. Bessarabov [et al.]. Chemical Engineering Transactions. – 2016. – V. 52. – 97-102 p.

4. Бессарабов А.М. Разработка базы данных аналитических приборов для CALS-системы компьютерного менеджмента качества химических реактивов и особо чистых веществ / А.М. Бессарабов [и др.]. Промышленные АСУ и контроллеры. – 2011. – № 11. – 45-56 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОДУКТОВ ГОРЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КОНСТРУКЦИЙ МАГНИТНО-ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АКТИВАТОРОВ СЖИГАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОВ

В.В. Челноков¹, Е. Заболотная^{1,2}, А.В. Матасов¹, А.Н. Глушко³

¹ Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,

² АО Научный центр «Малотоннажная химия»,

³ НИЦ Курчатовский институт – ИРЕА,

г. Москва

Аннотация. Сформулированы основные принципы системного подхода при исследовании закономерностей явлений магнитно-электрической активации процессов сжигания углеводородосодержащих отходящих газов для генерации теплоты. Разработана методика анализа состава газов, плана исследований закономерностей явлений магнитно-электрической активации процессов сжигания углеводородосодержащих отходящих газов для генерации теплоты.

В соответствии с сформулированной стратегией и постановкой основной задачи исследований проведены системный анализ современной теоретической базы по проблеме активации процессов горения газов под воздействием магнитных и электромагнитных полей. Эффективный результат достигается за счёт того, что способ подготовки газообразного топлива и воздуха перед подачей в топливно-сжигающее устройство осуществляют активацию газообразного топлива и воздуха в электромагнитных ионизаторах газообразного топлива и воздуха, установленных на трубопроводах подачи газообразного топлива и трубопроводе подачи воздуха в топливно-сжигающее устройство, причем активацию газообразного топлива и воздуха, соответственно в электромагнитных ионизаторах газообразного топлива и воздуха, путём воздействия на топливо и воздух одновременно коронным электрическим разрядом и магнитным полем. На клеммы электродов ионизаторов газообразного топлива и воздуха подают различные напряжения, которое регулируют при формировании коронных разрядов, соответственно в ионизаторах газообразного топлива и воздуха, из условия получения максимальных токов ионизации, а как следствие температуры в топливно-сжигающем устройстве, из условия получения максимальных токов ионизации пламени, а как следствие температуры в топливно-сжигающем устройстве, одновременно активацию газообразного топлива и воздуха перед подачей в топливно-сжигающее устройство осуществляют посредством создания магнитного поля в ионизаторах топлива и воздуха магнитными системами [1].

Предложенная схема и способ подготовки газообразного топлива и воздуха перед подачей в устройство сжигания имеет нижеследующие основные особенности, которые позволяют наилучшим образом активизировать процессы горения в топочных устройствах.

1) Величину напряжения, создаваемого источниками высокого напряжения на клеммах электродов разрядников в ионизаторах газообразного топлива и воздуха, осуществляется с помощью процессора управления, подключенного к датчику ионизации пламени.

2) Устройство подготовки газообразного топлива и воздуха перед подачей в топливно-сжигающее устройство выполнено в виде блочно-модульной установки.

3) Параметры коронных разрядов, создаваемых в электромагнитных ионизаторах газообразного топлива и воздуха, регулируется изменением напряжения на клеммах электродов разрядников для получения максимального тока ионизации, а, следовательно, и температуры на горелках топливно-сжигающего устройства.

4) На трубопроводе подачи газообразного топлива после ионизатора газообразного топлива и на трубопроводе подачи воздуха после ионизатора воздуха по ходу подачи, соответственно, топлива и воздуха установлены регуляторы расхода, соответственно, топлива и воздуха, подключённые к процессору.

5) Подачу ионизированного топлива и воздуха в топливно-сжигающее устройство осуществляют посредством регуляторов расхода подачи газообразного топлива и воздуха, соответственно для изменения режима работы топливно-сжигающего устройства с помощью процессора.

6) Сжигание ионизированного топливовоздушной смеси в топливно-сжигающем устройстве осуществляют посредством горелки турбулентного типа.

При этом мгновенно во всем объеме в любой точке горелочного устройства начинают действовать кулоновские силы отталкивания, интенсивно перемешивая горючую смесь. За счет повышения температуры и одновременного горения факела значительно усиливается его светимость. Нагрев рабочей поверхности уже происходит за счет излучения не только в инфракрасном, но и в видимом и ультрафиолетовом спектре [2].

В результате достигается изменение физико-химического свойств топливовоздушной смеси, что позволяет повысить эффективность топливopодготовки газообразного топлива и добиться экономии топлива при одновременном сокращении вредных выбросов продуктов горения газообразного топлива (продуктов неполного сгорания (СО)) из различного рода энергетических устройств в окружающее их пространство. Происходит интенсификация и повышается энергоресурсоэффективность процесса горения. Повышается температура пламени и отходящих газов, количество угарного газа снижается (рис.1, рис.2).

Анализ результатов исследований магнитно-электрической активации процессов сжигания углеводородосодержащих отходящих газов для генерации теплоты выявил основные и значимые закономерности магнитно-электрической активации процессов сжигания углеводородосодержащих отходящих газов для

генерации теплоты. На основании полученных результатов исследований разработан новый способ активации газо-воздушных смесей для повышения удельной полезной тепловой мощности (тепловыделения) топливно-сжигающих устройств.

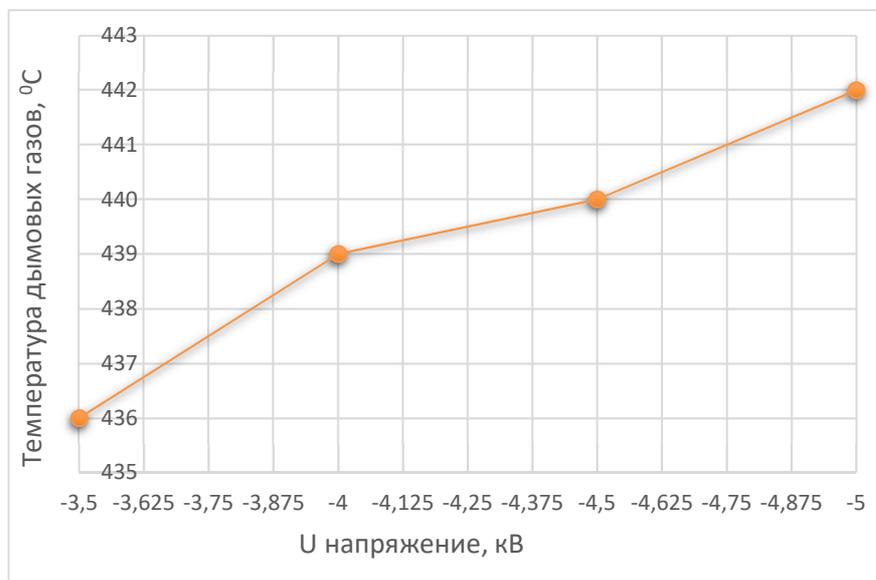


Рис. 1. Изменение температуры продуктов горения при наложении электрического поля на пламя

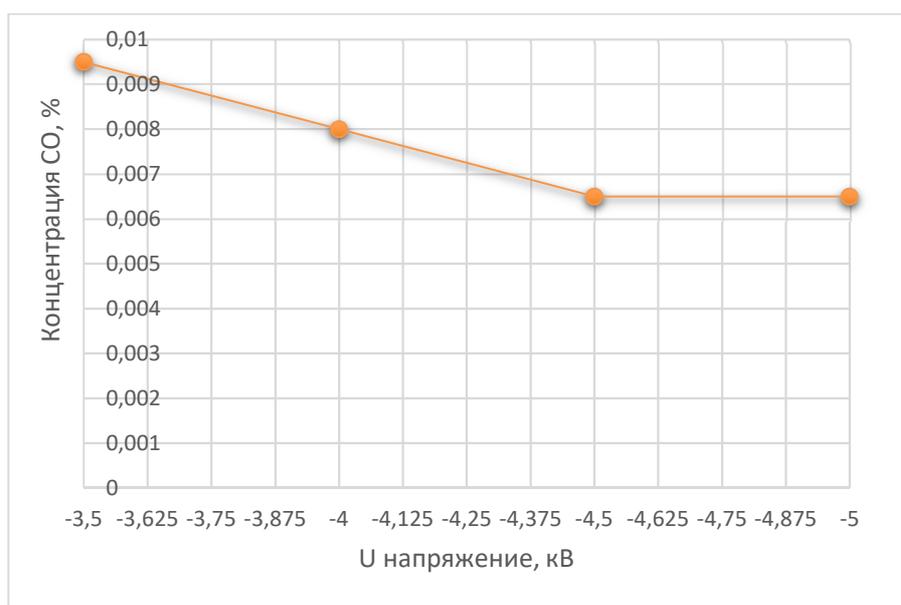


Рис. 2. Изменение выбросов CO от напряжения на электродах

Данное исследование выполнялось в рамках гранта РФФИ № 18-29-24220.

Список литературы

1. Баранов Д.А., Блиничев В.Н., Вязьмин А.В. и др. *Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование: В 5 т. Механические и гидромеханические процессы;* Под ред. А.М. Кутепова. – М.: Логос, 2001.

2. Гонопольский А.М. *Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Инженерная защита окружающих территорий мегаполиса / А.М. Гонопольский.* – М.: МГУИЭ, 2004.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАКЕТ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ С МАРШЕВЫМИ ЖРД

И.Ю. Лесняк

Омский государственный технический университет,
г. Омск

Аннотация. рассматриваются процессы извлечения энергетических ресурсов, находящихся в невырабатываемых запасах топлива в баках ракет после выключения маршевого ЖРД. Разработана программа и методика проведения экспериментов для исследования процессов испарения модельных жидкостей при акустическом воздействии в условиях пониженного давления.

Ввиду большого числа различных факторов, таких как: разбросы параметров атмосферы, изменения характеристик жидкостного ракетного двигателя (ЖРД) в полёте, специфика заправки топливного бака и т.д. – полная выработка компонентов топлива не может быть достигнута. По данным [1] в топливных баках ракет космического назначения (РКН) остатки энергетических ресурсов, в виде компонентов ракетного топлива могут составлять до 3 % от начальных запасов топлива.

Предлагаемая технология основана на газификации остатков ракетного топлива в баках ракет и использовании энергии, заключенной в продуктах газификации для реализации импульса маневра с применением газового ракетного двигателя [2].

При реализации данной технологии имеется ряд нерешённых научно-технических проблем: получение эффективных теплоносителей (ТН), реализация процесса газификации остатков компонентов топлива в условиях невесомости, неопределённости их фазового состояния и краевого граничного положения и т.д. [3].

Моделирование процесса газификации жидких остатков компонентов ракетного топлива осуществляется с использованием созданного экспериментального стенда, представленного на рисунке 1.

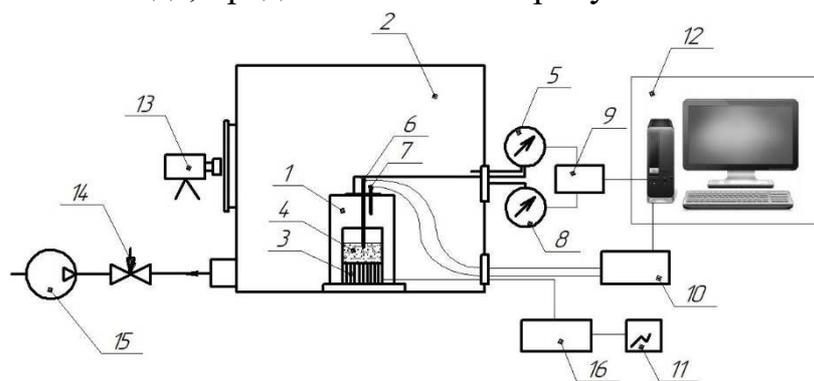


Рис. 1. Экспериментальный стенд: 1 – стеклянный купол объёмом 0.005 м^3 ; 2 – вакуумная камера (ВК) объёмом 0.463 м^3 ; 3 – акустический излучатель с экспериментальной ёмкостью; 4 – модельная жидкость; 5 – дифференциальный датчик давления ($0 \dots 10 \text{ кПа}$); 6 – термопара для определения температуры модельной жидкости; 7 – термопара для определения температуры газа под куполом; 8 – датчик давления газа в ВК ($0 \dots 101 \text{ кПа}$); 9 – аналого-цифровой преобразователь (АЦП); 10 – многоканальный измеритель температуры; 11 – осциллограф; 12 – компьютер; 13 – видеокамера; 14 – пневмоклапан; 15 – форвакуумный насос; 16 – генератор акустических колебаний

Основной задачей экспериментальных исследований является определение параметров процесса испарения модельной жидкости в условиях акустико-вакуумного воздействия, на основе измерений температуры жидкости и газа, а также давления парогазовой смеси над поверхностью испаряемой жидкости.

Методика проведения экспериментов заключается в акустико-вакуумном воздействии на жидкость и измерении дифференциального давления между объёмом ВК и объёмом купола, температуры жидкости, расположенной в экспериментальной ёмкости и газа под куполом. Перед началом эксперимента стеклянный купол (высота 250 мм, диаметр 150 мм) размещается в ВК. Акустический излучатель с экспериментальной ёмкостью (диаметр 0.038 м, высота 0.01 м, масса 360 г, материал: нержавеющая сталь) устанавливается под куполом, после чего в экспериментальную ёмкость заливается 5 мл воды. Включается форвакуумный насос и давление в ВК постепенно уменьшается с 101 кПа до 0.4 кПа. Одновременно включаются генератор и осциллограф, с помощью которых устанавливается амплитуда колебаний дна ванны экспериментальной ёмкости 2 мкм, при частоте акустических колебаний 25 кГц и звуковом давлении 120 Дб. Температура жидкости, газа под куполом и газа в ВК определяются с помощью термопар, а разность давлений между ВК и объёмом купола определяется с помощью дифференциального датчика давления. Эксперимент прекращается при полном испарении жидкости или после появления льда. При этом отключаются форвакуумный насос и генератор акустического излучателя.

По результатам проведенных экспериментов строятся графики зависимости изменения давления парогазовой смеси над поверхностью жидкости, температуры модельной жидкости и газа от изменения давления в ВК и параметров акустического воздействия.

Исследования проводятся в рамках государственного задания Минобрнауки РФ № 2019-2951 «Исследование процессов испарения жидкостей в топливных баках ракет-носителей для повышение экологической безопасности и экономической эффективности ракет-носителей с жидкостными ракетными двигателями».

Список литературы

1. Трушляков В.И. *Снижение техногенного воздействия ракетных средств выведения на жидких токсичных компонентах ракетного топлива на окружающую среду: монография* / В.И. Трушляков, В.В. Шалай, Я.Т. Шатров; ред. В.И. Трушляков. – Омск: изд-во ОмГТУ, 2004. – 220 с.

2. Трушляков В.И., Шатров Я.Т. *Схема спуска отработанных ступеней РН в требуемые районы с использованием автономной бортовой системы* / Полёт. 2014. – №7. – С. 38-42.

3. Trushlyakov V. I., Lesnyak I. Y., Novikov A. A. [et al.] *Investigation of heat and mass transfer process in the closed volume with different types of impact on liquid* // J. Phys.: Conf. Ser. 1050 012090 (2018). DOI: 10.1088/1742-6596/1050/1/012090.

СИСТЕМА УЧЕТА МНОГООБОРОТНОЙ ТАРЫ ВИРТУАЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В.Ю. Плонский, Т.Б. Чистякова
Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет),
г. Санкт-Петербург

***Аннотация.** Работа затрагивает проблему учёта многооборотной тары в условиях перераспределения складских ресурсов при работе виртуального предприятия или при изменениях логистической структуры автономного предприятия. Поставлена совместная задача управления складскими ресурсами и учёта многооборотной тары, спроектирована функциональная структура автоматизированной системы. Представлены информационное, математическое и алгоритмическое обеспечение для решения задачи учёта многооборотной тары. Информационное обеспечение включает БД, используемую алгоритмическим обеспечением четырёх функциональных подсистем для управления нормативно-справочной информацией, поступлением и реализацией, складскими перемещениями, многооборотной тарой. Реализованное в среде 1С:Предприятие программное обеспечение подтвердило работоспособность при решении задач отслеживания местоположения тары в среде виртуального предприятия и мониторинга её состояния.*

Введение. Широкое распространение интеграционных технологий, развитые средства сотрудничества и коммуникаций участников производства обеспечивают фундамент построения виртуальных предприятий (ВП), использующих временно объединенные технологические, складские и материальные виды ресурсов автономных предприятий для выполнения проекта или отдельного заказа. Понятие структуры как системы устойчивых связей между объектами сохраняется в части обмена информацией о производственных возможностях, но граница между внешней и внутренней средой предприятия переформируется для каждого проекта или заказа. Временный или периодический характер производственной кооперации позволяет говорить о необходимости информационной поддержки динамических производственных структур и переменных логистических цепей поставок.

Системы управления распределенными складами, построенные с учетом адаптации логистической структуры под конкретный заказ, должны обеспечивать максимально полное использование и возобновление ресурсной базы в сети временно объединенных географически распределенных производственных площадок [1], включая многооборотную тару. Интенсификация обмена ресурсами расширяет подходы к традиционному учету и управлению многооборотной тарой. Необходимо отслеживать все работы по загрузке и освобождению тары в производственной цепочке между участниками виртуального предприятия, а после окончания проекта (завершения обработки клиентского заказа) – проконтролировать и учесть возврат тары предприятию. Система учёта многооборотной тары позволяет повысить оперативность получения информации о местонахождении конкретного экземпляра тары, а также выполнить мониторинг состояния отдельных экземпляров с целью запуска

необходимых процедур возобновления запасов в каждой точке виртуального предприятия [2].

Для решения задачи рационального использования ресурсов виртуального предприятия предлагается автоматизированная системой учёта многооборотной тары, интегрированная с системой управления распределёнными складами.

Постановка задачи управления ресурсами виртуального предприятия.

Для каждого автономного предприятия работу в условиях виртуального предприятия можно разделить на фазу подключения (когда оно становится частью некоторого функционирующего виртуального предприятия и предоставляет ему часть своих ресурсов), основную фазу (перемещение или использование совместных ресурсов) и фазу отключения (когда предприятие останавливает предоставление ресурсов в общий доступ). Количество подключений к разным виртуальным предприятиям ограничено производственными мощностями конкретного предприятия. При этом предприятия-агенты, включённые в сеть одного виртуального предприятия, становятся частью внутренней среды друг для друга в рамках проекта или заказа в объёме предоставленных ресурсов. После отключения от виртуального предприятия должны быть возвращены или перераспределены запасы сырья, материалов, полуфабрикатов и готовой продукции на склады предприятия-владельца (или склады других виртуальных предприятий, в которых данное предприятие продолжает участвовать) в соответствии с некоторым правилом распределения. Эта задача решается системой управления распределёнными складами (СУРС) [3]. С ней интегрирована система учёта многооборотной тары (СУМТ). Общее информационное описание систем представлено на рисунке 1.

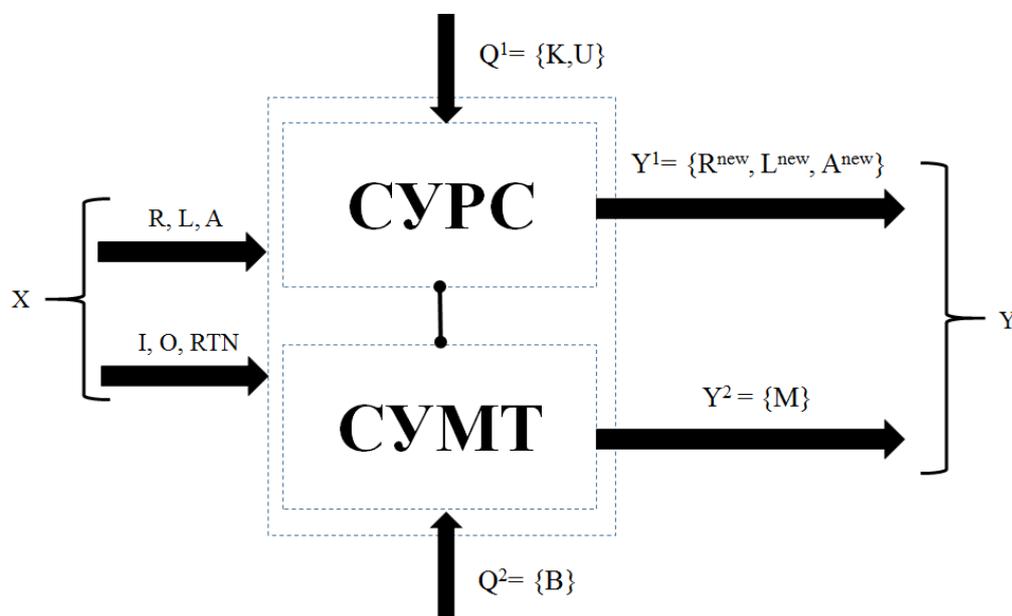


Рис. 1. Информационное описание СУРС / СУМТ

X – входные переменные:

$R = \{R_1, R_2, \dots, R_m\}$ – ресурсное обеспечение виртуального предприятия (m – количество видов ресурсов);

$R_i = R_i(T_i, A_i, C_i, RP_i)$ – ресурс любого вида (resource), где $T_i = \{\text{Material, Technology, Finance, Personal, Warehouse, UserDefined}\}$ – тип ресурса (type);

A_i – количество ресурса (amount); C_i – стоимость ресурса (cost); RP_i – вид обеспечения (replenishment), $RP = \{\text{производство, закупка, перемещение}\}$.

$L = \{L_1, L_2, \dots, L_n\}$ – система хранения ресурсов (склады) (n – количество доступных складов с учётом складов виртуального предприятия);

$L_j = L_j(V_j, S_j)$ – место хранения ресурсов (location), где V_j – ёмкость склада (volume); $S_j = \{\text{открыт, закрыт}\}$ – состояние склада (state).

$A = (a_{ij})_{n \times m}$ – матрица привязки ресурсов к местам хранения;

I – поступления (input); O – реализации (output); RTN – возвраты (return); RLC – перемещения (relocation);

Q^1 – варьируемые переменные СУРС:

$K = \{\{\text{абсолютные}\}, \{\text{относительные}\}, \{\text{произвольные}\}\}$ – критерии распределения: $\{\text{абсолютные}\} = \{\text{сумма, объем, количество, вес}\}$; $\{\text{относительные}\} = \{\text{сумма/объем, количество/объем, вес/объем}\}$;

$U = \{u\}$ – ликвидируемые склады виртуального предприятия.

Y^1 – выходные переменные СУРС:

$L^{new} = \{L_1, L_2, \dots, L_w\}$, $w < n$ – новая система хранения ресурсов после реконфигурирования; $A^{new} = (a_{ij}^{new})_{w \times m}$ – матрица привязки ресурсов после реконфигурирования; $R^{new} = \{R_1, R_2, \dots, R_m\}$ – ресурсное обеспечение системы после реконфигурирования.

Q^2 – варьируемые переменные СУМТ:

$B = \{(B_{ir}^{min}, B_{ir}^{max})\}$, $r = 1 \dots k$ – набор пар нижних и верхних ограничений на показатели состояния ресурсов.

Для $T_i = \text{MultiTurnPack}$: $B_{i1} = (0, TRN_i^{max})$, $B_{i2} = (0, 100)$.

Y^2 – выходные переменные СУМТ:

$M = (M)_{m \times k}$ – матрица показателей состояния ресурсов;

M_i – вектор показателей состояния ресурса: $M_i = \{M_{i1}, M_{i2}, \dots, M_{ik}\}$, $k \in Z$;

Для $T_i = \text{MultiTurnPack}$:

$M_{i1} = TRN$ – количество оборотов тары (turns); $M_{i2} = TRN^{\text{limit}\%}$ – пороговый процент оборотов тары.

На основе формализованного описания процесса распределения ресурсов между складами сформулирована совместная задача управления распределенными складами и учёта многооборотной тары:

При известных конфигурациях системы хранения L , состоянии ресурсного обеспечения R , исходной привязке ресурсов к местам хранения A , поступлениях I , реализациях O , возвратах RTN и перемещениях RLC , а также заданных ограничениях на показатели состояния тары B

- найти новую привязку A^{new} , обеспечивающую выполнение заданного значения критерия распределения K с учётом ограничений на состояния мест хранения ресурсов S и на их вместимость V при уменьшении размерности вектора L ;

- определить значения матрицы показателей состояния ресурсов M для формирования заказов на производство $Order_{mf}$, закупку $Order_{prc}$ и восстановление $Order_{rep}$ многооборотной тары.

Архитектура информационного обеспечения СУРС / СУМТ. Основным элементом архитектуры информационного обеспечения является БД, содержащая

нормативно-справочную информацию о номенклатуре (в том числе о многооборотной таре), вариантах её упаковки, складах, транспортных средствах, документообороте предприятия. Информация БД используется алгоритмическим обеспечением четырёх функциональных модулей: управления нормативно-справочной информацией (НСИ), управления поступлением и реализацией, управления складскими перемещениями, управления многооборотной тарой (рис. 2).

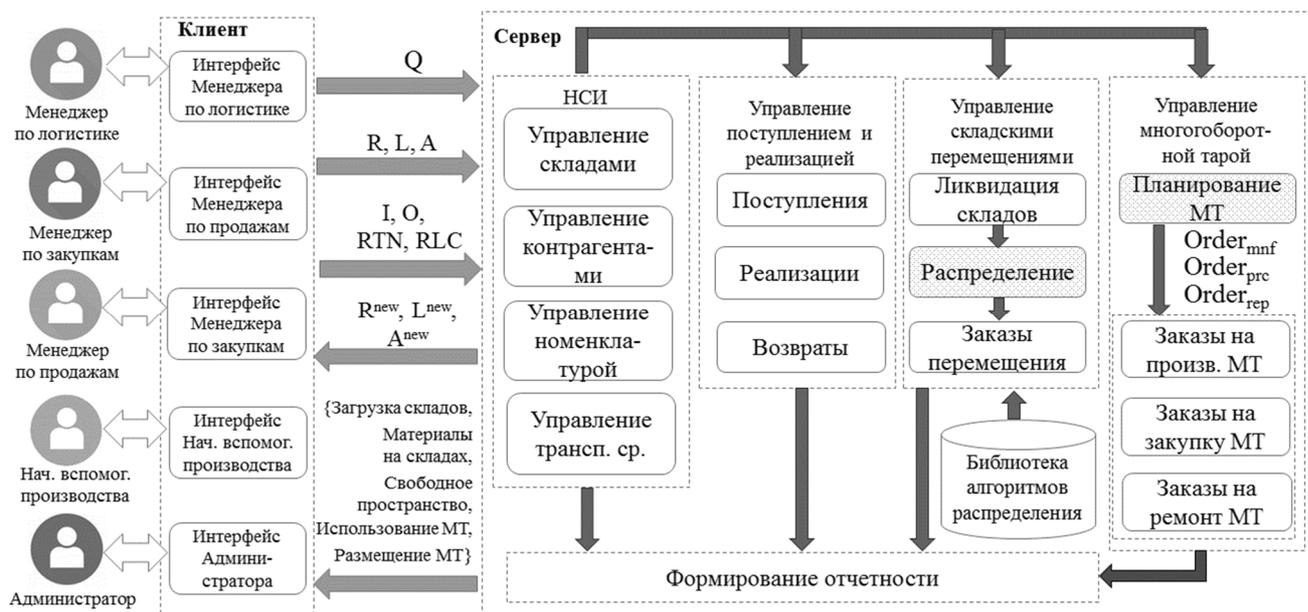


Рис. 2. Функциональная структура СУРС / СУМТ

Система формирует отчёты для СУРС («Загрузка складов», «Материалы на складах», «Свободное пространство складов») и для СУМТ («Использование МТ», «Размещение МТ»).

Основные функции системы для некоторых категорий пользователей показаны на рисунке 3.

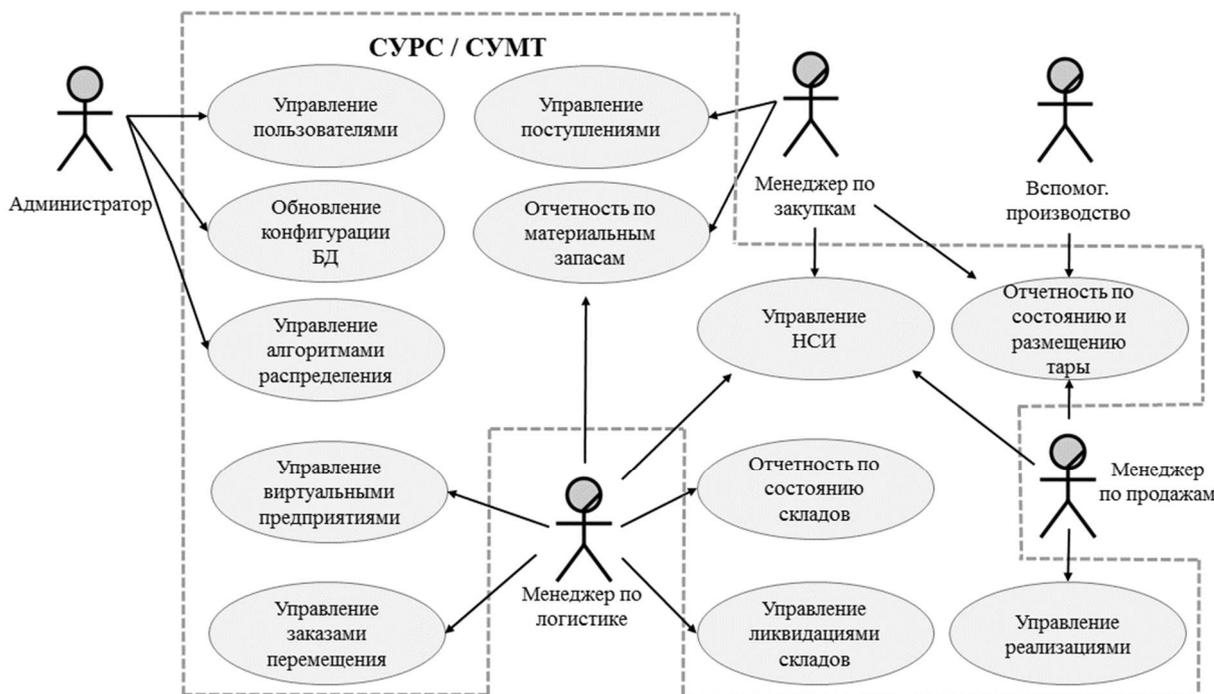


Рис. 3. Функциональные требования к системе СУРС / СУМТ

Выбор средств разработки. Масштабы использования в российской промышленности тиражного и отраслевого программного обеспечения, построенного на платформе 1С, позволили выбрать её в качестве инструментальной среды для разработки (1С:Предприятие 8.3). Основные справочники, документы, регистры и отчеты, а также основные взаимосвязи между ними показаны на рисунке 4.

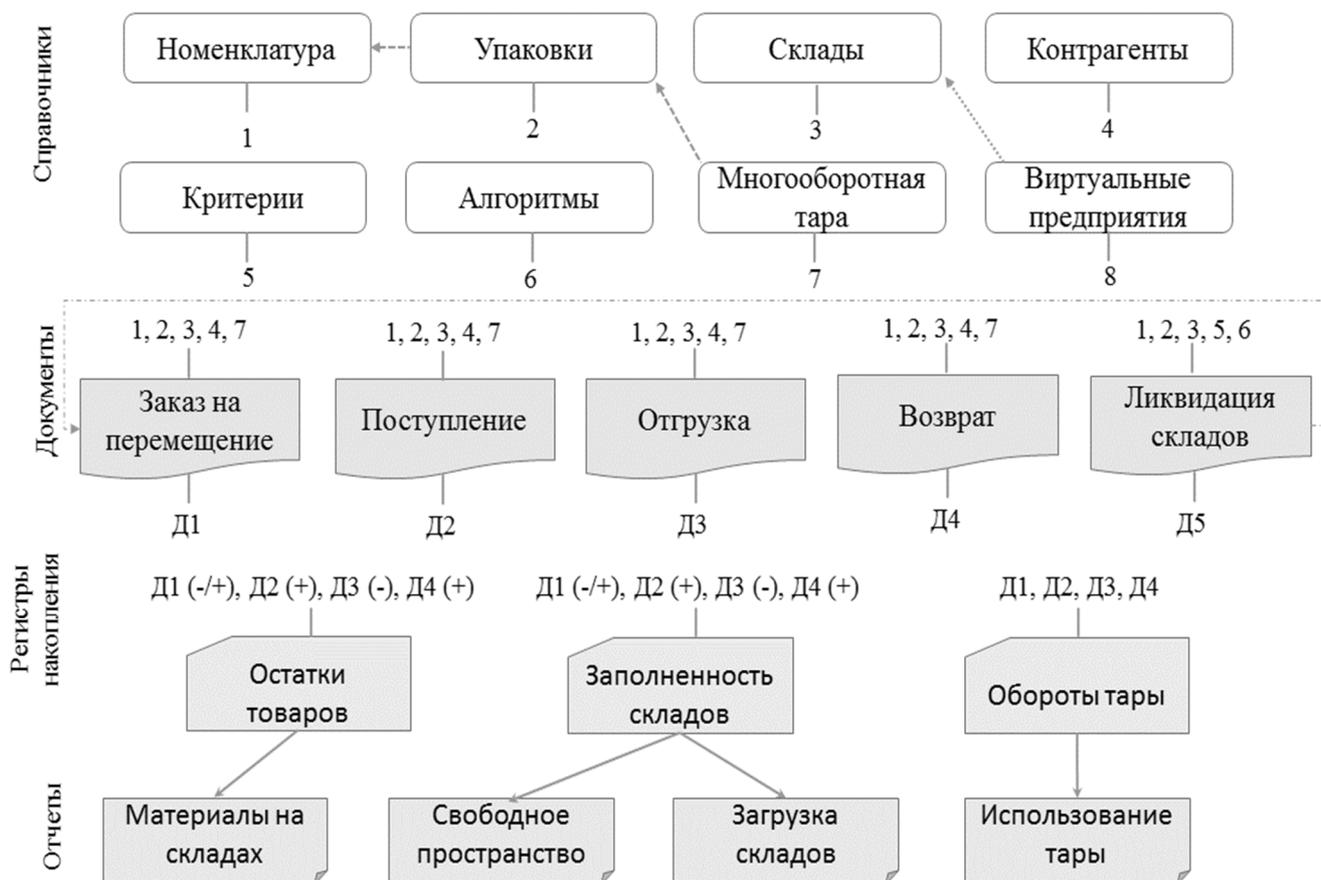


Рис. 4. Информационная модель СУРС / СУМТ

Обозначение «+» и «-» на рисунке 4 отражает вид операции: приход или расход для соответствующего регистра накопления. В свою очередь, данные регистров накопления.

Математическое и алгоритмическое обеспечение СУМТ. Учет многооборотной тары на предприятии включает в себя возможность изготовления (ремонта) тары вспомогательным производством, закупки партии новой тары у поставщиков или её поступление при покупке сырья и материалов. Учёт сопровождает процессы перемещения тары между складами автономного или виртуального предприятия. Тара может быть снята с учёта или временно заблокирована для использования при её продаже или при превышении значений ограничений на её состояние. На основании определения оборота тары как обращения между двумя заполнениями разработана модель состояния многооборотной тары, представленная на рисунке 5.

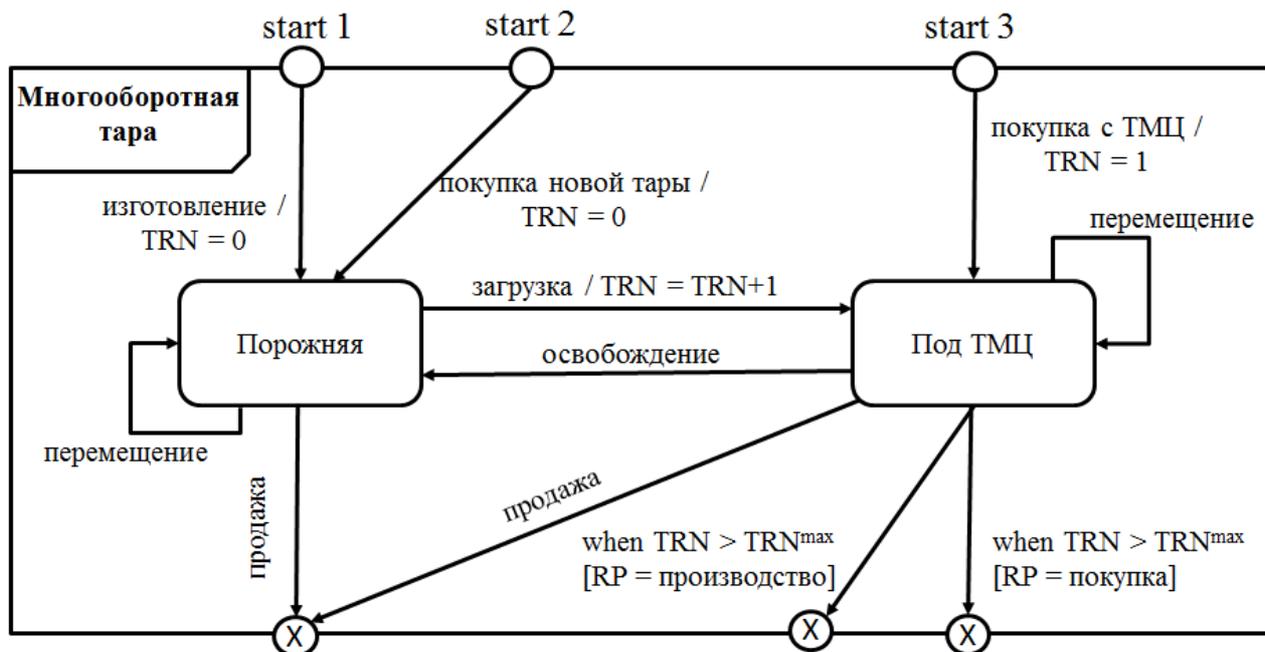


Рис. 5. Модель состояний многооборотной тары

Алгоритмическое обеспечение СУМТ включает набор алгоритмов для каждой логистической операции, связанной с тарой. Алгоритм взятия новой тары на учёт (поступление) показан на рисунке 6. Пользователь создаёт новый документ «Поступление», заполняет информацию о поступивших номенклатурных позициях. При этом, если в НСИ настроена связь между материалами и тарой, возможно использование функциональности подбора тары. Для мониторинга состояния каждого экземпляра тары вся поступившая тара автоматически разбивается на отдельные позиции и им назначаются серийные номера (рис. 7). После этого для каждого экземпляра тары могут быть назначены ограничения на количество оборотов и пороговый процент оборотов.

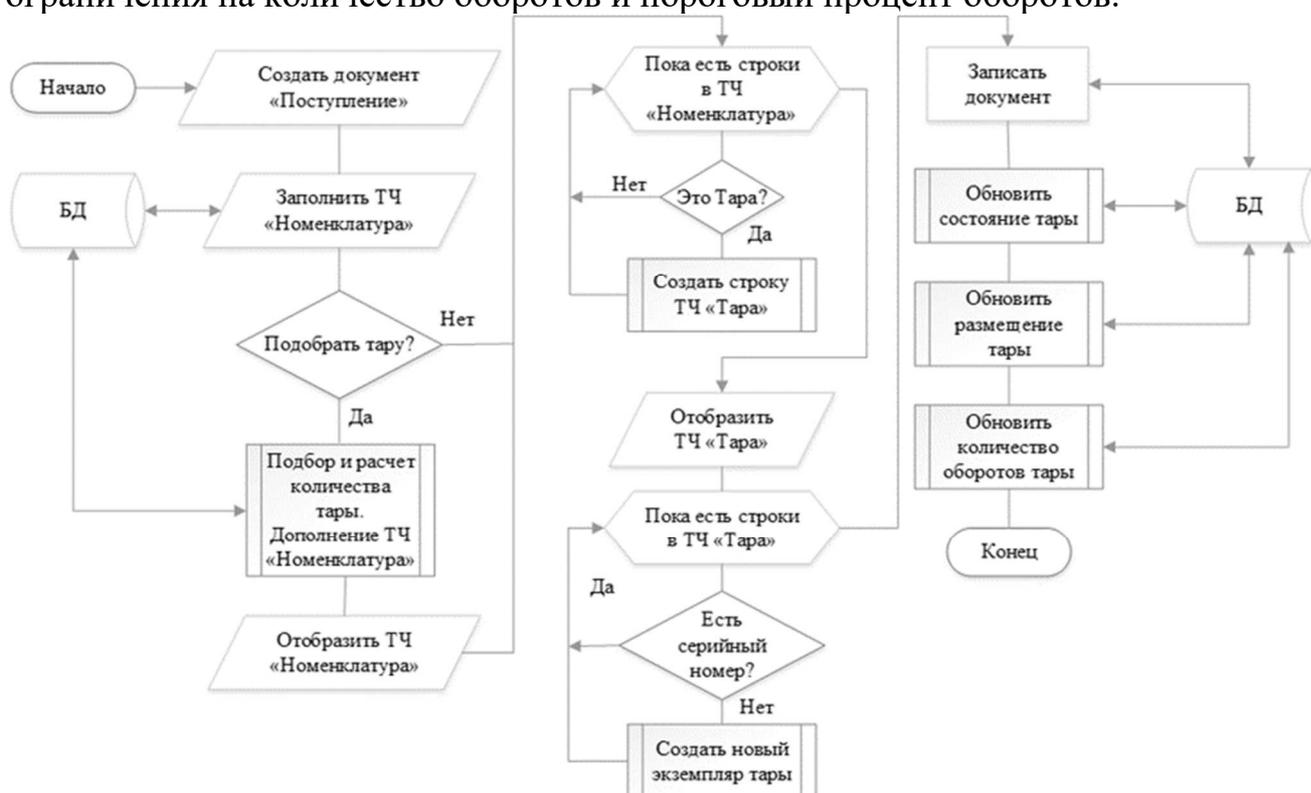


Рис. 6. Алгоритм взятия на учёт новой тары

Тестирование программного комплекса. Тестирование проводилось на примере распределенных складов, хранящих холоднокатаные листы, различных типоразмеров в разных вариантах исполнения (с разными габаритами, весом и себестоимостью).

Рис. 7. Пример взятия на учет многооборотной тары

Тестирование осуществлялось для логистической системы, включающей 7 складов (в том числе склады контрагентов). В качестве тары использовались европейские, финские и американские паллеты различных типоразмеров. Результаты проверялись с помощью разных вариантов отчётов «Использование многооборотной тары» (рис. 8) и «Размещение многооборотной тары».

Тара					Использ., %	Пороговый % оборотов
Серийный номер	Количество Оборотов	Макс. кол. оборотов	Осталось оборотов	Период использования, дней		
EUR_1						
	1	5	4	369	20,00	5
00002	2	8	6	369	25,00	90
00003	1	15	14	369	6,67	75
	1	2	1	369	50,00	40
00005	1	5	4	369	20,00	50
FIN_1						
00006	1	20	19	369	5,00	50
00007	1	3	2	369	33,33	75
00008	1	12	11	369	8,33	75
00009	1	5	4	369	20,00	90
	1		Отсутствует	40	Отсутствует	
FIN_2						

Рис. 8. Пример варианта отчета «Использование многооборотной тары»

Заключение. Результат работы представлен системой управления распределенными складами, позволяющей решать задачи оперативного перемещения материальных ресурсов, в том числе в условиях виртуального предприятия. С ней интегрирована система учёта многооборотной тары, выполняющая задачи мониторинга состояния тары и отслеживания её размещения на складах (в том числе контрагентов). Тестирование программного обеспечения, построенного на платформе 1С:Предприятие, подтвердило работоспособность алгоритмического и информационного обеспечения автоматизированной системы на примере складского комплекса предприятия, производящего металлопрокат.

Список литературы

1. Мешалкин В.П. *Принципы промышленной логистики* / В.П. Мешалкин, В.Г. Дови', А. Марсанич. – М.: Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, 2002. – 722 с.

2. Катаев А.В. *Виртуальные бизнес-организации* / А.В. Катаев. – СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2009. – 120 с.

3. Плонский В.Ю. *Автоматизированная система распределения ресурсов при реконфигурировании логистической системы предприятия* / В.Ю. Плонский, Т.Б. Чистякова, П.С. Грибовская // *Математические методы в технике и технологиях: сборник трудов междунар. науч. конф. В 12 томах. Том 12.* Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2019. – С. 56-63.

АНАЛИЗ СИЛОВОЙ ЧАСТИ ВЕТРОГЕНЕРАТОРА НА ОСНОВЕ АСИНХРОННОЙ МАШИНЫ ДВОЙНОГО ПИТАНИЯ

А.В. Мосалева

Ульяновский государственный технический университет,
г. Ульяновск

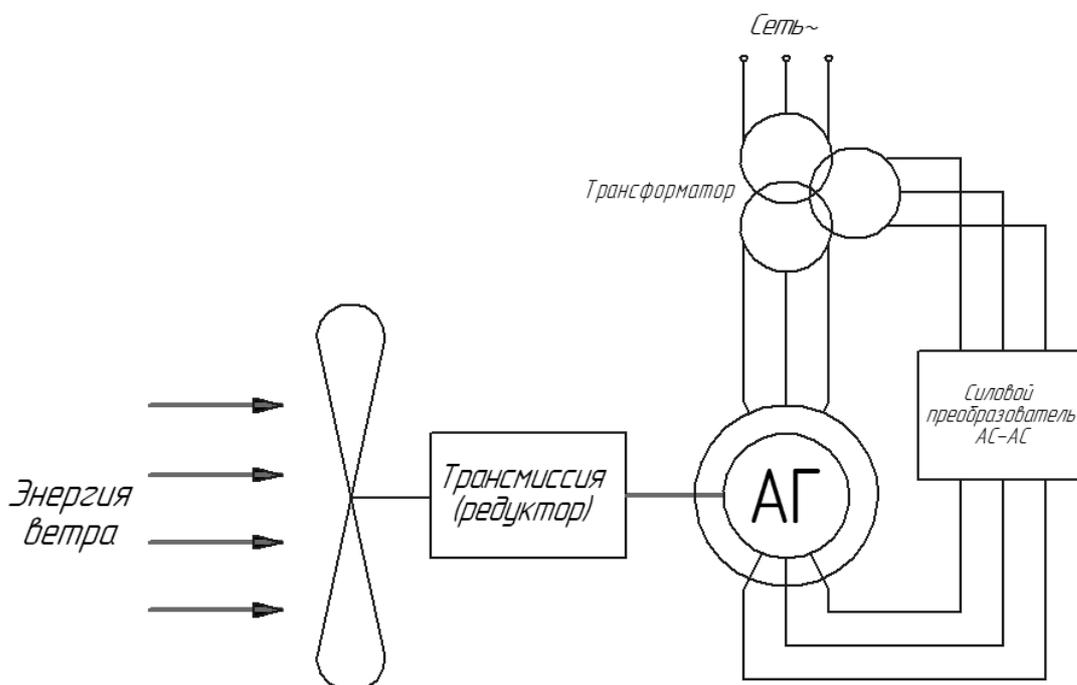
Аннотация. В статье приведено описание, принцип работы и конструктивное устройство ветроэнергетической (ВЭУ) установки на базе асинхронной машины. Показано, что основным отличием различных версий ветрогенераторов является структура силовой части установки. На основе этого выделены основные преимущества и недостатки рассматриваемой машины.

Структура ветрогенератора на основе машины двойного питания является альтернативой ВЭУ с силовым преобразователем в цепи статора. На рисунке изображена схема ветрогенератора на основе МДП. В данной структуре используется асинхронный генератор с фазным ротором. Статор АГ напрямую подключен к зажимам трёхобмоточного понижающего трансформатора, а ротор соединён с входом АС-АС преобразователя через контактные кольца. Выход этого преобразователя подключается к трёхобмоточному трансформатору.

Такой тип генератора может работать в трех режимах:

- скорость вращения ниже, чем синхронная скорость: электрическая мощность подается из сети в ротор, что как следствие создает поток энергии, идущий из обмотки статора в сеть;

- скорость вращения равна синхронной: на обмотку ротора подается постоянное напряжение, и он работает в режиме синхронного генератора;
- скорость вращения выше, чем синхронная: этот режим схож первому варианту, но направление вращения поля ротора противоположное.



Структура ветроэнергетической установки с машиной двойного питания

Преимущества такой силовой установки на основе асинхронного генератора двойной мощности заключается в использовании полупроводникового преобразователя меньшей мощности (примерно 30 % мощности ВЭУ), что позволяет значительно снизить его стоимость и потери. Таким образом, при сравнительно высоких средних скоростях ветра (больше 7,5 м/с) ветрогенераторы на основе асинхронных машин двойной мощности гораздо эффективнее.

Основным недостатком данной конструкции является наличие контактных колец, что значительно увеличивает затраты на обслуживание генераторов этого типа.

Список литературы

1. Грачев П.Ю. Особенности инновационных проектов ВЭУ и микроГЭС с асинхронными генераторами / П.Ю. Грачев, М.Л. Костырев, П.А. Кунцевич, Н.Н. Конохов // *Инновации в сельском хозяйстве*. – 2014. – №3(8). – С. 52-56.
2. Ветрогенераторы: классификация и типы, конструкция и схема работы: // *Альтернативная энергетика*. [Электронный ресурс], URL: <http://batsol.ru/vetrogeneratoriy-klassifikaciya-i-tipy-konstrukciya-i-sxema-raboty.html>
3. Никишин А.Ю. Современные ветроэнергетические установки на базе асинхронных машин / А.Ю. Никишин, В.П. Казаков // *Современные проблемы науки и образования*. – 2012. – № 6. [Электронный ресурс], URL: <http://www.scienceeducation.ru/ru/article/view?id=7937>

СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ НАПРЯЖЕНИЯ АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА

Т.Ю. Мусаткина

Ульяновский государственный технический университет,
г. Ульяновск

***Аннотация.** К главным показателям качества источников электропитания относятся характеристики выходного напряжения, характеризующиеся номинальными величиной и частотой. Поэтому важнейшим элементом энергоустановки является система стабилизации, обеспечивающая статически устойчивый режим работы и стабилизацию его выходного напряжения.*

Суть физических процессов, протекающих в АГ, такова, что стабилизация его напряжения возможна при помощи конфигурации частоты вращения статора и регулирования основного магнитного потока. Возможность стабилизации первым способом обычно не рассматривается, поскольку изменение частоты вращения ротора ведет к изменению частоты напряжения генератора.

Известно, что внешняя характеристика АГ весьма мягкая, поэтому для обеспечения удовлетворительных показателей качества при изменении нагрузки нужно стабилизировать его напряжение. При постоянной частоте вращения ротора АГ стабилизация напряжения достигается:

1. компаундированием возбуждения;
2. использованием управляемых дросселей насыщения;
3. применением нелинейных конденсаторов – варикондов;
4. подмагничиванием спинки статора АГ;
5. ступенчатым изменением емкости шунтирующих конденсаторов;
6. применением феррорезонансного стабилизатора напряжения.

Выводы

Существенным недостатком асинхронного генератора, работающих на сеть, является то, что при коротком замыкании в сети он теряет возбуждение и сбрасывает нагрузку. Исследования асинхронного генератора на сегодняшний день актуальны и по данному вопросу ведутся интенсивные разработки.

Список литературы

1. Юдицкий С.Б. Синхронные машины с полупроводниковыми выпрямителями, 2 изд., М.-Л., 1954; Костенко М.П., Пиотровский Л.М., Электрические машины, 2 изд., ч. 1-2, М.-Л., 1964-65; Важнов А.И., Электрические машины, Л., 1969.

2. Беркович М.А. Автоматика энергосистем: учеб. для техникумов / М.А. Беркович, В.А. Гладышев, В.А. Семенов [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1991. – 240 с.

3. Григораиш О.В. Современное состояние и перспективы применения асинхронных генераторов в автономной энергетике / О.В. Григораиш // Промышленная энергетика. – 1995, №3. – С.29-32.

4. Торопцева Н.Д. Асинхронные генераторы автономных систем / Н.Д. Торопцева. – М.: изд-во «Машиностроение», – 1998. – 290 с.

5. Берлинов А.И. Специальные электрические машины / А.И. Берлинов, Д.А. Бут [и др.]. – М.: Энергоиздат, 1982. – 552 с.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ВЫБОРА РЕЦЕПТУР КОМПОЗИЦИОННЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРОВ

А.В. Козлов, А.И. Суменко, Т.Б. Чистякова
Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет),
г. Санкт-Петербург

***Аннотация.** В работе описывается программный комплекс, предназначенный для автоматизации решения задачи подбора рецептур композиционных смесей для вторичной переработки полимеров. Программа на основе набора полимеров, введенного исследователем, выводит информацию о применяющемся компатибилизаторе, методах переработки и свойствах образующейся смеси, составе композиции. Программный комплекс позволит специалисту по разработке рецептуры композиционной смеси для вторичной переработки полимеров сократить время исследования и оперативно получить практические рекомендации, необходимые для выработки технологического регламента.*

С ростом применения полимерных материалов в различных сферах деятельности человека возрастают и требования к их эксплуатационным характеристикам. В связи с этим для улучшения качества полимеров используются различные приемы, такие как добавление наполнителей, стабилизаторов, различных низкомолекулярных или высокомолекулярных соединений. Они позволяют произвести изменение их свойств, структурных особенностей, перерабатываемости на стандартном оборудовании для пластмасс. В настоящее время часто используются методы, которые применяют химическую модификацию полимеров, в результате чего получают сшитые полимеры с использованием различных сшивающих агентов, блок- и привитые сополимеры и др.

Малая энтропия смешения приводит к тому, что большинство пар полимеров является несмешиваемыми. Это дополняется слабой адгезией, приводящей к изменению прочностных характеристик и фазовому разделению материалов. Вот почему для получения качественных материалов из поступающих на переработку вторичных полимеров недостаточно применить простую механическую смесь полимеров, обладающих необходимыми свойствами [1]. В свою очередь, вторичная переработка полимеров крайне важна, так как утилизация пластиковых отходов является актуальной проблемой. Использование вторичного сырья в качестве новой ресурсной базы – одно из наиболее динамично развивающихся направлений утилизации полимерных материалов. В настоящее время проблема переработки отходов полимерных

материалов обретает актуальное значение не только с позиций охраны окружающей среды, но также связана с тем, что в условиях дефицита полимерного сырья пластмассовые отходы становятся мощным сырьевым и энергетическим ресурсом. Проблема их утилизации и повторной переработки вторичных смесевых полимерполимерных систем осложняется еще и разными теплофизическими, прочностными и т.д. свойствами компонентов смеси, в связи с чем существуют трудности при их повторной переработке, заключающиеся в разных режимах переработки для каждого компонента смеси. Этот вопрос может решаться при помощи компатибилизаторов, которые улучшают совместимость компонентов материала [2].

Разработка программного комплекса выбора рецептур композиционных смесей для вторичной переработки полимеров является весьма актуальной задачей. Во-первых, постоянно увеличивается доля полимеров в составе твердых бытовых отходов. В России масса полимерных отходов составляет 2,5-2,7 млн. тонн в год, что создает немало экологических проблем. Лидером по объемам образования пластиковых отходов является США: 77 кг на душу населения в год, в Германии – 37,6 кг в год. В России данный показатель не превышает 25 кг. Однако в российской промышленности уровень использования отходов в 2,0-2,5 раза ниже, чем в более развитых странах: в странах Западной Европы в переработку возвращается 22,5 % полимерных отходов, в России же – не более 6-8 % [3].

Во-вторых, к настоящему времени накоплен большой объем информации о свойствах, методах переработки и применении полимерных композиционных смесей (насчитывается около 50 смесей полимеров) [4], однако использование этой информации затруднено труднодоступностью и неупорядоченностью данных о полимерных смесях. Это приобретает особую важность в условиях ухудшающейся экологической обстановки, накопления полимерных отходов и, соответственно, призвано способствовать повышению эффективности управления процессами переработки вторичных полимерных материалов [5].

Структура программного комплекса включает следующие модули: модуль обработки запроса; модуль просмотра справочной информации; база данных полимерных смесей, а также интерфейсы пользователя и администратора базы данных. Технолог, выбрав интересующие его полимеры, формирует запрос к базе данных и может получить рекомендации, имеющие отношение к рассматриваемой полимерной смеси и связанные с применением той или иной совмещающей добавки, способах переработки и свойствах смеси и т.д.

Ядром программного комплекса для процесса подбора компонентов полимерных композиционных смесей является база данных полимеров, их свойств, методов переработки полимеров, матрица совмещений полимеров, описывающая формирование полимерных композиций, модуль формирования запросов, модуль вывода информации о рецептурах, интерфейсы пользователя (специалиста по разработке композиционных материалов) и администратора.

Подбор компонентов полимерных композиционных смесей производится по следующему алгоритму. При поиске для двух полимеров пользователь задает исходные данные: выбирает первый и второй полимеры. Результаты поиска представляются в виде таблицы, содержащей информацию о компатибилизаторе,

методах переработки и свойствах смеси. При поиске для набора полимеров пользователь выбирает интересующие его полимеры из тех, что имеются в базе данных. Результаты поиска представляются в виде таблицы с информацией о смесях, в которых в качестве матричного полимера используется один из выбранных.

Интерфейс исследователя позволяет выбрать два полимера или набор полимеров и получать выходные параметры в удобной для исследования табличной форме.

Интерфейс администратора предусматривает возможность редактирования базы данных полимерных композиционных смесей. Для получения доступа к администрированию базы данных необходимо пройти авторизацию, то есть ввести пароль администратора. Если авторизация пройдена успешно, то разрешается доступ к использованию интерфейса администратора. Также есть возможность изменения пароля. Администратор может редактировать список полимеров, компатибилизаторов, рецептур.

Таким образом, структура программы, включая также экспертные знания химика-технолога [6], позволяет применять ее в качестве интеллектуального советчика для специалиста, занимающегося разработкой и изучением полимерных материалов с заданными свойствами.

Программный комплекс может быть использован как в учебной, так и в инженерной деятельности, связанной с созданием новой продукции и организацией современного промышленного производства.

Список литературы

1. Кахраманлы Ю.Н. Несовместимые полимерные смеси и композиционные материалы на их основе / Ю.Н. Кахраманлы. – Баку: ЭЛМ, 2013. – 152 с.
2. Касперович О.М. Изучение физико-механических свойств вторичных смесевых систем / О.М. Касперович, В.В. Яценко, А.В. Прудников, Н.А. Скрабиевский // Труды БГТУ. – 2014. – № 4. – С. 64-66.
3. Полимерные материалы: электронный журнал: сайт. – Москва, 200 – URL:<https://polymerbranch.com/301ad0e3bd5cb1627a2044908a42fdc2/fa775ef125785aa464eb894e93654813/magazineclause.pdf> (дата обращения: 14.05.2020). – Режим доступа: свободный.
4. Utracki L.A. *Polymer Blends Handbook* / L.A. Utracki, Ch.A. Wilkie (Eds.). – Dordrecht: Springer, 2014. – 2378 p.
5. Чистякова Т.Б. Научно-образовательный комплекс для ресурсосберегающего управления жизненным циклом процессов переработки вторичных полимерных материалов / Т.Б. Чистякова [и др.] // XXI Менделеевский съезд по общей и прикладной химии, 9-13 сентября 2019 г.: тез. докл. – Санкт-Петербург, 2019. – Т. 3. – С. 206.
6. Panfilov D.A. / *The Effect of Oligoethers Based on Secondary Polyethylene Terephthalate and Oligopropylene Diol on the Properties of Novolac Compounds* // D.A. Panfilov, I.M. Dvorko // *Polymer Science, Series D.* – 2018. – Vol.11, No. 2. – P. 169-173.

УВЕЛИЧЕНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНДЕНСАТА ВЗАМЕН ГЛУБОКО ОБЕССОЛЕННОЙ ВОДЫ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ ДЛЯ КОТЛОВ

Д.С. Бальзамов, Е.Ю. Бальзамова
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань

***Аннотация.** Технологический процесс предприятий нефтехимической отрасли сопровождается выходом тепловых вторичных энергоресурсов, которые находят полезное использование в технологическом цикле за счет применения котлов утилизаторов для выработки водяного пара различных давлений. Чаще всего подготовка питательной воды для котлов утилизаторов осуществляется с использованием глубоко обессоленной воды, производство которой является дорогостоящим процессом. В данной работе рассматривается частичная замена глубоко обессоленной воды конденсатом, который возвращается в тепловой пункт предприятия.*

В настоящее время на предприятии органического синтеза питательная вода для котлов утилизаторов готовится в деаэраторах теплового пункта и подается в технологические цеха в количестве 44 т/ч [1-4]. Для ее приготовления используется глубоко обессоленная вода (ГОВ) в количестве 6,2 т/ч, конденсат в количестве 35,5 т/ч и водяной пар давлением 1,5 кгс/см² с расходом 2,3 т/ч. Остальной конденсат, возвращаемый в тепловой пункт, подается в производственный корпус №2 [5-7].

Проведенный анализ показал, что существует возможность увеличить потребление конденсата на 3,5 т/ч для приготовления питательной воды. Учитывая действующие тарифы (ГОВ – 308 руб./т, конденсат – 96,7 руб./т) предлагается частичная замена ГОВ на конденсат, потенциал для снижения расходов составит:

$$C = G_k \cdot T \cdot \Delta C = 3,5 \cdot 8040 \cdot (308 - 96,7) = 5\,946 \text{ тыс. руб.}$$

где

G_k – возможное количество замещения ГОВ на конденсат, т/ч;

T – время работы котлов, ч;

ΔC – разница в стоимости ГОВ и конденсата.

Замещение ГОВ конденсатом позволит сократить расход пара на деаэратор для подогрева ГОВ до 102°С.

Годовая экономия тепла составит:

$$\Delta Q = G_k \cdot c \cdot (t_k - t_{\text{ГОВ}}) = 3,51 \cdot (102 - 45) = 0,2 \text{ Гкал/ч или } 1608 \text{ Гкал/год.}$$

где:

t_k – температура питательной воды, °С;

$t_{\text{ГОВ}}$ – температура ГОВ, °С.

Годовой потенциал снижения затрат составит:

$$C_{\text{год}} = \Delta Q \cdot T \cdot C_{\text{пар}} = 0,2 \cdot 8040 \cdot 1500 = 2\,412 \text{ тыс. руб.}$$

где:

$C_{\text{пар}}$ – стоимость пара 13 кгс/см² от ТЭЦ.

Годовой экономический эффект от внедрения мероприятия составит:

$$\Sigma C = C + C_{\text{год}} = 5\,946 + 2\,412 = 8\,358 \text{ тыс. руб.}$$

Предварительные расчеты показали, что частичная замена ГОВ на конденсат позволит получить значительный экономический эффект на уровне 8, 36 млн. руб. в год.

Список литературы

1. Бальзамов Д.С. Повышение эффективности работы водогрейной котельной за счет внедрения утилизатора тепла / Д.С. Бальзамов, А.Р. Шигапова // В сборнике: *Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты: Материалы I Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова»*: в 2 томах. Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова. – 2017. – С. 69-74.

2. Бальзамов Д.С. Использование тепла конденсата от оборудования ректификационного цикла для предварительного нагрева реакционной смеси / Д.С. Бальзамов, Е.Ю. Бальзамова, В.В. Бронская // В сборнике: *Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы – 2019 (МНТК «ИМТОМ – 2019»)* Материалы X Международной научно-технической конференции. – Казань, 2019. – С. 351-355.

3. Бальзамов Д.С. Система энерготехнологического комбинирования высокотемпературного участка дегидрирования изоамиленов в изопрен / Д.С. Бальзамов, И.А. Конахина // *Вестник Казанского государственного энергетического университета*. – 2010. – № 1 (4). – С. 16-25.

4. Бальзамов Д.С. Повышение эффективности работы котельной за счет использования или переработки низкотемпературных дымовых отходов / Д.С. Бальзамов, А.Р. Зиганишина // *Поволжский научный вестник*. – 2017. – № 1. – С. 84-91.

5. Aminova G.A. Mechanism of butadiene polymerization on cobalt-containing catalyst / G.A. Aminova, G.V. Manuiko, G.I. Litvinenko, G.S. D'yakonov, V.L. Zolotarev, A.G. Filipova, T.V. Ignashina, V.V. Davydova, O.V. Antonova // *Russian Journal of Applied Chemistry*, 2002. – Т. 75, № 7. – С. 1146-1150.

6. Аминова Г.А. Исследование совместно протекающих процессов химического превращения и теплообмена при синтезе каучука СКДК в каскаде из двух реакторов непрерывного действия / Г.А. Аминова, Г.В. Мануйко, Т.В. Игнашина, В.В. Бронская, О.В. Захарова, Г.С. Дьяконов, В.П. Архиреев // *Инженерно-физический журнал*. – 2005. – Т. 78, № 3. – С. 115-122.

7. Цапаев А.А. Нейросетевая модель процесса абсорбции углекислого газа водой / А.А. Цапаев, В.В. Бронская, Т.В. Игнашина, П.П. Суханов // *Научно-технический вестник Поволжья*. – 2019. – № 2. – С. 7-11.

АДАПТАЦИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В.М. Панарин, А.А. Маслова, К.В. Гришаков
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. В статье описывается процесс создания простого и эффективного инструмента как нейронные сети, который позволяет получить отсутствующие данные, полученные при проведении мониторинга окружающей среды, прогнозирования уровней загрязнения воздуха и воды, уровня звука, автоматического анализа изображения и интерпретации результатов биологического мониторинга, оценки воздействия на окружающую среду, и многих других проблем.

Высокий уровень загрязнения воздуха в настоящее время является проблемой многих районов, плотной городской застройки. Превышение допустимых концентраций многих загрязняющих веществ в сочетании с неблагоприятными погодными условиями приводят к формированию явлений смога. Что в свою очередь приводит к ухудшению качества жизни в городских районах и может вызвать множество заболеваний. Одной из целей мониторинга качества воздуха в этих районах, является обнаружение превышения допустимых концентраций загрязняющих веществ. В случае превышения, разработка меры по улучшению качества воздуха. Получение достоверных прогнозов возникновения высоких уровней загрязнения воздуха позволяют проводить профилактические мероприятия.

В связи с вышесказанным, в последние годы было уделено внимание совершенствованию методов моделирования явлений, происходящих в окружающей среде, включая создание прогноза качества воздуха и водных объектов. Как известно, генерация прогнозов может основываться на статистических или детерминированных моделях.

Имеются анализы, основанные на моделировании метеорологических полей и дисперсий загрязнения в детерминированных моделях. Прогнозирование системы распространения загрязнения воздуха и водных объектов является одной из таких моделей. Обычно детерминированные модели являются более сложными, как в построении, так и в последующей с ними работой. Статистические модели являются более простыми, но также имеют ряд недостатков. Они создаются на основе множественной серии измерений и позволяют оперировать данными только определенных точек измерений [1-3].

Целью проводимых исследований стало проведение адаптации такого инструмента как нейронные сети для целей автоматизированного мониторинга загрязнения атмосферного воздуха и водных объектов, а также прогнозирования их состояния при возникновении аварийных выбросов загрязняющих веществ.

Искусственная нейронная сеть относятся к группе статистических математических моделей. Стоит отметить, что возможности использования нейронных сетей различны. Они используются не только для обеспечения экологического мониторинга атмосферного воздуха и водных объектов, но и в других науках: экономике, медицине, промышленности и т. д. Возможность

работать с переменными динамическими данными и их прогнозирование являются преимуществом такого метода.

Существуют работы, посвященные прогнозированию загрязнения окружающей среды на основе искусственных нейронных сетей. Мы можем предсказать концентрацию определенного загрязнителя или возникновение некоторого ряда (диапазона) таковых в исследуемой области.

Следует помнить, что мы не можем создать одну модель нейронной сети, которая будет одинаково хорошо работать для каждого загрязнителя и для каждого типа местности. Выбор его архитектуры включает число и тип нейронов, а выбор алгоритма обучения может существенно повлиять на его эффективность. Модели и архитектура нейронной сети должны изучаться индивидуально для каждого случая.

В этой статье мы фокусируемся на прогнозах концентрации взвешенных частиц тяжелых металлов. Допустимый уровень этого загрязнителя часто превышает в крупных промышленных городах России.

В последнее время наблюдается интенсивное развитие алгоритмов в искусственном интеллекте. Искусственные нейронные сети были одними из первых алгоритмов этого типа. Их характерная особенность заключается в том, что они могут быть использованы для решения проблемы в условиях неполной информации без знания аналитической зависимости между входными и выходными данными. Эта особенность приводит к тому, что ИНС являются очень важным инструментом для моделирования сложных неизвестных отношений между переменными. Они широко используются в различных сферах: в классификации, анализе и обработке изображений, прогнозировании временных рядов, анализ производственных проблем, анализ цен, прогноз погоды и т.д. [4-5]

В области охраны окружающей среды ИНС можно использовать для предоставления отсутствующих данных из мониторинга окружающей среды, прогнозирования уровней загрязнения воздуха и воды, уровня звука, автоматического анализа изображения и интерпретации результатов биологического мониторинга, оценки воздействия на окружающую среду, и многих других проблем.

Существует много работ, в которых обсуждаются нейронные сети. Также существует число работ, посвященных прогнозированию уровня загрязнения воздуха на основе искусственных нейронных сетей. Большинство исследований сосредоточено на краткосрочных и долгосрочных прогнозах уровней концентрации оксидов азота (NO_x) и твердых частиц PM_{10} в качестве факторов, определяющих возникновение смога. Есть также статьи, посвященные прогнозам уровней концентрации других загрязнителей воздуха, например: оксид серы (SO_4). Эти прогнозы были сделаны на основе метеорологических данных, данных о выбросах загрязнителей воздуха и т. д. Другие исследования посвящены заполнению пробелов в данных мониторинга на основе существующих данных.

Существует множество типов искусственных нейронных сетей, которые различаются по структуре и принципу работы: полностью соединенные сети прямого распространения, известные как многослойный персептрон (МСП) или

радиальные базовые функциональные сети (РБФ). Основная структура искусственной нейронной сети состоит из трех типов слоев – нейронов (взаимосвязанных узлов). Первый – это входной уровень, где вводятся данные. Второй – скрытый уровень, в котором обрабатываются данные для получения необходимых промежуточных данных и для определения окончательного решения. Скрытый слой может быть одним или несколькими. Третий слой – это выходной слой, где производится результаты. В процессе определения многослойной нейронной сети сначала нужно указать количество слоев и число нейронов каждого слоя. Число нейронов на входе равно числу компонентов признаков. Один скрытый слой достаточен для решения большинства проблем классификации. Число нейронов скрытого слоя зависит от сложности поставленной задачи.

При применении ИНС для более сложных проблем, требуется больше нейронов в скрытом слое. Количество нейронов в выходном слое равно числу предопределенных классов (в задаче классификации) или количество выходных данных (в задачах прогнозирования).

Данные, проходящие через нейроны, модифицированы весом и передаточными функциями, поэтому при определении нейронной сети, мы также должны указать тип функции активации нейронов (нелинейную связь между сигналом полной стимуляции нейронов и его ответом), обучение алгоритм (используемый для определения лучших весов) и размер поднабора данных обучения, валидации и тестирования. Во многих случаях функция активации принимает форму сигмоидной (логистической) функции или гиперболического тангенса (часто работает лучше, чем логистическая функция). Другие функции активации могут быть линейными, экспоненциальными, синусоидными или гауссовыми (используется в сетях RBF).

Так же следует отметить основные алгоритмы обучения для определения лучших значений веса нейрона. Самый популярный алгоритмом обучения МСП является алгоритм обратного распространения. Этот простой алгоритм довольно медленный, но очень эффективный. Он работает, настраивая значения веса нейрона, так чтобы минимизировать ошибку между фактическими и желаемые выходы (путем распространения ошибки обратно в сеть).

В некоторых случаях значения веса нейрона в МСП модифицируются в процессе обучения во время алгоритмов сопряженного градиента.

Переоснастка нейронной сети является отрицательным явлением, которое может возникнуть в процессе обучения. Процесс проверки должен способствовать избеганию подобных явлений. В целях повышения надежности конечная модель сети, тестируется с использованием конечных данных.

Каждый конкретный случай должен быть представлен в трех этапах: обучение, проверка и тестирование.

Огромная популярность искусственных нейронных сетей и их широкое применение привели к появлению программных пакетов для моделирования нейронных сетей.

Нейронные сети получили широкое применение в статистике. Программные пакеты позволяют использовать различные нейронные сети, методы обучения, функции активации и функции ошибок.

Искусственная нейронная сеть учится путем сравнения входных и выходных данных, поэтому правильный выбор набора данных очень важен для построения модели нейронной сети. Стоит отметить, что должны использоваться только те входные данные, которые влияют на выходные данные. Внедрение входных данных, не связанных с прогнозируемыми данными модели, ухудшает работу сети. Набор входных данных, содержащий концентрации выбранных загрязнителей воздуха и метеорологических данных, обычно используется для прогнозирования уровня концентрации другого загрязнителя воздуха. Кроме того, мы можем использовать данные о выбросах загрязняющих воздух веществ в данной области и в потоке движения. Для создания модели нейронной сети мы можем использовать временные данные, среднечасовые или среднесуточные данные [6].

В этой статье для создания искусственной нейронной сети, которая предсказывает концентрацию взвешенных частиц тяжелых металлов, которая является основной причиной возникновения явления смога, мы использовали метеорологические данные и данные о концентрациях тяжелых металлов. Среднесуточные концентрации в период с 1 января 2012 года по 31 декабря 2013 года, которые были зарегистрированы на трех измерительных станциях, действующих в Туле в рамках государственной программы мониторинга окружающей среды.

На станции возле ПАО «Тулачермет» оценивается уровень загрязнения. На второй станции ПАО «Косогорский металлургический завод» измеряется уровень промышленных загрязнений. Станция по пр. Ленина г. Тула является фоновой станцией. Измерение взвешенных частиц тяжелых металлов выполняется автоматически.

Существуют измеренные уровни концентрации других загрязняющих воздух веществ, кроме взвешенных частиц тяжелых металлов, на вышеупомянутых измерительных станциях. Эти загрязняющие воздух вещества: оксид азота (NO_2), оксид азота (NO_4), оксид серы (SO_4), оксид углерода (CO_2), бензол, озон (измеренный на воздухе), свинец, кадмий, мышьяк, бензо(а)пирен (измеряемый в твердых частицах). Данные, собранные во время измерений, отображены на веб-сайте Росприроднадзора.

В наших исследованиях набор входных данных состоит из метеорологических данных (максимальная, минимальная и средняя температура, средняя скорость ветра, средняя температура предыдущего дня) и средние суточные концентрации твердых частиц предыдущего дня. Используемые модели нейронных сетей имеют одну прогнозируемую величину – это концентрация твердых частиц тяжелых металлов. Результаты показывают, что для всех экспериментов данные случайным образом разделяются на три отдельных подмножества: 75 % для подмножества обучения, 15 % для проверки и 10 % для тестирования. Различные типы нейронных сетевых архитектур были построены и испытаны, чтобы найти лучшую сеть для каждой измерительной станции. Во всех проверенных случаях, сети МСП с одним скрытым слоем достигли лучших результатов, чем РБФ сетей. Наилучшие результаты были достигнуты, когда сети МСП прошли обучение посредством алгоритма обратного распространения (ОР).

В результате проведенных исследований мы видим, что нейронные сети получили высокую достоверность во всех случаях. Можно заметить, что распределения разностей между ожидаемым значением и прогнозируемым значением схожи для каждой измерительной станции. Большинство различий находятся в диапазоне от -10 до 10 мкг. Эксперименты показывают, что 57,7 % результатов, полученных для станции ПАО «Тулачермет», находятся в этом диапазоне. Эти значения составляют 73,3 % и 61,5 % для станций пр. Ленина и станции ПАО «КМЗ» соответственно. Важно также отметить, что для каждой измерительной станции различия между полученным значением и прогнозируемым значением меньше для концентраций нижних диапазонов взвешенных частиц тяжелых металлов. Одновременно в наборе данных, используемом в процессе обучения, преобладают случаи концентрации взвешенных частиц тяжелых металлов ниже 100 мкг [7].

Наиболее приоритетно стояла задача создать простой и эффективный инструмент для прогнозирования качества воздуха и водных объектов. Как показали наши исследования, искусственные нейронные сети являются эффективным инструментом в прогнозировании концентраций взвешенных частиц тяжелых металлов. Многие исследователи ставили вопрос о прогнозе концентраций тяжелых металлов и других загрязнителей воздуха и водных объектов с помощью ИНС. Они использовали различные параметры в качестве входных данных, адаптированных к выходным данным и локальным условиям. Правильный выбор входных и выходных данных с четкой зависимостью между ними необходим для получения достоверных результатов. Невозможно построить одну универсальную модель нейронной сети, которая позволит прогнозировать различные загрязняющие вещества в разных областях. Сеть должна быть разработана и подготовлена индивидуально для каждого случая.

Мы сосредоточились на прогнозах концентраций взвешенных частиц тяжелых металлов из-за допустимого уровня этого загрязняющего вещества, который часто превышался в Туле. Оказалось, что для наших условий наилучшие результаты были получены с помощью трехслойного перцептрона с алгоритмом обратного распространения. Во всех случаях нейронные сети хорошо себя проявили. Коэффициенты корреляции были выше 0,9 для каждой измерительной станции. Распределение различий между измеренным значением и прогнозируемым значением было одинаковым для каждой измерительной станции. Средние абсолютные значения указанных различий находились в диапазоне 9,89 мкг и 12,64 мкг. Ссылаясь на представленные результаты, можно сделать вывод, что производительность сетей МСП является удовлетворительной.

Список литературы

1. Бурман В.М. Автоматизированная распределенная система экологического мониторинга окружающей среды модульного типа / В.М. Бурман, Ю.А. Кропотов // Известия ОрелГТУ. Серия «Информационные системы и технологии». – 2008. - № 1-2/269(544). – С. 53-57.
2. Кантюков Р.А. Информационно-измерительная система построения полей загрязнения атмосферного воздуха при разрыве магистральных

газопроводов / Р.А. Кантюков, В.М. Панарин, А.А. Горюнкова, К.В. Гришаков // *Успехи в химии и химической технологии*. – 2016. – Т. 30, № 2 (171). – С. 141-142.

3. Кононов Д.А. *Экологический менеджмент: сценарии развития объектов и управление экологической обстановкой* / Д.А. Кононов, В.В. Кульба // *Инженерная экология*. – 1996, № 6. – С.78-99.

4. *Концептуальные основы экологии в угольной промышленности на 2000-2002 годы* / Ю.В. Каплунов, С.Л. Климов, А.П. Красавин, А.А. Ха-рионовский // *Уголь*. – 2000 (№1). – С. 68-72.

5. Маслова А.А. *Сточные воды и их очистка* / А.А. Маслова, Д.С. Фурсова // *Современные проблемы экологии: доклады XX Междунар. науч.-технич. конф.* – Тула: *Инновационные технологии*, 2018. – С.49-50.

6. Мешалкин В.П. *Оценка рассеивающей способности атмосферы химического комплекса и особенности его мониторинга (на примере города Новомосковска Тульской области)* / В.П. Мешалкин, В.М. Панарин, Н.А. Рыбка, А.А. Горюнкова // *Химическая промышленность сегодня*. – 2017. – № 4. – С. 29-34.

7. Мешалкин В.П. *Организация мониторинга загрязнения атмосферы химически опасными объектами* / В.П. Мешалкин, В.В. Лесных, А.В. Путилов, А.А. Горюнкова // *Ежемесячный научно-технический и производственный журнал «Цветные металлы»*. – 2015. – №4. – С. 85-88.

СХЕМЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ВОЗДЕЙСТВИЯ ВРЕДНЫХ И ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ

В.М. Панарин, А.А. Маслова, К.В. Гришаков
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. Мониторинг вредных и опасных производственных факторов является одним из важных механизмов отслеживания фактического состояния условий труда на производстве, анализ полученных результатов и прогноз воздействия их на здоровье работающих. В статье описываются схемы информационных потоков системы сбора данных интеллектуальной системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов, которая дает возможность в любых временных рамках проанализировать фактический уровень вредного фактора на рабочем месте, а также комплексно оценивать состояние вредных факторов на рабочих местах.

Структура системы сбора данных интеллектуальной системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий состоит из двух взаимосвязанных блоков.

Защитная smart-каска, предназначенная для предотвращения влияния опасных факторов на работника и оснащенная комплексом оборудования для измерения параметров физиологического состояния человека и вредных и опасных факторов производственной среды, где находится работник представляет первый блок [1].

Вторым блоком является диспетчерский пункт мониторинга физиологического состояния работников и оценки комплексного воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий в реальном времени. Диспетчерский пункт мониторинга объединяет данные от всех защитных smart-касок предприятия в единую базу данных.

Для связи диспетчерского пункта мониторинга физиологического состояния работников и оценки комплексного воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий в реальном времени применяется канал сотовой связи GSM в реальном времени [2].

Информационные потоки системы сбора данных интеллектуальной системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов формируются защитной smart-каска мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий и подразделяются на две группы:

- физиологическое состояние человека;
- состояние производственной среды.

Физиологическое состояние человека, которое контролирует smart-каска, характеризуется следующими параметрами:

- частота пульса и его изменения;
- температура тела человека;
- электропроводность кожи;
- положение тела человека.

Состояние производственной среды, которое контролирует smart-каска, характеризуется следующими параметрами:

характеризуется следующими параметрами:

- загазованность вредными и опасными для человека веществами;
- температура производственной среды, где работает человек;
- шум производственной среды, воздействующий на человека;
- вибрация производственной среды, воздействующая на человека;
- удары, резкие ускорения защитной каски;
- освещенность производственной среды, в которой работает человек [3].

Информационный поток, характеризующий физиологическое состояние человека, фиксируемое защитной smart-каска мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий, характеризуется следующими переменными.

Частота пульса работника, находящегося в условиях воздействия вредных и опасных факторов производственной среды представим в виде переменной ЧСС – частота сердечных сокращений (частота пульса), уд/мин.

Температуру тела работника представим переменной $T^{\circ}C$ – температура тела работника, находящегося под действием факторов производственной среды, град.

Величину электропроводности кожи работника, находящегося в условиях воздействия вредных и опасных факторов производственной среды, представим переменной G – электропроводности кожи работника, См.

Положение защитной каски определяется отклонением от вертикальной оси защитной каски по отношению к направлению вектора силы тяжести. Это отклонение соответствует положению головы работника и косвенно отражает

положение его тела (вертикальное – горизонтальное). Параметр обеспечивает выработку сигналов опасности при длительном, превышающем допустимое значение установленном времени нахождения работника не в вертикальном положении. Кроме того, этот параметр отражает снятие защитной каски с головы работника и обозначается $\varphi_{\text{вер}}$ – значения отклонения оси каски от вертикальной оси, рад.

Объединяя полученные переменные получим информационный поток, характеризующий физиологическое состояние человека, фиксируемое защитной smart-каскай мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий

ФС (ЧСС, $T^{\circ}\text{C}$, G, $\varphi_{\text{вер}}$).

Информационный поток, характеризующий состояние производственной среды, которое контролирует smart-каска, определяется следующими параметрами [4].

Загазованность производственной среды вредными и опасными для человека веществами представлена переменной C_n^k , где C – концентрация вредных и опасных для человека веществ в производственной среде, мг/м³; k – порядковый номер вредного и опасного для человека вещества производственной среды в части загазованности; n – номер отсчета в массиве накопленных данных.

Температура, как фактор состояния производственной среды представлена переменной $t^{\circ}\text{C}$ – температура производственной среды, в которой находится работник, град.

Переменная фактора шума производственной среды представлена LA – уровень шума производственной среды, в которой находится работник, дБА.

Переменная фактора вибрации производственной среды, воздействующей на организм человека представим в виде переменной a – значения виброускорений производственной среды, воздействующей на организм человека, м/с².

Переменная для измерения ударных воздействий на защитную каску представляет измерение ускорений по отношению к ускорению свободного падения Kg – значения ударных воздействий на защитную каску через измеренные ускорения по отношению к ускорению свободного падения g , м/с².

Переменную для измерения освещенности производственной среды, в условиях которой производит действия работник обозначим $E_{\text{экс}}$ – значения эксплуатационной освещенности производственной среды, в условиях которой производит действия работник, лк.

Набор полученных переменных составляет информационный поток, характеризующий состояние производственной среды, которое контролирует smart-каска и под воздействием которых находится работник в текущий момент в реальном времени

СПС (C_n^k , $t^{\circ}\text{C}$, LA , a , Kg , $E_{\text{экс}}$).

Общий информационный поток от smart-каска представляет собой объединение переменных, характеризующих физиологическое состояние человека и состояние производственной среды, которое контролирует smart-каска мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий

КСФ (ЧСС, T°C, G, ¥вер, C_n^k, t°C, LA, a, Kg, E экс)

Данный информационный поток smart-каска формирует для передачи переменных о физиологическом состоянии человека и параметрах производственной среды, в которой находится работник по GSM каналу на сервер сбора и обработки данных и, затем после обработки, в отдел мониторинга производственных факторов, отдел охраны труда и медицинское подразделение.

Список литературы

1. Власов А. Приборы контроля физических параметров / А. Власов // Журнал «Компоненты и технологии», № 8' 2001.

2. Шитиков А. Цифровые датчики температуры от Dallas Semiconductor / А. Шитиков // Журнал «Компоненты и технологии», № 3' 2001.

3. Панарин В.М. Дистанционный контроль параметров микроклимата рабочей зоны с коррекцией по температуре // В.М. Панарин, А.А. Маслова, К.В. Гришаков, Л.В. Кашинцева // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2018. – Вып.3. – С.61-73.

4. Панарин В.М. Устройство мониторинга физиологических параметров работника во время трудового процесса / В.М. Панарин, А.А. Маслова, К.В. Гришаков // Безопасность труда в промышленности. – № 5' 2018. – С.66-70.

РАЗРАБОТКА ФОРМАТА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКАХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ВОЗДЕЙСТВИЯ ВРЕДНЫХ И ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ НА РАБОТНИКОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В.М. Панарин, А.А. Маслова, К.В. Гришаков
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. В статье описывается схема разработки формата передачи данных в информационных потоках интеллектуальной системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий, которая дает возможность в любых временных рамках проанализировать фактический уровень вредного фактора на рабочем месте, а также комплексно оценивать состояние вредных факторов на рабочих местах.

Структура системы сбора данных интеллектуальной системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий состоит из двух взаимосвязанных блоков.

Защитная smart-каска, предназначенная для предотвращения влияния опасных факторов на работника и оснащенная комплексом оборудования для измерения параметров физиологического состояния человека и вредных и опасных факторов производственной среды, где находится работник представляет первый блок [1]. Вторым блоком является диспетчерский пункт мониторинга физиологического состояния работников и оценки комплексного воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий в реальном времени. Диспетчерский пункт мониторинга объединяет данные от всех защитных smart-касок предприятия в единую базу данных.

Информационный поток smart-каска формируется для передачи переменных о физиологическом состоянии человека и параметрах производственной среды, в которой находится работник по GSM каналу на сервер сбора и обработки данных и, затем после обработки, в отдел мониторинга производственных факторов, отдел охраны труда и медицинское подразделение [1].

Smart-каска посредством встроенных датчиков формирует формат передачи данных о физиологическом состоянии человека и параметрах производственной среды в информационных потоках интеллектуальной системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий.

Общий вид формата передачи данных представлен в таблице 1.

Таблица 1

Общий вид формата передачи данных в информационных потоках интеллектуальной системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий

Функция	Инициализация	Адрес датчика в smart-каска	Тип датчика в smart-каска	Знач. фактора	Контр. сумма	Резерв	Завершение
Длина	32 бита	8 бит	4 бита	12 бит	8 бит	8 бит	8 бит

Инициализация передачи в формате передачи данных в информационных потоках интеллектуальной системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов определяется 32 байтами инициализации.

В формате передачи данных принято следующее распределение адресов для датчиков smart-каска.

Адресное пространство датчиков, фиксирующих физиологическое состояние человека, определяется двумя байтами и в двоичной системе счисления и занимает диапазон:

0100 0000 ... 0111 1111 – двухбайтовое адресное пространство датчиков, фиксирующих физиологическое состояние человека.

Адресное пространство датчиков, фиксирующих состояние производственной среды, в которой находится человек, определяется также двумя байтами и в двоичной системе счисления и занимает диапазон:

0000 0000 ... 0011 1111 – двухбайтовое адресное пространство датчиков, фиксирующих состояние производственной среды, в которой находится человек.

Предусмотрено резервное адресное пространство для дополнительных датчиков в случае расширения интеллектуальной системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий в диапазоне:

1000 0000 ... 1111 1111 – резервное адресное пространство для дополнительных датчиков при расширении функциональных возможностей интеллектуальной системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий.

Для описания типа датчика в smart-каске в формате передачи данных в информационных потоках интеллектуальной системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий используются 4 бита, описывающие 16 типов датчиков.

Под значение фактора отводится 12 бит, что позволяет кодировать выходной сигнал датчиков в диапазоне от 0 до 4096 уровней. Такое кодирование обеспечивает погрешность дискретизации, не превышающую 0,025 % от полного диапазона выходного сигнала датчиков.

Под контрольную сумму передачи данных в формате отводится 8 бит.

Под резерв для возможного в будущем расширении формата передачи данных в информационных потоках интеллектуальной системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий отводится 8 бит. Передача данных завершается комбинацией окончания передачи длиной 8 бит.

На базе приведенного общего формата передачи данных предложен формат для датчика частоты пульса и его изменения при оценке филологического состояния человека, которое контролирует smart-каска, характеризуется следующими параметрами, приведенный в таблице 2 [2].

Таблица 2

Формат передачи данных для датчика частоты пульса и его изменения для оценки филологического состояния человека, которое контролирует smart-каска

Датчик частоты пульса	Адрес датчика в smart-каска	Тип датчика в smart-каска	Значение фактора
Количество бит	8 бит	4 бита	12 бит
Начальный адрес и тип датчика	0100 0000	1000	0 ... 4096 дискрет

В формате передачи данных для датчика частоты пульса и его изменения при оценке филологического состояния человека, которое контролирует smart-каска, выделен диапазон адресов 0100 0000 ... 0100 0011.

Всего в формате передачи данных для датчика частоты пульса и его изменения выделено 4 адреса.

Тип датчика частоты пульса и его изменения при оценке филологического состояния человека в формате передачи данных в информационных потоках интеллектуальной системы мониторинга воздействия вредных и опасных

факторов на работников промышленных предприятий обозначен 4 битами комбинацией в двоичном коде 1000.

Формат передачи данных для датчика измерения электропроводности кожи человека при оценке филологического состояния человека, которое контролирует smart-каска, представлен в таблице 3.

Таблица 3

Формат передачи данных для датчика измерения электропроводности кожи при оценке филологического состояния человека

Датчик электропроводности кожи тела человека	Адрес датчика в smart-каска	Тип датчика в smart-каска	Значение фактора
Количество бит	8 бит	4 бита	12 бит
Начальный адрес и тип датчика	0100 1000	1001	0 ... 4096 дискрет

В формате передачи данных для датчика измерения электропроводности кожи при оценке филологического состояния человека, которое контролирует smart-каска, выделен для описания адресов диапазон 0100 1000 ... 0100 1111.

Всего в формате передачи данных для датчика измерения электропроводности кожи выделено 8 адресов.

Тип датчика измерения электропроводности кожи при оценке филологического состояния человека в формате передачи данных в информационных потоках интеллектуальной системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий обозначен 4 битами комбинацией в двоичном коде 1001.

Формат передачи данных для датчика положения, который определяет отклонение вертикальной оси защитной каски по отношению к направлению вектора силы тяжести представлен на таблице 4.

Таблица 4

Формат передачи данных для датчика положения каски относительно вертикальной оси

Датчик положения тела человека	Адрес датчика в smart-каска	Тип датчика в smart-каска	Значение фактора
Количество бит	8 бит	4 бита	12 бит
Начальный адрес и тип датчика	0101 0000	1010	0 ... 4096 дискрет

В формате передачи данных для датчика положения вертикальной оси smart-каска выделены адреса в диапазоне 0101 0000 ... 0101 0111.

Всего в формате передачи данных для датчика положения вертикальной оси smart-каска выделено 8 адресов.

Тип датчика положения вертикальной оси smart-каска в формате передачи данных в информационных потоках интеллектуальной системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов обозначен 4 битами комбинацией в двоичном коде 1010.

Формат передачи данных для датчика температуры тела человека при оценке филологического состояния человека, которое контролирует smart-каска, представлен в таблице 5.

Таблица 5

Формат передачи данных для датчика температуры тела человека при оценке филологического состояния человека, которое контролирует smart-каска

Датчик температуры тела человека	Адрес датчика в smart-каска	Тип датчика в smart-каска	Значение фактора
Количество бит	8 бит	4 бита	12 бит
Начальный адрес и тип датчика	0100 0100	1011	0 ... 4096 дискрет

В формате передачи данных для датчика температуры тела человека при оценке филологического состояния человека, которое контролирует smart-каска, выделен диапазон адресов 0100 0100 ... 0100 0111.

Всего в формате передачи данных для датчика температуры тела человека выделено 4 адреса.

Тип датчика температуры тела человека при оценке филологического состояния человека в формате передачи данных обозначен 4 битами комбинацией в двоичном коде 1011.

Дополнительно для возможности в дальнейшем расширения количества датчиков оценки филологического состояния человека, которое контролирует smart-каска, предусмотрены свободные адреса в диапазоне 0110 0000 ... 0111 1111 (всего 32 свободных адреса).

Датчики, фиксирующие состояние производственной среды, расположены в диапазоне адресов 0000 0000 ... 0011 1111.

Формат передачи данных для датчика загазованности вредными и опасными для человека веществами при оценке состояния производственной среды, в которой находится работник, характеризуется следующими параметрами, приведенный в таблице 6.

Таблица 6

Формат передачи данных для датчика загазованности вредными и опасными для человека веществами при оценке состояния производственной среды, фиксируемой smart-каска

Датчик загазованности вредными и опасными для человека веществами	Адрес датчика в smart-каска	Тип датчика в smart-каска	Резерв. Используется как указатель газа	Значение фактора
Количество бит	8 бит	4 бита	8 бит	12 бит
Начальный адрес и тип датчика	0000 0001	0001	0... 255	0 ... 4095 дискрет

В формате передачи данных для датчика загазованности вредными и опасными для человека веществами при оценке состояния производственной среды выделен диапазон адресов 0000 0001 ... 0001 1111.

Всего в формате передачи данных для датчика загазованности вредными и опасными для человека веществами при оценке состояния производственной среды выделен 31 адрес.

Тип датчика загазованности вредными и опасными для человека веществами при оценке состояния производственной среды в формате передачи данных в информационных потоках интеллектуальной системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий обозначен 4 битовой комбинацией в двоичном коде 0001.

Формат передачи данных для датчика температуры производственной среды на рабочем месте работника, представлен следующими параметрами, приведенными в таблице 7.

Таблица 7

Формат передачи данных для датчика температуры производственной среды на рабочем месте работника

Датчик температуры производственной среды, где работает человек	Адрес датчика в smart-каске	Тип датчика в smart-каске	Значение фактора
Количество бит	8 бит	4 бита	12 бит
Начальный адрес и тип датчика	0010 0000	0010	0 ... 4095 дискрет

В формате передачи данных для датчика температуры производственной среды выделен диапазон адресов 0010 0000 ... 0010 0011.

Всего в формате передачи данных для датчика температуры производственной среды выделено 4 адреса в адресном пространстве.

Тип датчика температуры производственной среды обозначен 4 битовой комбинацией в двоичном коде 0010.

Формат передачи данных для датчика шума производственной среды, воздействующего на человека, представлен в таблице 8.

Таблица 8

Формат передачи данных для датчика шума производственной среды, воздействующего на человека

Датчик шума производственной среды, воздействующий на человека	Адрес датчика в smart-каске	Тип датчика в smart-каске	Значение фактора
Количество бит	8 бит	4 бита	12 бит
Начальный адрес и тип датчика	0010 0100	0011	0 ... 4095 дискрет

В формате передачи данных для датчика шума производственной среды, воздействующего на человека, выделен диапазон адресов 0010 0100 ... 0010 0111.

Всего в формате передачи данных для датчика шума производственной среды, воздействующего на человека выделено 4 адреса в адресном пространстве.

Тип датчика шума производственной среды обозначен 4 битовой комбинацией в двоичном коде 0011.

Формат передачи данных для датчика вибрации, воздействующей на человека, представлен в таблице 9.

Таблица 9

Формат передачи данных для датчика вибрации, воздействующей на человека

Датчик вибрации производственной среды, воздействующий на человека	Адрес датчика в smart-каске	Тип датчика в smart-каске	Значение фактора
Количество бит	8 бит	4 бита	12 бит
Начальный адрес и тип датчика	0010 1000	0100	0 ... 4095 дискрет

В формате передачи данных для датчика вибрации, воздействующей на человека, выделен диапазон адресов 0010 1000 ... 0010 1111.

Всего в формате передачи данных для датчика вибрации, воздействующей на человека выделено 8 адресов.

Тип датчика вибрации, воздействующей на человека, обозначен в двоичном коде комбинацией 0100.

Формат передачи данных для датчика ударов и резких ускорений защитной smart- каски в информационных потоках интеллектуальной системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий представлен в таблице 10.

Таблица 10

Формат передачи данных для датчика ударов и резких ускорений защитной smart- каски в информационных потоках интеллектуальной системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий

Датчик ударов и резких ускорений защитной каски	Адрес датчика в smart-каске	Тип датчика в smart-каске	Значение фактора
Количество бит	8 бит	4 бита	12 бит
Начальный адрес и тип датчика	0011 0000	0101	0 ... 4095 дискрет

В формате передачи данных для датчика ударов и резких ускорений защитной smart- каски, выделен диапазон адресов 0011 1000 ... 0011 1011.

Всего в формате передачи данных для датчика ударов и резких ускорений защитной smart- каски выделено 4 адреса.

Тип датчика ударов и резких ускорений защитной smart-каска обозначен в двоичном коде комбинацией 0101.

Формат передачи данных для датчика освещенности производственной среды, в которой работает человек представлен в таблице 11.

Таблица 11

Формат передачи данных для датчика освещенности производственной среды, в которой работает человек

Датчик освещенности производственной среды, в которой работает человек	Адрес датчика в smart-каске	Тип датчика в smart-каске	Значение фактора
Количество бит	8 бит	4 бита	12 бит
Начальный адрес и тип датчика	0010 1000	0110	0 ... 4095 дискрет

В формате передачи данных для датчика освещенности производственной среды, в которой работает человек, выделен диапазон адресов 0011 1100 ... 0011 1111.

Всего в формате передачи данных для датчика освещенности производственной среды, в которой работает человек выделено 4 адреса.

Тип датчика освещенности производственной среды обозначен в двоичном коде комбинацией 0110.

Для обеспечения возможности в дальнейшем добавлять новые датчики в интеллектуальную систему мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий предусмотрены свободные адреса для измерения состояния производственной среды в диапазоне 0011 0000 ... 0011 1111 (всего 16 адресов) [3].

Формат передачи данных от Smart-каска на сервер сбора и обработки данных о физиологическом состоянии человека и параметрах производственной среды в информационных потоках интеллектуальной системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий представлен в таблице 12.

Таблица 12

Формат передачи данных от Smart-каска на сервер сбора и обработки данных о физиологическом состоянии человека и параметрах производственной среды

Инициализация	Адрес smart-каска	Указатель датчика пульса	Значение пульса	Указатель датчика электропроводности	Значение электропроводности
32 бита	16 бит	4 бита	12 бит	4 бита	12 бит
	0000 ... FFFF	0 ... F	000 ... FFF	0 ... F	000 ... FFF

Указатель датчика положения тела	Значение положения	Указатель датчика температуры тела человека	Значение температуры	Указатель датчика загазованности	Значение загазованности
4 бита	12 бит	4 бита	12 бит	4 бита	12 бит
0 ... F	000 ... FFF	0 ... F	000 ... FFF	0 ... F	000 ... FFF

Указатель датчика температуры производственной среды	Значение температуры производственной среды	Указатель датчика шума производственной среды	Значение шума производственной среды	Указатель датчика вибрации производственной среды	Значение вибрации производственной среды
4 бита	12 бит	4 бита	12 бит	4 бита	12 бит
0 ... F	000 ... FFF	0 ... F	000 ... FFF	0 ... F	000 ... FFF

Указатель датчика ударов и резких ускорений каски	Значение величины ускорения	Указатель датчика освещенности производственной среды	Значение освещенности	Контрольная сумма	Завершение обмена
4 бита	12 бит	4 бита	12 бит	8 бит	8 бит
0 ... F	000 ... FFF	0 ... F	000 ... FFF	00 ... FF	00 ... FF

Формат передачи данных объединяет данные от всех датчиков интеллектуальной системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий, установленных в интеллектуальной Smart-каске, носимой работником при выполнении производственной деятельности.

Инициализация передачи в формате передачи данных в информационных потоках интеллектуальной системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов определяется 32 байтами инициализации.

Затем в формате передачи данных от Smart-каска на сервер сбора и обработки данных следует адрес конкретной Smart-каска. Под адреса всех Smart-каска отведено 8 бит (1 байт). Всего в интеллектуальной системе мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий может быть подключено 256 Smart-каска.

Затем в последовательности формата передачи данных от Smart-каска на сервер сбора и обработки данных следует значение указателя типа датчика. Всего предусмотрено 16 типов датчиков физиологического состояния и параметров производственной среды.

Затем 12 бит в формате передачи данных содержат информацию величины измеряемого параметра от соответствующего датчика физиологического состояния или параметров производственной среды. Диапазон измерения параметра, фиксируемого датчиками, находится в пределах 000 ... FFF и составляет 4096 дискрет. При таком представлении погрешность дискретизации не превышает 0,025 %, что для системы мониторинга воздействия вредных и

опасных факторов на работников промышленных предприятий вполне допустимо.

Для проверки правильности передачи данных предусмотрен байт контрольной суммы. Передача данных завершается комбинацией окончания [4].

Также разработан фиксированный формат передачи данных, который отличается от предыдущего тем, что в нем нет указателя типа датчика. Предполагается, что последовательность датчиков в Smart-каска фиксирована.

Список литературы

1. Жученко И.П. Влияние микроклимата, тяжести труда и тепловой устойчивости организма на допустимую длительность работы человека / И.П. Жученко // Медицина труда и пром. экология. – 1993. – №3-4. – С. 17-18.

2. Измеров Н.Ф. Физические факторы производственной и природной среды. Гигиеническая оценка и контроль / Н.Ф. Измеров, Г.А. Суворов. – М.: Медицина. – 2003. – 560 с.

3. Гришаков К.В. Устройство мониторинга физиологических параметров работника во время трудового процесса / В.М. Панарин, А.А. Маслова, К.В. Гришаков // Безопасность труда в промышленности. – 2018. – № 5 – С. 66-70.

4. Гришаков К.В. Разработка системы сбора данных интеллектуальной системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий / В.М. Панарин, А.А. Маслова, К.В. Гришаков // Безопасность труда в промышленности. – 2019. – № 5 – С. 75-80.

АБИЕТАТ ЦИНКА И ЕГО СВОЙСТВА

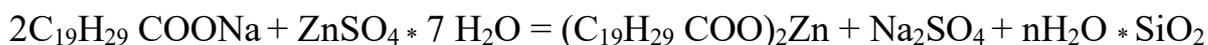
Е.И. Заживихина, С.А. Маркова, Д.А. Заживихин
Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова,
г. Чебоксары

Аннотация. В данной статье рассматривается биологическая роль микроэлемента цинка на обменные процессы животных. Выявлены и обоснованы необходимость в применении абиетата цинка в составе микроэлементного препарата «Сувар».

Среди биогенных стимуляторов важное место занимают препараты растительного происхождения и в свое время научное направление определили крупные ученые Чувашского госуниверситета В.В. Базыльчик, П.И. Федоров, в том числе научные сотрудники, доценты: Заживихина Е.И., Маркова С.А., Смирнова С.Н., Заживихин Д.А. и др. Огромный вклад в изучение химии смоляных кислот внес ученый, наш земляк И.И. Бардышев, им совместно с учениками разработан способ получения цинковых резинатов обменной реакцией при взаимодействии раствора канифольного мыла с раствором $ZnCl_2$ [1].

Цинк является одним из важных микроэлементов. Металл считается безвредным для человека и животных, но многие соединения цинка (оксид,

сульфат) не без оснований считаются токсичными. Цинк имеет несколько биологических функций. Установлено, что цинк – связывающая часть фермента крови, карбоангидразы. Карбоангидраза ускоряет высвобождение углекислого газа в легких. Этот микроэлемент необходим для поддержания иммунной системы. Анализируя литературные сообщения по классу терпеноидов (смоляные кислоты), за основу получения абиетата цинка был выбран способ получения резинатов (абиетатов) металлов методом осаждения, предложенный Эллингсоном (1914г.), И.И. Бардышевым, Г.В. Бронниковой (1975г). Смоляные кислоты при действии минеральных кислот легко изомеризуются в устойчивую абиетиновую кислоту. Нами синтезирован в лаборатории СКБ «Сувар» абиетат цинка по следующей схеме:



Препарат «Абиетат цинка» – порошок белого цвета, не растворим в воде, растворим в 0,4 % HCl, температура плавления (эксп.) = 203 °С, что согласуется с литературными данными. С положительными результатами были проведены научные исследования препарата на поросятах группы дорастивания по 10 голов в каждой 1,5 – месячного возраста породы Крупная Белая в СХПК «Оринино» Моргаушского района. По методу аналогов были подобраны две группы животных: контрольная (ОР) и опытная (ОР + абиетат цинка), препарат применяли в течение длительного времени в дозе 50 мг/кг живой массы. Проведенными исследованиями установлено положительное действие соли цинка абиетиновой кислоты на минеральный обмен веществ и физиологическое состояние, повышение резистентности и прироста живой массы на 13-15 % животных. Его потребление влияет на всасывание других металлов: железа, меди, кобальта, марганца, входящих в состав препарата «Сувар». Включение экологически чистых микроэлементных препаратов на основе смоляных кислот в основной рацион способствует нормализации минерального, белкового и углеводного обменов, увеличению продуктивности животных.

Список литературы

1. Федоров П.И., Насакин О.Е., Заживихина Е.И., Блохин Ю.И. В сборнике: *Современные проблемы химической науки фармации. Сборник материалов IV Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 80-летию со дня рождения В.В. Базыльчика 2015.* – С.5-6.
2. Читнаев Е.Л., Заживихина Е.И., Маркова С.А. *Неорганические вещества, их биологическая активность // Естественные науки: сегодня и завтра: Тезисы докладов юбилейной итоговой научной конференции.* – Чебоксары: Издательство Чувашского государственного университета, 1997. – С. 232-233.
3. Тремасов П.И., Заживихина Е.И., Маркова С.А., Ситулина И.Г., Киселев И.М. *Применение некоторых абиетатов металлов для повышения продуктивности в сельском хозяйстве // Естественные науки: сегодня и завтра:*

Тезисы докладов юбилейной итоговой научной конференции. – Чебоксары: Издательство Чувашского государственного университета, 1997. – С.229-231.

4. Заживихина Е.И., Маркова С.А. Изучение биологической роли препарата «Сувар» на телятах // Семейная медицина в современных условиях материалы научно-практической конференции Приволжского федерального округа. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2002. – С. 212-213.

5. Заживихина Е.И., Маркова С.А. Комплексное применение препарата «Сувар» с дезинфицирующим препаратом «Бальзам-ЭКБ» // Семейная медицина в современных условиях: материалы научно-практической конференции Приволжского Федерального округа. - Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2002. – С. 213-214.

6.Заживихина Е.И., Маркова С.А. Основные лесохимические продукты, используемые для МЭП // Наука в XXI веке: Тезисы докладов республиканской научно-практической конференции по химии. – Чебоксары: Изд-во Чувашского государственного университета, 2002. – С. 84-85.

7. Заживихина Е.И., Маркова С.А., Заживихин Д.А. Биологическая роль некоторых микроэлементов // Актуальные проблемы современного естествознания: Материалы Всерос. научно-практической конференции / под ред. Л.Н. Воронова, Н.В. Хураськиной, А.А. Шуканова. – Чебоксары: Чувашгоспедуниверситет им. И.Я. Яковлева, 2006. – С. 148-151.

8. Заживихина Е.И., Маркова С.А., Заживихин Д.А. Комплексное применение препарата «Бальзам-ЭКБ» с микроэлементным препаратом «Сувар» // Глобальные проблемы экологизации в Европейском сообществе: Сборник трудов Международной конференции, посвященной 10-летию образования Международного информационно-экологического парламента. – Казань, 28-29 сентября 2006. – С. 200-201.

9. Заживихина Е.И., Маркова С.А., Заживихин Д.А. Роль минеральных веществ и витаминов в питании животных // Экологические аспекты регионального инновационного устойчивого развития: Тез. Всер. научно-практ. конф. -Чебоксары, окт. 2006. – С.183-188.

10. Заживихина Е.И., Маркова С.А., Заживихин Д.А. О биологической роли абиеата натрия // Современные проблемы химии и защиты окружающей среды: Тезисы докладов региональной научно-практической конференции. 2007. – С. 94-95.

11. Маркова С.А., Заживихина Е.И. Изучение дезинфицирующей способности «Бальзам-ЭКБ» на телятах // Журнал экологии и промышленной безопасности. 2007, № 2 (32). – С. 75-76.

12. Заживихина Е.И., Маркова С.А., Никифорова Е.С. Количественное определение меди в органических объектах // Сб. материалов Всерос. научно-практ. конф. с междунар. участием «Наука и образование: теория и практика». – Чебоксары: Изд-во Чуваш. гос. пед. ун-та, 2012. – С.80-81.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРОИЗВОДСТВ

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРЕВЫШЕНИЯ НОРМАТИВОВ МУТНОСТИ РЕЧНОЙ ВОДЫ

А.В. Ялалетдинова, Е.А. Кантор

Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа

Аннотация. С помощью метода наименьших квадратов проведена оптимизация теоретической функции распределения мутности воды, в результате которой функция приобрела все свойства функции распределения (стала непрерывной и монотонно возрастающей на отрезке от 0 до 1). Полученные оптимизированные функции распределения мутности воды позволили оценить вероятности наступления любых практически значимых событий.

Природная вода представляет собой многофазную среду, содержащую различные примеси природного и антропогенного происхождения. Поэтому необходимо контролировать качество воды, особенно в периоды, характеризующиеся ухудшением некоторых технологических показателей, например мутности [1-3]. Оценка вероятности появления неблагоприятных событий, связанных с повышением мутности воды, может служить основанием для такого контроля [4, 5].

Ранее нами проведена обработка ежедневных статистических данных по мутности, зафиксированной в створе поверхностного водозабора с 1997 по 2014 гг. Статистическая обработка состояла из построения эмпирической функции распределения мутности в каждом месяце и ее аппроксимации полиномом третьей степени $F(x)$. Полученные для каждого месяца полиномы устанавливают закон распределения мутности и определяют вероятности любого значимого для практики события (например, превышения нормативов). Однако область определения теоретической функции распределения $F(x)$ ограничивалась значениями аргумента x , при которых функция обладала всеми свойствами функции распределения (монотонно возрастала и имела область значений от 0 до 1) [4, 5].

Полиномы, полученные стандартными методами *Excel*, не всегда удовлетворяют этим условиям [4, 5], поэтому нами решена задача оптимизации выбранной теоретической функции распределения $F(x)$. По принципу метода наименьших квадратов, путем минимизации суммы квадратов разностей, рассчитаны подходящие коэффициенты, при которых новая оптимизированная функции $F_o(x)$ имеет все свойства функции распределения (табл. 1).

По полученным оптимизированным функциям распределения мутности воды проведена оценка вероятности наступления любых значимых для практики событий (табл. 2).

Таблица 1
Оптимальные коэффициенты полиномов

Месяц	Коэффициенты полиномов вида $F_0(x) = a_4 \cdot x^4 + a_3 \cdot x^3 + a_2 \cdot x^2 + a_1 \cdot x + a_0$				
	a_4	a_3	a_2	a_1	a_0
Январь	0	-0,0036	-0,0443	0,4852	0
Февраль	0	-0,0069	-0,0505	0,5469	0
Март	-0,0003	0,0109	-0,1220	0,5795	0
Апрель	$1,0 \cdot 10^{-8}$	$-2,0 \cdot 10^{-6}$	0,00003	0,0142	0
Май	$-1,0 \cdot 10^{-8}$	$4,0 \cdot 10^{-6}$	-0,0006	0,0404	0
Июнь	$-4,0 \cdot 10^{-5}$	0,0026	-0,0464	0,3258	0
Июль	0	0,0017	-0,0421	0,3546	0
Август	0	0,0015	-0,0693	0,5033	0
Сентябрь	0,0855	-0,5457	0,9709	0,0238	0
Октябрь	0	0,0046	-0,0826	0,4920	0
Ноябрь	0	0,0003	-0,0131	0,1938	0
Декабрь	0	0,0015	-0,0400	0,3500	0

Таблица 2
Оценка вероятности превышения нормативов¹ по мутности воды в реке

Месяцы	Вероятность того, что норматив не будет превышен	Вероятность превышения норматив не более, чем в 2 раза	Вероятность превышения норматив не более, чем в 3 раза	Вероятность превышения норматива в 5 и более раз
	Интервал значений мутности, мг/дм ³			
	до 1,5	от 1,5 до 3	от 1,5 до 4,5	от 7,5 и более
Январь	0,616	0,343	0,340	- ²
Февраль	0,683	0,317	0,126	- ²
Март	0,630	0,278	0,362	- ²
Апрель	0,021	0,021	0,043	0,893
Май	- ²	- ²	0,111	0,730
Июнь	0,393	0,233	0,352	0,206
Июль	0,443	0,287	0,452	0,007
Август	0,604	0,322	0,393	- ²
Сентябрь	0,811	0,189	- ²	- ²
Октябрь	0,568	0,289	0,392	0,019
Ноябрь	0,262	0,209	0,372	0,159
Декабрь	0,440	0,290	0,460	0,000

¹ Норматив мутности воды составляет 1,5 мг/дм³.
² Данные недостоверны

Полученные оптимизированные полиномы не дают адекватных данных для количественной оценки рисков превышения нормативов, а значит, не могут быть использованы для оценки вероятности наступления любых событий.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России в сфере научной деятельности, номер для публикаций FEUR - 2020 - 0004 «Решение актуальных задач и исследование процессов в нефтехимических производствах, сопровождающихся течениями многофазных сред».

Список литературы

1. Ялалетдинова А.В. Статистические характеристики взаимосвязи мутности и расходов воды в реке, вызванных попусками водохранилища // Теоретическая и прикладная экология / А.В. Ялалетдинова, Л.В. Еникеева, М.Ю. Воздаева, Е.А. Кантор. – 2018. – №1. – С.33-42.

2. Харабрин А.В. Об изменении мутности, цветности, перманганатной окисляемости и рН воды реки Уфы // Башкирский химический журнал / А.В. Харабрин, С.В. Харабрин, Л.И. Кантор, Е.А. Кантор, М.С. Клявлин. – 2003. – Т. 10. – № 3. – С. 80-81.

3. Харабрин А.В. Сопоставление показателей качества воды реки Уфа по мутности, цветности, окисляемости и рН в створах городских водозаборов // Башкирский химический журнал / А.В. Харабрин, С.В. Харабрин, Л.И. Кантор, Е.А. Кантор, М.С. Клявлин. – 2003. – Т. 10. – № 3. – С. 82-83.

4. Ялалетдинова А.В. Оценка превышения допустимых значений мутности воды в реке Уфа для февраля // Мат-лы 69-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ / А.В. Ялалетдинова, Л.В. Еникеева, И.И. Белолипцев, М.Ю. Воздаева. - Уфа: Издательство УГНТУ, 2018. – Книга 2. – с. 680.

5. Yalaletdinova A.V., Beloliptsev I.I., Galimova Y.O., Vozhdaeva M.Yu., Kantor E. A. Probability analysis of water quality by turbidity // 2019 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 315, 062019 (<https://doi.org/10.1088/1755-1315/315/6/062019>).

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ХИМИКО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РИЗОСФЕРЕ

В.А. Четырбоцкий

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
г. Москва

Аннотация. Рассмотрены современные математические модели динамики системы «удобрение-почва-растение», составляющими которых выступают: растение сельскохозяйственного назначения, микроорганизмы ризосферы (прикорневой зоны растений), элементы минерального питания растений. На основании анализа принятых положений разработана модель, в которой учитываются взаимосвязи и определенный согласованный характер совместных изменений ее составляющих. На посевах яровой пшеницы выполнены параметрическая идентификация и оценка адекватности разработанной модели. Выполнены вычислительные эксперименты по загрязнению почв сельскохозяйственного назначения тяжелым металлом – кадмием, как одним из наиболее высокотоксичных и распространенных в агроценозе. Дана интерпретация полученных результатов.

Для обеспечения высокого плодородия почвы, оптимизации цикла выращивания урожая культур сельскохозяйственного назначения, а также прогноза их состояния актуальна задача построения модели совместной динамики составляющих элементов почвы [1]. Ее многофакторность обуславливает рассмотрение изменений, как правило, только отдельных фаз [2-5]. За рамками рассматриваемых моделей оказываются проблемы согласования совместной динамики биомассы растений и распределенных в ризосфере (прилегающая к корням растений узкая зона почвы) элементов минерального питания.

Кадмий (Cd) входит в группу токсичных тяжелых металлов (ТМ), особенностью которого является стремление к накоплению в почве и далее в растениях [6]. Затем по трофической цепочке он накапливается в организмах животного мира и человека, что создает техногенную угрозу жизни народонаселения. Интенсивные выбросы промышленности, транспорта и использование различных химических средств (в том числе и удобрений) привели к накоплению ТМ на значительных территориях, что отрицательно влияет на почву, растения и другие живые организмы, и, как следствие, возрастанию фоновому уровню тяжелых металлов в биосфере [7-9].

Цель работы состоит в разработке компьютерной модели системы «удобрение-почва-растение», параметрическая идентификация и оценка адекватности разработанной модели, а также создание алгоритма оценки состояния почвы после внесения в нее удобрений с различным содержанием в них тяжелых металлов.

При построении модели принимались следующие допущения:

1. Удельный прирост в единицу времени биомассы $\{B_k, k = 1 \div 8\}$ определяется ее естественным приростом, внутривидовой конкуренцией и текущим содержанием в ризосфере элементов питания растения;
2. Удельный прирост содержаний элементов питания $\{C_{i,k} i = 1 \div 6, k = 1 \div 8\}$ в растении пропорционален их текущим содержаниям в ризосфере (допускается влияние на этот прирост остальных элементов);
3. Коэффициенты уравнений не зависят от опытов;
4. Модель охватывает весь вегетационный период растения, где временной масштаб составляет сутки.

Согласно принятым допущениям модель совместной динамики биомассы растения и элементов его питания принимает вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dB_k}{dt} = [a_{0,1} - a_{0,2}B_k + \sum_{i=1}^6 (a_{i,1} \varpi_{i,k,0} - a_{i,2} \varpi_{i,k})] B_k \\ \frac{d\varpi_{i,k}}{dt} = \sum_{j=1}^6 (b_{i,j} \varpi_{j,k,0} - d_{i,j} \varpi_{j,k}) B_k \\ B_k(0) = B_{k,0} \text{ и } \varpi_{i,k}(0) = \varpi_{i,k}^{(0)} \end{array} \right. ,$$

где $i=1\div 6$ и $k=1\div 8$; $a_{0,1}$ коэффициент естественного прироста; $a_{0,2}$ характеризует внутривидовую конкуренцию; $\{q_{i,k,0}, i = 1 \div 6, k = 1 \div 8\}$ начальное содержание элементов питания в ризосфере; $\{a_{i,1}, a_{i,2}, i = 1 \div 6\}$ характеризуют доступность элементов ризосферы и их динамику перехода из ризосферы в растение; $\{b_{i,j}, d_{i,j}, i, j=1\div 6\}$ характеризует влияние элементов ризосферы на потребление растением элементов его питания; $\{V_{k,0}, k = 1 \div 8\}, \{q_{i,k}^{(0)}, i = 1 \div 6, k = 1 \div 8\}$ начальные значения биомасс и содержаний в растении элементов его питания.

Оценка адекватности модели выполнялась на основании коэффициента корреляции, который оказался равен 0.9. Такие высокие значения указывают на хорошее соответствие модели изучаемому процессу. На рис.1 изображены выборочные и модельные распределения выноса Cd надземной частью биомассы растений.

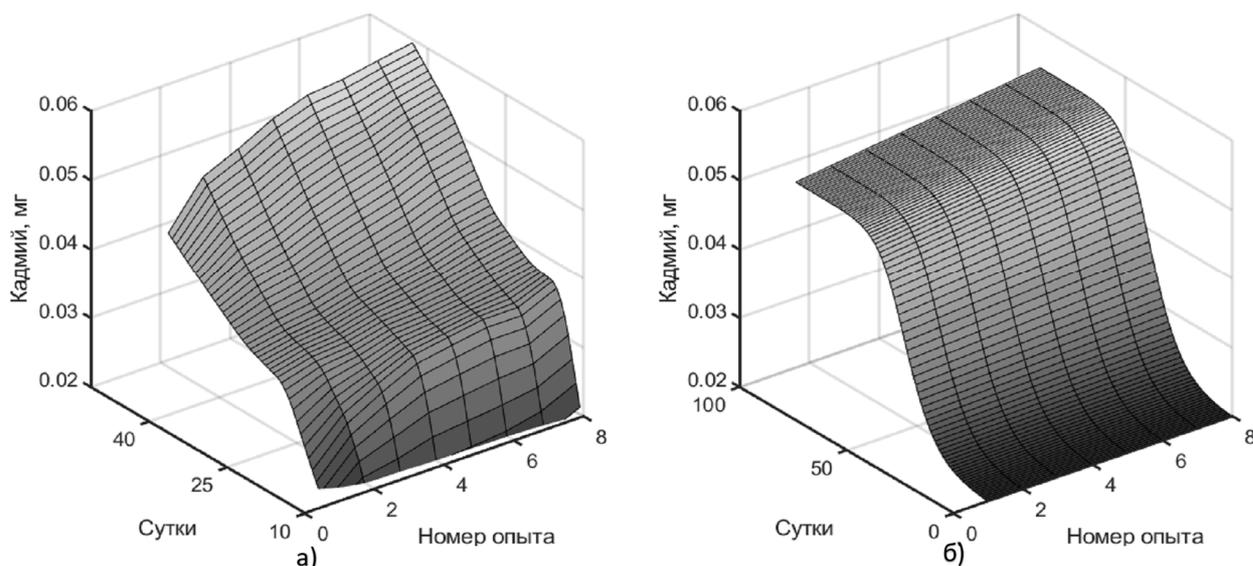


Рис.1. Выборочные (а) и модельные (б) распределения выноса Cd надземной частью биомассы растений

На основании представленной модели была разработана методика оценивания загрязнения почв и растений тяжелыми металлами (ТМ) при внесении в почву минеральных удобрений (МУ), поскольку фосфатные и калийные руды являются основными составляющими МУ, которые аккумулируют ТМ в процессе своего формирования. В частности, Cd, одного из высокотоксичных ТМ.

Проблема очистки почв с помощью СХ растений является основной задачей «зеленой биотехнологии» [10], принятой Международным Конгрессом по биотехнологии. На основании полученных распределений была выполнена оценка периода допустимого по действующим нормам Российской Федерации разрешенного внесения МУ, которые соответствуют законодательному акту предельно допустимых концентрации веществ в почве (ПДК). Результаты экспериментов показывают, что сельскохозяйственные (СХ) почвы нельзя будет эксплуатировать при использовании сильнозагрязненных (20 мг Cd/кг P_2O_5) удобрений на протяжении 55 лет внесения, среднезагрязненных (40 мг Cd/кг P_2O_5) – 89, слабозагрязненных (60 мг Cd/кг P_2O_5) – 271.

Благодарности: Авторы выражают признательность Четырбоцкому А.Н. за неоценимый вклад и подробное консультирование в области моделирования биологических систем.

Список литературы

1. Ризниченко Г.Ю. Математические модели биологических продукционных процессов / Г.Ю. Ризниченко, А.Б. Рубин. – М.: Изд-во МГУ, 1983. – 302 с.
2. Торнли Дж. Г.М. Математические модели в физиологии растений / Дж. Г.М. Торнли. – Киев.: Наук. думка 1982. – 312 с.
3. Свирежнев Ю.М. Нелинейные волны, диссипативные структуры и катастрофы в экологии / Ю.М. Свирежнев. – М.: Наука, 1987. – 368 с.
4. Mirray J.D. *Mathematical Biology* / J.D. Mirray. – В.: Springer, 2007. – 574 p.
5. Schmidt B. *The art of Modeling and Simulation*. SCS-Europe BVBA / B. Schmidt. – Chent, 2001. – 480 p.
6. Колесников В.А. Оценка содержания тяжелых металлов (свинец и кадмий) в семенах перспективных кормовых растений / В.А. Колесников, А.А. Аветисян // Вестник КрасГау, биол.науки, № 4, 2014. – С.10-14
7. Соколов О.А. Экологическая безопасность и устойчивое развитие. Кн. 1. Атлас распределения тяжелых металлов в объектах окружающей среды / О.А. Соколов, В.А. Черников. – М.; Пушино, ОНТИ ПНЦ РАН, 1999. – 164 с.
8. Водяницкий Ю.Н. Загрязнение почв тяжелыми металлами и металлоидами / Ю.Н. Водяницкий. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2017. – 192 с.
9. Казнина Н.М. Влияние кадмия на некоторые физиологические показатели растений ячменя в зависимости от их возраста / Н.М. Казнина, А.Ф. Титов, Г.Ф. Лайдинен, Ю.В. Батова // Труды Карельского научного центра РАН № 2. – 2010. – С. 27-31
10. Barcelos M. *The colours of Biotechnology: general overview and developments of White, Green and Blue areas* / M. Barcelos, F.B. Lupki, G.A. Campolina, D.L. Nelson // *FEMS Microbiology Letter*, 365(21). 2018. – P. 1-12.

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГРУЗОПОДЪЁМНОГО МЕХАНИЗМА

А.В. Щербинин, В.И. Доманов

Ульяновский государственный технический университет,

г. Ульяновск

Аннотация. Предлагается использовать датчик ускорения для вычисления координат момента двигателя, скорости перемещения и угла смещения. Проведен синтез системы подчинённого регулирования с адаптацией к режимам работы. Проведено наблюдение за поведением системы при изменениях в регуляторе угла отклонения.

Ключевые слова: электропривод, датчик ускорения, подчинённое регулирование, адаптация, демпфирование колебаний.

Введение

Интенсивное развитие транспорта, строительной и грузоподъёмной техники требует создания современных систем управления, сокращающих время перегрузки при существенных ограничениях. Эти вопросы с разных позиций рассматривались в [1,2] и др. Развитие преобразовательной техники и создание новых чувствительных элементов (датчиков) позволяет решать эти задачи на современном техническом уровне. Во многих грузоподъёмных машинах используются асинхронные двигатели (АД), регулирование и контроль координат которых простыми методами затруднён. Рассмотрим задачу синтеза системы управления перемещением с ограничением раскачивания груза. Для этого случая механическая система представляет собой физический маятник (рис. 1). Уравнения, описывающие такую систему, [1]:

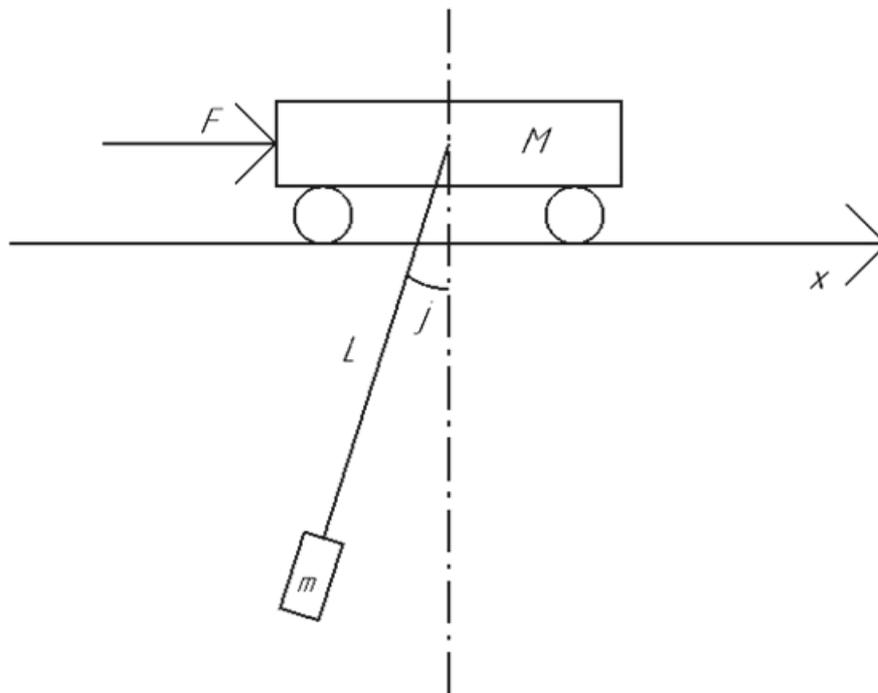


Рис. 1. Схема перемещения тележки с грузом: M – масса тележки; m – масса груза; L – длина подвеса; F – сила, приложенная к тележке; j – угол смещения груза от вертикали

$$(M + m)\dot{v} - mLj' = F \quad (1)$$

$$J_{гр}j' + mgLj = mL\dot{v} \quad (2)$$

Где v – скорость тележки; $J_{гр}$ – момент инерции груза; g – ускорение силы тяжести.

В выражениях (1), (2) не учтены сила трения при движении тележки и сила сопротивления груза. В первом приближении будем считать их пропорциональными скоростям соответствующих масс. Допустим, что момент инерции груза относительно точки подвеса определяется выражением

$$J_{гр} = mL^2 \quad (3)$$

С учётом (3) и сил сопротивления уравнения (1), (2) после упрощения принимают вид:

$$Mvp = F - m(vp - Ljp^2) - vK_{тр2} \quad (4)$$

$$j(Lp^2 + K_{тр1}p + g) = vp \quad (5)$$

Где p – оператор Лапласа; $K_{тр1}, K_{тр2}$ – коэффициенты трения для m и M соответственно.

На основе уравнений (4), (5) с учётом описания АД при амплитудном управлении [3] можно составить разомкнутую структурную схему перемещения тележки (рис. 2).

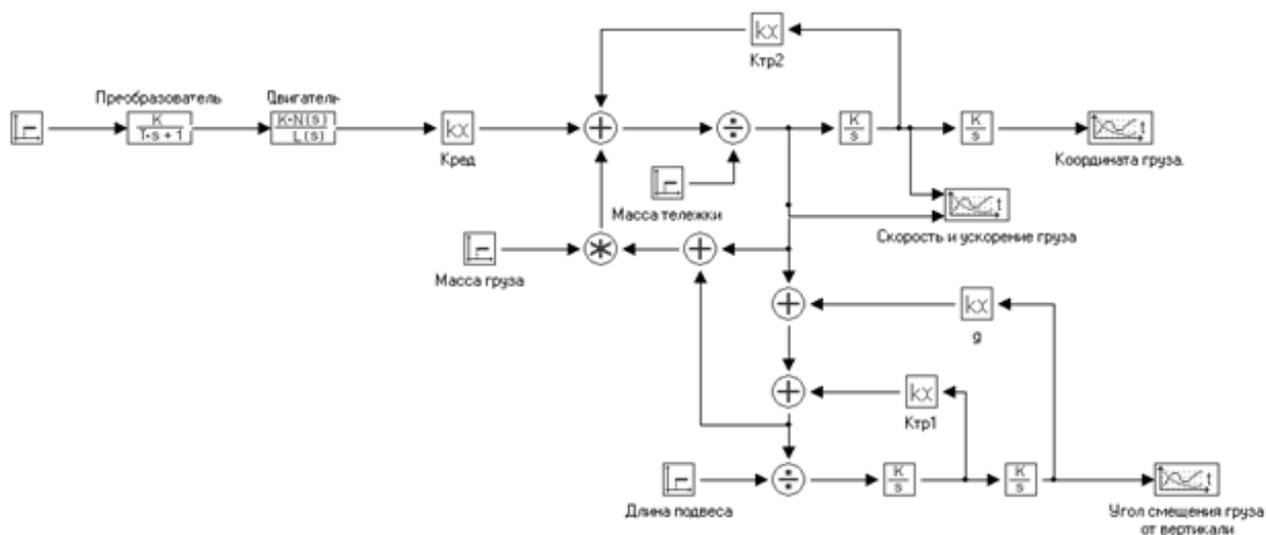


Рис. 2. Структурная схема разомкнутого электропривода: $K_{ред}$ – коэффициент редуктора

Для упрощения структуры определим передаточную функцию $W_X(p)$ цепи от F до v .

$$W_X(p) = 1/M \times g + K_{тр1}p + Lp^2/ag + aK_{тр1}p + Lp^2 \quad (6)$$

$$\text{Где } a = 1 + m/M$$

Из выражения (6) видно, что при $m \ll M$ (перемещение без груза) передаточная функция обращается в единицу, а наличие груза (m) приводит к появлению колебательного переходного процесса (раскачиванию). В целях создания замкнутой системы управления используем датчик ускорения. Для адаптации системы необходимо контролировать массу груза m и длину подвеса L . Особенностью предлагаемой системы является многофункциональное использование датчика ускорения, в частности для косвенного измерения электромагнитного момента двигателя, угла смещения груза и скорости перемещения тележки. Рассматриваемые координаты связаны следующими передаточными функциями:

$$M_{дв} = 1/K_{ред} \times 1/W_X(p) \times \dot{v} = W_M(p)\dot{v}; \quad (7)$$

$$j = 1/g + K_{тр1}p + Lp^2 \times \dot{v} = W_j(p)\dot{v}; \quad (8)$$

$$v = K_v/T_v p + 1 \dot{v} = W_v(p)\dot{v}; \quad (9)$$

Где K_v и T_v – коэффициент и постоянная времени аperiodического звена.

В результате вычисления сигналов $M_{дв}, j, v$ можно создать структуру подчинённого регулирования электропривода перемещения с адаптацией под конкретный режим работы (рис. 3).

В [3] отмечено, что динамические свойства такой системы можно оценить только в области «малых» отклонений из-за существенных нелинейностей характеристик АД. Расчёт регулятора момента РМ можно выполнить в соответствии с методикой [3]. В этом случае передаточные функции регулятора $W_{PM}(p)$ и замкнутого контура момента $W_{KM}(p)$ имеют вид

$$W_{PM}(p) = T_0^2 p^2 + 1/T_{\Phi M}^2 p^2 + 2 \times T_{\Phi M} p + 1 \times 1/T_{IM} p; \quad (10)$$

$$W_{KM}(p) = 1/K_M / (2T_{m1} p (T_{m1} p + 1) + 1) \gg 1/K_M / T_M p + 1 \quad (11)$$

Где $T_{\Phi M} = T_0 / (2, 3)$ – постоянная времени фильтра регулятора момента; $T_{m1} = T_1 + T_{пр} + 2 \times T_{\Phi M}$ – сумма малых постоянных контура регулирования момента; $T_M = 2T_{m1}$; $T_{IM} = 2K_d(T_1 + T_{пр})K_{пр}K_M$ – постоянная времени интегрирования регулятора момента; K_M – коэффициент обратной связи по моменту.

Проведём расчёт регулятора смещения P_j . Неизменяемая часть контура регулирования (объекта) с учётом звеньев $W_{KM}(p)$, $W_X(p)$ и $W_j(p)$ описывается выражением:

$$W_{об}(p) = W_{KM}(p)W_X(p)W_j(p)K_{ред}K_j \quad (12)$$

Где K_j – коэффициент обратной связи по углу смещения.

Используя методику расчёта предыдущего контура, получаем следующие выражения передаточных функции регулятора $W_{Pj}(p)$ и замкнутого контура $W_{Kj}(p)$ [4]:

$$W_{Pj}(p) = Lp^2 / ag + K_{тр1}p / g + 1 / (T_{\Phi j}^2 p^2 + 2 \times T_{\Phi j} p + 1) \times 1 / T_{Иj} p; \quad (13)$$

$$W_{KM}(p) = 1/K_j / (T_{m2}^2 p^2 + 2 \times T_{m2} p + 1) \gg 1/K_j / T_j p + 1; \quad (14)$$

Где $T_{\Phi j} = \sqrt{L/ag} / (2, 3)$ – постоянная времени фильтра регулятора угла смещения; ; $T_{m2} = T_M + 2 \times T_{\Phi j}$; $T_{Иj} = 2T_M g a K_j K_{ред} / (K_M M)$ – постоянная времени интегрирования регулятора угла смещения;

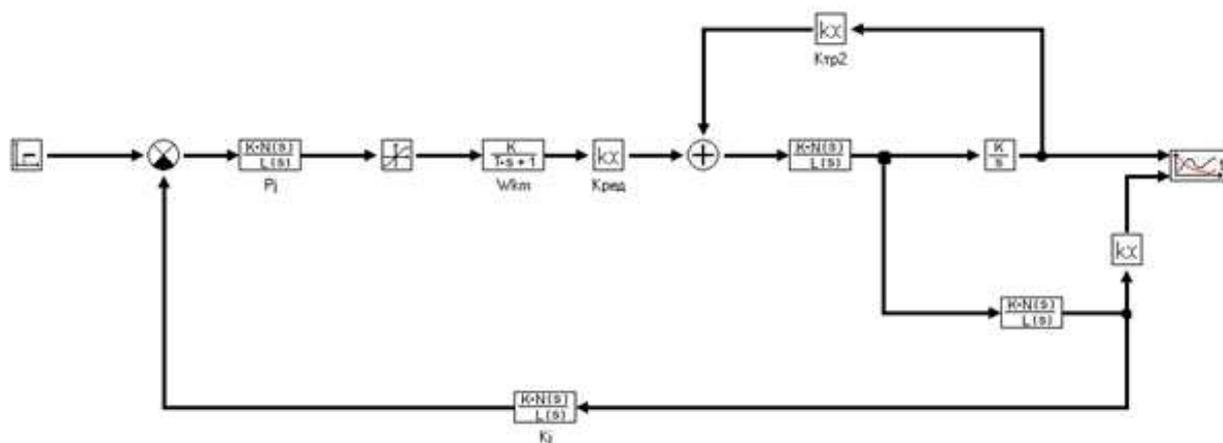


Рис. 3. Структурная схема подчинённого регулирования электропривода перемещения груза: P_j – регулятор угла отклонения, K_j – коэффициент обратной связи по углу смещения

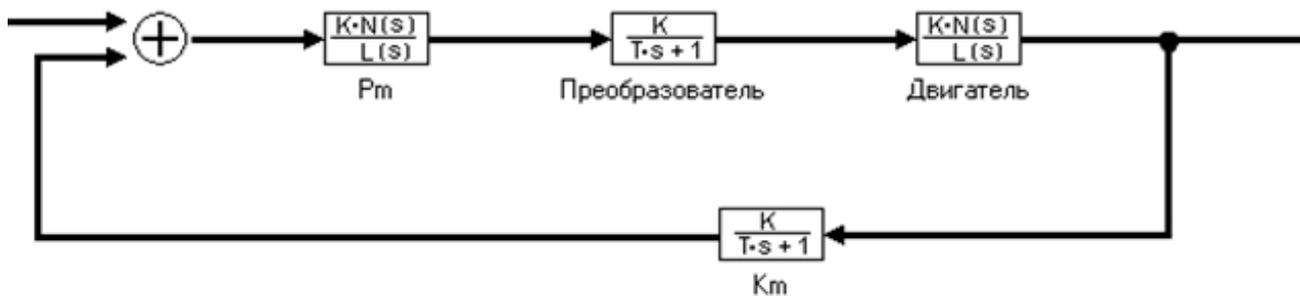


Рис. 4. Модель двигателя передаточной функции W_{KM} .

На основе этой схемы было проведено моделирование исследуемого электропривода перемещения с сигналом обратной связи (рис. 5). Наблюдения за системой при изменениях коэффициентов в регуляторе P_j показали:

1) Увеличение коэффициентов регулятора приводит к уменьшению амплитуды колебания угла отклонения и снижению максимальной скорости. Уменьшение коэффициентов приводит к раскачиванию системы.

2) При a_0 равной 1 система начинает раскачиваться. При значении 0.1 система входит в идеальное состояние. Увеличение этих параметров на 10 % приводит к возникновению колебаний. При уменьшении их на 10 % наблюдается «сплющивание» переходных процессов скорости и угла отклонения.

3) При изменении коэффициента a_1 не наблюдается изменений в переходных процессах. При увеличении коэффициента a_2 наблюдаются небольшие изломы переходных процессов «угла отклонения» при значениях 0.08.

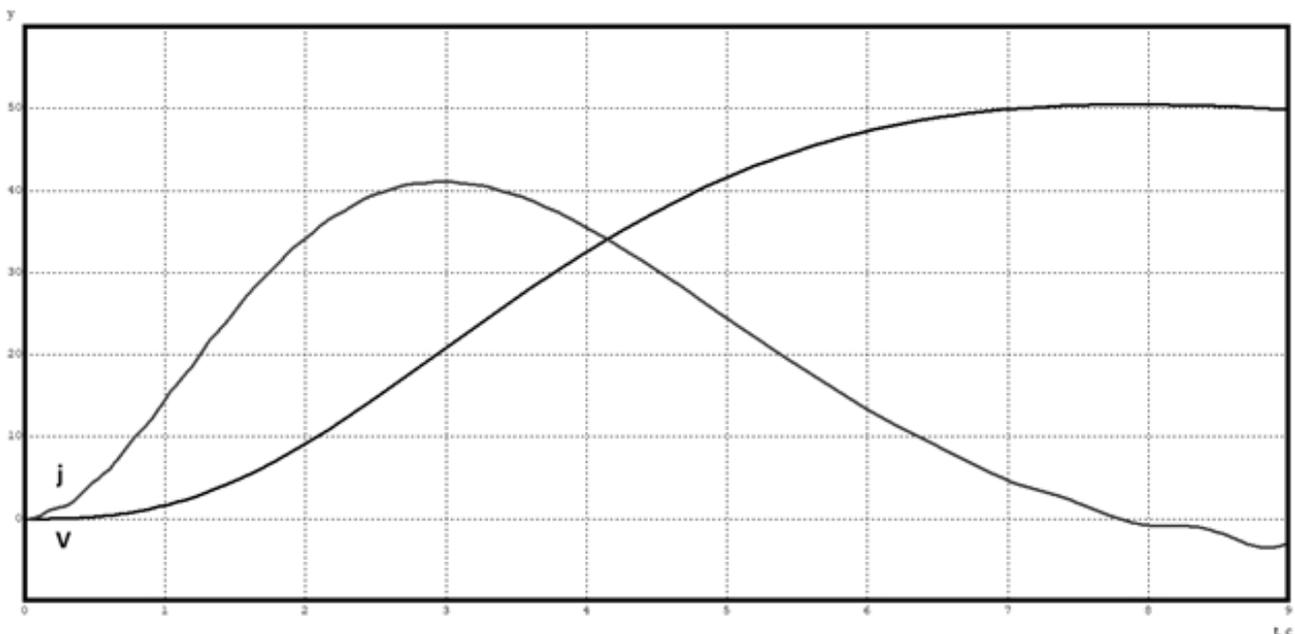


Рис. 5. Переходные процессы в системе при пуске с обратной связью по j

4) При увеличении коэффициента b_1 наблюдается уменьшение амплитуды «угла отклонения» и изменение вида переходных процессов, при уменьшении этого коэффициента наблюдается появление колебаний в высшей точке переходных процессов.

5) При увеличении коэффициента b_2 наблюдается «скругление» переходных процессов, при уменьшении – появление колебаний.

6) При увеличении коэффициента b_3 наблюдается появление «помех» на переходном процессе «угла отклонения», а при уменьшении – наблюдается уменьшение амплитуды «угла отклонения» и изменение вида переходных процессов.

Ограничение момента в рассматриваемой структуре реализуется за счёт контроля уровня выходного сигнала регулятора угла смещения. Видно, что введение обратной связи по φ позволяет практически исключить колебательность. Регулятор φ в этом случае выполняет роль управляемого задатчика интенсивности для координаты момента. Оптимальный процесс достигается, когда плавный пуск осуществляется с постоянным ускорением. В процессе эксплуатации изменяются значения m и L . По сигналам соответствующих датчиков происходит перестройка вычислителей координат $M_{дв}$ и φ и параметров регуляторов P_M и P_φ . Таким образом, можно осуществить управление тележкой в различных условиях работы с ограничением раскачивания и оптимальным по ускорению процессом движения.

Список литературы

1. Черноусько Ф.Л. Управление колебаниями / Ф.Л. Черноусько, Л.Д. Акуленко, Б.Н. Соколов. – М.: Наука, 1980.
2. Герасимьяк Р.П. Динамика асинхронных электроприводов крановых механизмов / Р.П. Герасимьяк. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
3. Справочник по автоматизированному электроприводу / Под. Ред. В.А. Елисеева, А.В. Шинянского. – М.: Энергоатомиздат, 1983.
4. Муллин И.Ю. Синтез системы управления грузоподъёмными машинами / В.И. Доманов, А.В. Доманов, И.Ю. Муллин // Электротехника. – 2012. – №2. – С. 37-41.
5. Белов, М.П. Инжиниринг электроприводов и систем автоматизации: учебное пособие для студентов высших учебных заведений [Текст] / М.П. Белов, О.И. Зементов, А.Е. Козярук [и др.]; под ред. В.А. Новикова, Л.М. Чернигова. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 368с.
6. Беспалов, В.Я. Электрические машины: учеб. Пособие для студентов высш. учебных заведений [Текст] / В.Я. Беспалов, Н.Ф. Котеленец. – 3-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 320 с.
7. Москаленко В.В. Системы автоматизированного управления электропривода: учебник [Текст] / В.В. Москаленко. – М.: ИНФРА-М, 2007. – 208с.
8. Терехов В.М. Системы управления электроприводов / В.М. Терехов, О.И. Осипов. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 304 с.
9. Башарин А.В. Управление электроприводами: учебное пособие для вузов / А.В. Башарин, В.А. Новиков, Г.Г. Соколовский. – Л.: Энергоиздат, 1982. – 392 с.
10. Никитенко Г.В. Электропривод производственных механизмов: учебное пособие; СГАУ – Ставрополь, 2012. – 240 с.

ЗАДАЧА ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ СЛОИСТЫХ НЕФТЯНЫХ ПЛАСТОВ

С.П. Плохотников, С.Р. Еникеева, Куан Минь Тхо, А.Я. Аль Джабри
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет»,
г. Казань

Аннотация. Рассмотрены усредненные модели двухфазной фильтрации в пластах, обладающих слоистой неоднородностью породы по вертикали и зональной неоднородностью по горизонтали одновременно. Проведен сравнительный анализ численных решений осредненных двумерных моделей с модифицированными относительными фазовыми проницаемостями и лабораторными фазовыми проницаемостями с решениями на трехмерной модели.

Математические постановки задач аэромеханики, гидромеханики, теории фильтрации, и др. базируются на общих теоремах динамики сплошных сред (см. [1]). Они определены системами дифференциальных уравнений второго порядка в частных производных эллиптического и параболического типов с краевыми условиями первого и второго рода. Иногда встречаются и гиперболические уравнения. При численной реализации практических задач разработки нефтяных и газовых месторождений часто решают вопросы усреднения физических параметров уравнений трехмерной системы и перехода к усредненным математическим моделям меньшей размерности.

Модели меньшей размерности используют так же в задачах о распространении волн в случайно-неоднородных средах, – в частности, в атмосфере и океане. Учет неоднородности среды при этом может быть проведен методами усреднения. Тогда для процесса, в котором средние характеристики среды зависят только от вертикальной координаты, задача существенно упрощается.

Практический интерес представляют расчеты нефтяных и газовых месторождений, в которых пласты неоднородны по абсолютной проницаемости породы. Особенно интересен случай, когда неоднородность задана одновременно, как по толщине, так и по простиранию, что обусловлено реальным физическим строением некоторых многослойных пластов (см, например, работы [2-5]). Функцию абсолютной проницаемости (ФАП) пористой среды в общем виде для таких пластов зададим в мультипликативном виде формулой

$$K(x, z) = a(z) \cdot k(x) \quad (1)$$

При этом абсолютную проницаемость каждого вертикального слоя такого пласта задаем формулой

$$K_i(x) = \bar{a}_i \cdot k(x) \quad (i = \overline{1, n}), \quad (2)$$

где $k(x)$ – среднее значение по толщине пласта функции зональной неоднородности абсолютной проницаемости, которая представима в аналитическом или кусочно-непрерывном видах. Эту функцию можно задавать и от двух аргументов – x, y . Безразмерный параметр $a(z)$, учитывающий послойную неоднородность по толщине слоев (их количество равно n), задаем конкретным

вероятностным рядом в виде таблицы значений $\bar{a}_i, P_i, (i = \overline{1, n})$. Этот ряд может подчиняться произвольному вероятностному закону. Тогда все расчетные формулы для модифицированных относительных проницаемостей усредненных моделей C, B , предложенные в работах [3] – [6], математически имеют место и для этого случая задания функции абсолютной проницаемости в виде (1). Конкретные численные расчеты проводили для равномерного вероятностного закона распределения для параметра $a(z)$ для десятислойного пласта, где $n=10$. Зональную неоднородность по абсолютной проницаемости породы (это есть средняя величина по толщине пласта) определяем формулами

$$k(x) = (1+9x)/5.5, \text{ или } k(x) = (10-9x)/5.5 \quad (3)$$

Для каждой из них зональная неоднородность $k(x)$ изменяется по всей длине пласта в 10 раз. Абсолютную проницаемость каждого из 10 слоев по всему вертикальному разрезу пласта задаем формулой (2).

В расчетах применяли три математические модели двухфазной фильтрации в рамках модели Баклея – Леверетта. Простейшая осредненная модель, – это модель C (средняя), в ней применяются исходные лабораторные $K_g(S), K_h(S)$ и средняя абсолютная проницаемость по толщине $k(x)$ в каждом вертикальном сечении многослойного месторождения. Наряду с этой моделью применяли модель B , основанную на поправочных коэффициентах и схеме струйного вытеснения. В ней используют модифицированные проницаемости $K_g^M(S), K_h^M(S)$, полученные на основе коррекции лабораторных проницаемостей определенными поправочными коэффициентами. Их формулы были обобщены на общий нелинейный случай вида лабораторных относительных проницаемостей в работах Плохотникова С.П., Богомолова В.А. (см. [3-6]).

Решаем задачу двухфазной фильтрации для полосообразного десятислойного нефтяного пласта, который разрабатывается тремя скважинами в элементе заводнения. Из них центральная – нагнетает в пласт воду, а слева и справа симметрично от нее работают по 1 добывающей скважине при заданном перепаде давления. В результате решения получено полностью симметричное относительно центра вытеснение нефти при двухфазной фильтрации.

Был рассмотрен случай равномерного закона задания параметра $a(z)$ учета слоистой вертикальной неоднородности пласта, (для коэффициента вариации неоднородности $V=0.55$).

В расчетах применяли стандартные функции лабораторных относительных проницаемостей (ФОП) воды и нефти (см. [8]) вида

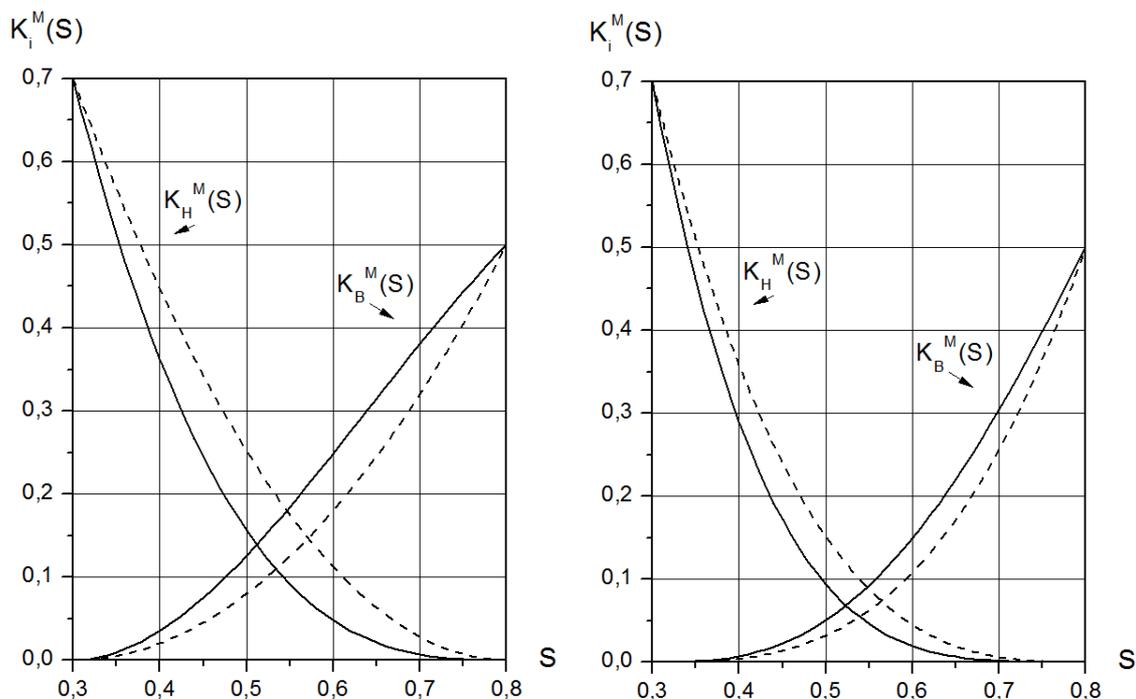
$$K_B(S) = K_{B_0} \cdot [S_{II}(s)]^\alpha, K_H(S) = K_{H_0} \cdot [1 - S_{II}(s)]^\beta,$$

$$\text{где } S_{II}(S) = \frac{S - S_*}{S^* - S_*}, \quad \alpha = \beta = 1,23$$

При этом модифицированные проницаемости для равномерного закона имели вид (см, например, [3] – [6])

$$K_g^M(S) = K_g(S) \cdot [1 + V\sqrt{3} \cdot (1 - S_{II}(S))] , \quad K_h^M(S) = K_h(S) \cdot [1 - V \cdot \sqrt{3} \cdot S_{II}(S)]$$

Их графики приведены на рисунке.



Даны графики для равномерного закона при квадратичных и кубических (справа) лабораторных и их модифицированных ОП

Математическая постановка трехмерной (x, y, z) -задачи двухфазовой фильтрации с известными краевыми условиями приведена в работах [4] – [8]. Там же приведены все физические параметры пористой среды и жидкостей, которые использовали для расчетов в данной работе. Численные расчеты производились на гидродинамическом симуляторе Tempest фирмы Roxar ([7Ошибка! Источник ссылки не найден.]) в организации ТатНИПИнефть г. Бугульма.

По результатам данной работы можно сделать следующие выводы:

- характер течения двухфазной изотермической фильтрации и значения показателей разработки в многослойном пласте зависят от взаимного расположения слоев по толщине, наличия их гидродинамической связи, а также аналитического вида лабораторных функций $K_o(S), K_n(S)$;

- предложенные формулы ФАП (1), (2) и проведенный вычислительный эксперимент определяют положительно вопрос верификации двух усредненных моделей B и C , которые можно применять для расчетов двухфазной фильтрации в многослойных пластах, обладающих слоистой неоднородностью по вертикали и зональной неоднородностью по горизонтали одновременно по абсолютной проницаемости породы;

- результаты работы существенно расширили рамки применимости метода модифицированных проницаемостей на основе поправочных коэффициентов при наличии допущения о струйности течения в многослойном пласте и в сложных многослойных пластах в задачах математического моделирования нефтедобычи в подземной гидромеханике и теории разработки.

Список литературы

1. Лагранж Ж.Л. Аналитическая механика / Ж.Л. Лагранж Под ред. Л.Г. Лойцянского и А.И. Лурье. – М. – Л., Гостехиздат, 1950. – Т.1. – 598с.

2. Ахмад Р.К. Решение одной задачи усреднения коэффициентов системы эллиптических и параболических уравнений / Р.К. Ахмад, С.П. Плохотников, С.В. Никифорова, А.Я.А. АльДжабри // Вестник КНИТУ им. А.Н. Туполева. 2019. – № 1. – С.30-36.

3. Ахмад Р.К. Верификация осредненных моделей двухфазной фильтрации / Р.К. Ахмад, С.П. Плохотников, Ф.А. Галимянов, Аль Джабри Адель Яхья Али, Казанский национальный исследовательский технологический университет, КНИТУ, Вестник технологического университета. – 2019. – Т.22, №1. – С.97-99.

4. Plokhonnikov S.P. Hydrodynamic calculations of layered seams on the basis of modified relative permeabilities / V.V. Eliseenkov, S.P. Plokhonnikov // Journal of Applied Mechanics and Technical Physics. – Springer. – 2001. – Vol. 5, – pp. 833-838.

5. Plokhonnikov S.P. Mathematical Averaging of Coefficients of System of Elliptic and Parabolic Equations in Continuum Mechanics / S.P. Plokhonnikov, V.A. Bogomolov, R.Kh.Nizaev, O.I. Bogomolova, P.V. Malov // Lobachevskii Journal of Mathematics. – Springer. – 2019. - Vol.40, No 5, - pp. 553 – 561.

6. Plokhonnikov S.P. Verification of two averaged models of three-phase filtration in inhomogeneous layers of oil reservoirs, obeying uniform distribution / S.P. Plokhonnikov, V.A. Bogomolov, I.T. Salimyanov, A. Ya. Al Jabri and A.R. Kamal // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1328 (2019) 012062, P.1 – 6. doi:10.1088/1742-6596/1328/1/012062.

7. Tempest-MORE. Руководство пользователя, версия 6.3, Roxar, 2006. – 373 с.

8. «Методические указания по созданию постоянно действующих геолого-технологических моделей нефтяных и газонефтяных месторождений. (Часть 2. Фильтрационные модели)». – М.: ВНИИОЭНГ, 2003. – 228 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ВОДОИЗОЛЯЦИОННЫХ РАБОТ

Р.Н. Якубов

Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева,
г. Москва

Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа

Аннотация. Автором рассматриваются методики моделирования и прогнозирования эффективности водоизоляционных работ в обводненных скважинах. Сравниваются 2 подхода: применение аналитических расчетов параметров процесса водоизоляции, необходимых для загрузки в коммерческий гидродинамический симулятор и создание гидродинамической модели призабойной зоны пласта для описания процесса водоизоляции с учетом свойств водоизолирующей композиции. Рассматриваются их достоинства и недостатки.

Проблема ограничения притока воды к нефтесоблюдающим скважинам актуальна как для зрелых, так и только вступивших в разработку месторождений,

так как преждевременное обводнение скважин может происходить на всех стадиях разработки месторождений. Для решения этой проблемы необходимо проведения ремонтно-изоляционных (водоизоляционных) работ, с целью блокирования промытых водой интервалов нефтеносного пласта. В качестве изолирующих материалов применяют различные смолы, цементы, осадко-гелеобразующие композиции [1,2]. Для повышения эффективности применяемых технологий и прогнозирования их эффективности учеными и инженерами нефтегазовой отрасли применяются различные модели (от статистических до численных).

Методика моделирования, рассмотренная в работе [3], основана на использовании гидродинамического симулятора и аналитических расчетов для прогнозирования эффективности работ по внутрислоистой изоляции.

Аналитические расчеты позволяют оценить распределение объема селективной водоизолирующей композиции V_i с учетом толщины h , абсолютной k и фазовой k_B проницаемостей пропластков неоднородного пласта.

$$V_i = V_0 \cdot \frac{k_i \cdot h_i \cdot k_B(S_{Bi})}{\sum_{i=1}^n k_i \cdot h_i \cdot k_B(S_{Bi})} \quad (1)$$

где V_0 – суммарный объем водоизолирующей композиции, выбираемый согласно технологии ее проведения.

Значения фазовых проницаемостей зависят от водонасыщенности рассматриваемых пропластков. Эти параметры мы выгружаем из гидродинамической модели, адаптированной на исторические данные.

Радиус проникновения R_{si} блокирующего состава по пропласткам рассчитывается по формуле

$$R_{si} = rw + \sqrt{\frac{V_i}{m_i \cdot \pi \cdot h_i \cdot (1 - S_{owcr} - S_{wcr})}} \quad (2)$$

где: m_i – пористость i -го пропластка, д.ед.;

R_{si} - радиус образовавшегося водоизолирующего экрана, м;

rw - радиус скважины, м;

S_{owcr} – остаточная нефтенасыщенность, д.ед.;

S_{wcr} - связанная водонасыщенность, д.ед.

По формуле Hawkins рассчитывается скин-фактор для каждого пропластка S_i , с учетом фактора остаточного сопротивления изолирующего состава ($R_{ост}$):

$$S_i = \ln \frac{R_{si}}{r_c} \cdot \left(\frac{k_0}{k_3} - 1 \right) = \ln \frac{R_{si}}{r_c} \cdot (R_{ост} - 1) \quad (3)$$

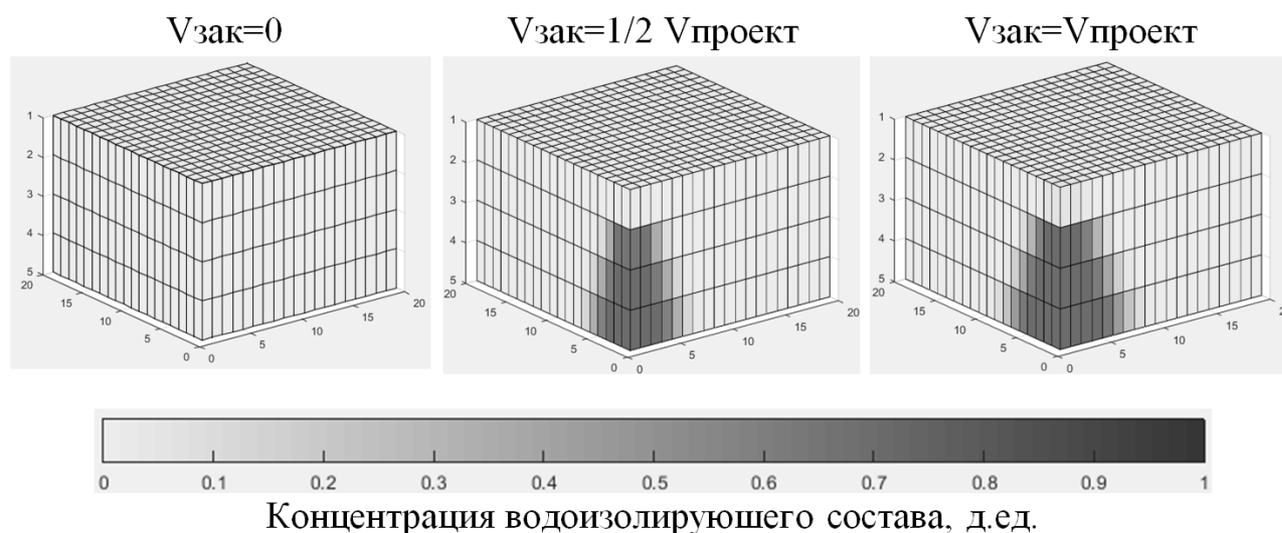
Рассчитанные значения скин-фактора для каждого пропластка загружаются обратно в гидродинамическую модель и производятся прогнозные расчеты.

Однако рассмотренный подход не позволяет в полной мере описать механизмы размещения водоизолирующей композиции в пласте и процесс последующей эксплуатации скважины. Так, в аналитических расчетах не учитываются реологические свойства водоизолирующего состава, которые могут оказывать значительное влияние на процесс размещения и распределения состава в пропластках неоднородного обводненного пласта. Также не учитывается глубина проникновения в явном виде, что не позволяет описать процесс последующего восстановления обводненности.

Автором в работе [4] предлагается подход, основанный на разработке математической модели фильтрации технологических и пластовых флюидов в призабойной зоне пласта, позволяющей учесть реологические свойства блокирующей композиции, описать процесс распределения состава в пласте в процессе его закачки и последующую фильтрацию нефти и воды в зоне установленного водоизолирующего экрана.

Основные уравнения, описывающие модель: уравнения неразрывности двух фаз, закон линейной фильтрации Дарси, условие для насыщенностей, реологическое уравнение изолирующего состава. Решение системы представленных уравнений проводится неявным по давлению, явным по насыщенности методом IMPES (implicit pressure explicit saturations). Реологические кривые для блокирующей композиции получают по результатам лабораторных исследований.

На рисунке представлен в динамике (для различных объемов закачки) процесс размещения блокирующего состава в призабойной зоне пласта. Верхний пропласток является нефтенасыщенным и наименее проницаемым, поэтому закачиваемая композиция в него не поступает. Нижние пропластки промыты водой, проницаемость увеличивается к подошве пласта, поэтому глубина проникновения блокирующей композиции также увеличивается к подошве пласта.



Распределение водоизолирующего состава в неоднородном пласте

Каждый из рассмотренных подходов к моделированию ремонтно-изоляционных работ имеет свои недостатки и достоинства. Однако важно отметить необходимость разработки и применения методов моделирования водоизоляционных работ с целью повышения технологической эффективности их применения за счет оптимизации процесса воздействия на этапе проектирования.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-29-24086.

Список литературы

1. Нигматуллин Э.Н., Акчуринов Х.И., Ленченкова Л.Е. Обоснование механизма гелеобразования в растворах полисиликатов натрия при действии кислот / Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2012. – № 3. – С. 375-383.

2. Патент РФ № 2097539 С1 Состав для регулирования проницаемости пласта и изоляции водопритоков / В.Н. Хлебников, Р.Р. Ганиев, Г.Х. Якименко, А.А. Андреева, А.А. Бикбова, Ю.Н. Ададунов, О.В. Даринцев, А.С. Сиротинский, Л.Е. Ленченкова. Опубл. 27.11.1997.

3. Якубов Р.Н. Прогнозирование эффективности применения технологии ограничения водопритоков с применением гидродинамического моделирования / Р.Н. Якубов, А.С. Козлова, Л.Е. Ленченкова // Научные технологии в решении проблем нефтегазового комплекса в год экологии в России материалы VII Международной научной конференции. – Уфа, 2017. – С. 56-57.

4. Якубов Р.Н. Прогнозирование эффективности применения технологии ограничения водопритоков с применением гидродинамического моделирования / Р.Н. Якубов, А.А. Габдуллин, А.А. Комков, А.С. Гуменова // Инновации и научные технологии в образовании и экономике. Материалы VII Международной научно-практической конференции. – Уфа, 2018. – С. 161-165.

ИССЛЕДОВАНИЕ И СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДИК РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ И ПОСЛЕДСТВИЙ ГОРЕНИЯ ГАЗОПАРОВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ НА ОТКРЫТОМ ПРОСТРАНСТВЕ

К.Р. Хасаншин, С.А. Вилохин

Казанский национальный исследовательский технологический университет
(ФГБОУ ВПО КНИТУ),
г. Казань

Аннотация. Строительство многих промышленных объектов в настоящее время невозможно без учёта их реакции на динамические нагрузки. Исследование их прочности экспериментальными методами без глубокого теоретического анализа не даёт необходимых результатов. Статья посвящена исследованию и совместному использованию методик расчета параметров и последствий горения газопаровоздушной смеси на открытом пространстве. Для исследования был выбран циклогексан. По рассчитанным значениям были построены диаграммы изменения ΔP от расстояния R . Удалось получить упрощённую формулу для определения избыточного давления.

Введение

Целью настоящей работы является: исследовать возможность совместного использования методик расчета параметров и последствий горения газопаровоздушных смесей в открытом пространстве, получения упрощённой формулы расчета амплитуды избыточного давления на фронте воздушной ударной волны (ВУВ) в зависимости от массы вещества.

В этой статье представлен анализ двух документов. Это РБ Г-05-039-96 «Руководство по анализу опасности аварийных взрывов и определению

параметров их механического действия». В данном руководстве представлена методика для определения параметров воздушной ударной волны (ВУВ) при взрыве топливно-воздушной смеси (ТВС).

Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 12.3.047-98 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля». В этом ГОСТе описывается метод расчета разрушения сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемый взрыв и (или) выброс опасных веществ.

После проведения расчета по методикам в программе MS Excel, предпочтение было отдано РБ Г-05-039-96 «Руководство по анализу опасности аварийных взрывов и определению параметров их механического действия», так как в этом руководстве приводится расчет амплитуды избыточного давления на фронте ударной волны ΔP_{ϕ} зависящий от расстояния R от облака ТВС.

Расчет по методике руководства РБ Г-05-039-96

Объем ТВС (ГВС) по формуле:

$$V_{\text{ТВС}} = \frac{2240 \chi M_{\text{T}} T}{\mu C_{\text{смх}} T_0}, \text{ м}^3, \quad (1)$$

где M_{T} – масса исходного топлива, кг; χ – доля массы исходного топлива, переходящего в облако ТВС.; $T = 311 \text{ К}$; $T_0 = 273 \text{ К}$; μ – молекулярная масса горючего; $C_{\text{смх}}$ – концентрация горючего в стехиометрической смеси. Данные, участвующие в уравнениях, принимаются по таблице 1.

Энергия взрыва, перешедшей в ВУВ по формуле:

$$E_{\text{ув}} = 2\eta q_v V_{\text{ТВС}}, \text{ кДж}, \quad (2)$$

где $\eta = 1 - (2P_0/P_{\text{дет}})^{(\gamma-1)/\gamma}$ – доля полной энергии взрыва, перешедшей в ВУВ,

$P_{\text{дет}}$ – давление на фронте детонационной волны, определяется по формуле

$$(3): P_{\text{дет}} = 2,586(\gamma l - 1)q_m, \text{ кПа}; P_0 \text{ – атмосферное давление.}$$

Приведенное расстояние по формуле:

$$R_{\text{пр}} = R(E_{\text{ув}})^{-1/3}, \text{ м/кДж}, \quad (3)$$

где R – расстояние от центра возможного места взрыва до объекта, м.

При $0,05 < R_{\text{пр}} \leq 0,068$:

$$\Delta P_{\phi} = 1,227 \times 10^{-6} / R_{\text{пр}}^{4,68} + 0,49, \text{ кПа}; \quad (4)$$

При $0,068 < R_{\text{пр}} \leq 0,31$:

$$\Delta P_{\phi} = 4,156 / R_{\text{пр}}^{1,7}, \text{ кПа}; \quad (5)$$

При $R_{пр} > 0,31$:

$$\Delta P_{\phi} = 4,96/R_{пр} + 0,974/R_{пр}^2 + 0,146/R_{пр}^3, \text{ кПа}; \quad (6)$$

Таблица 1
Значения параметров ВУВ при взрыве облака ГВС (ТВС)

Горючее топливо	Объем облака ТВС (ГВС) при аварийном взр. $V_{ТВС}, \text{ м}^3$	Энергия взр., перешедшая в ВУВ $E_{ув}, \text{ кДж}$	Приведенные расстояния $R_{пр}, \text{ м/кДж}$	Амп. изб. дав. на фронте ВУВ $\Delta P_{\phi}, \text{ кПа}$	Длит. фазы сжатия τ_+
Циклогексан	6,811	1197,88	0,941	6,54	2,925

Расчет амплитуды избыточного давления на фронте воздушной ударной волны

Используя экспериментальные данные произведен перерасчет амплитуды избыточного давления на фронте ВУВ ΔP_{ϕ} для циклогексана при расстояниях R в интервале 120-1350м и массах исходного топлива M_t в интервале 1000-50000 кг. Полученные значения были сведены в таблицы. По таблицам были построены диаграммы.

На каждой диаграмме зависимости амплитуды избыточного давления на фронте ВУВ ΔP_{ϕ} от расстояния R для циклогексана были наложены линии тренда (геометрическое отображение средних значений анализируемых показателей, полученное с помощью какой-либо математической функции), найдены описывающие их уравнения с характеризующими эти величинами достоверности аппроксимации R^2 (приближения).

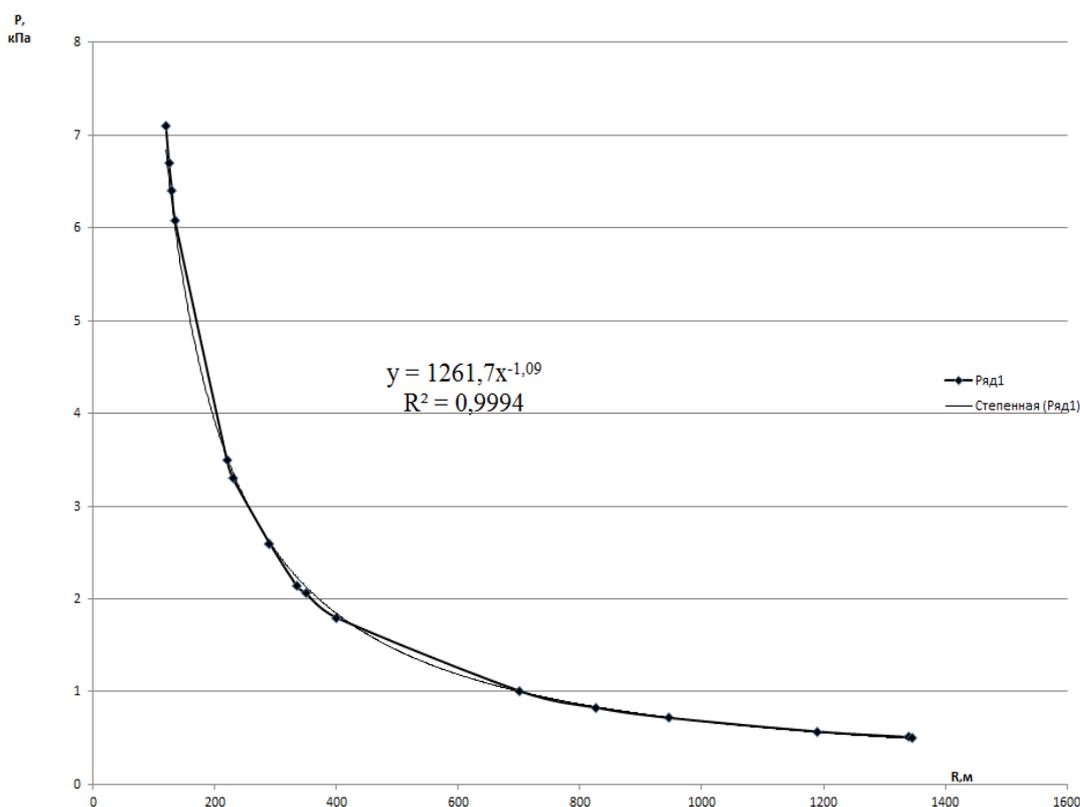


Рис.1. Зависимость амплитуды избыточного давления на фронте ВУВ ΔP_{ϕ} от расстояния R для циклогексана массой 1000 кг с линией тренда и описывающим ее уравнением

Такие же операции были проведены при массах 5т;10т;30;37,9т;50т. Были получены уравнения:

$$\Delta P = A \cdot R^{-B} \quad (7)$$

Для 1000 кг циклогексана это уравнение имеет вид:

$$\Delta P_{\Phi} = \frac{5,727}{R^{0,002}} \quad (8)$$

Чтобы достичь более точного результата в полученном уравнении должна присутствовать масса циклогексана M_T . Для этого была установлена зависимость коэффициентов A от M_T , при различных ее значениях, указанных выше. Значения коэффициентов A и B и массы M_T были сведены в таблицу 2, по которой строились диаграммы. На полученные кривые нанесли линии тренда и нашли описывающие их уравнения. Диаграммы зависимости коэффициентов A и B и массы M_T представлены на рисунках и соответственно.

Таблица 2
Зависимость коэффициентов A и B от массы циклогексана

M_T , кг	A	B
1000	1261,7	1,279
5000	3319,3	1,279
10000	5138,7	1,279
30000	14331	1,279
37900	16470	1,279
50000	22477	1,279

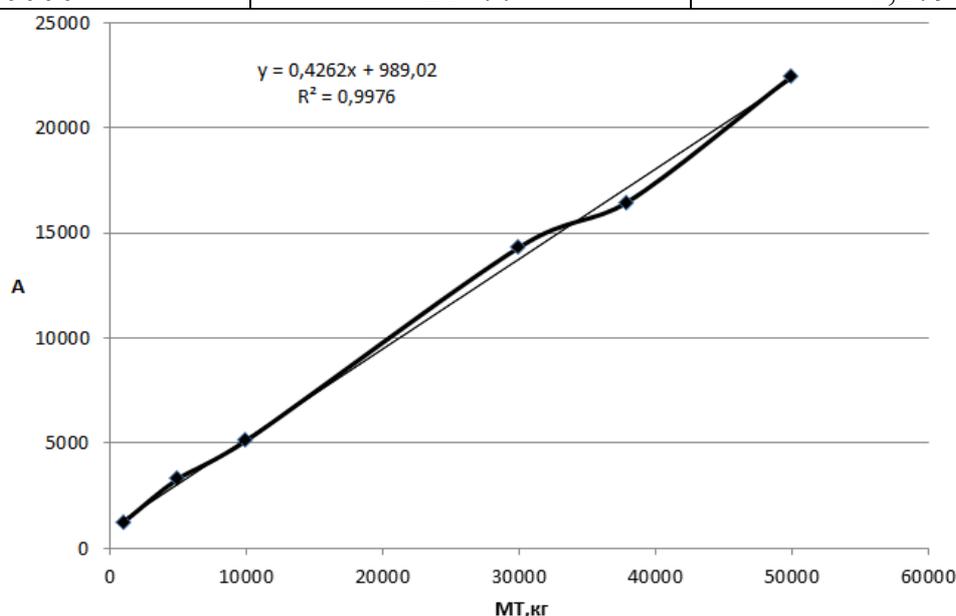


Рис.2. Зависимость коэффициентов A от массы циклогексана M_T с линией тренда и описывающим ее уравнением

Полученные значения коэффициентов A и B подставили в уравнение. В итоге получили формулу для определения амплитуды избыточного давления на фронте ВУВ ΔP_{Φ} для циклогексана зная расстояния R и массы M_T :

$$\Delta P_{\Phi} = \frac{0,4262 * M_T + 989}{R^{1,279}} \quad (9)$$

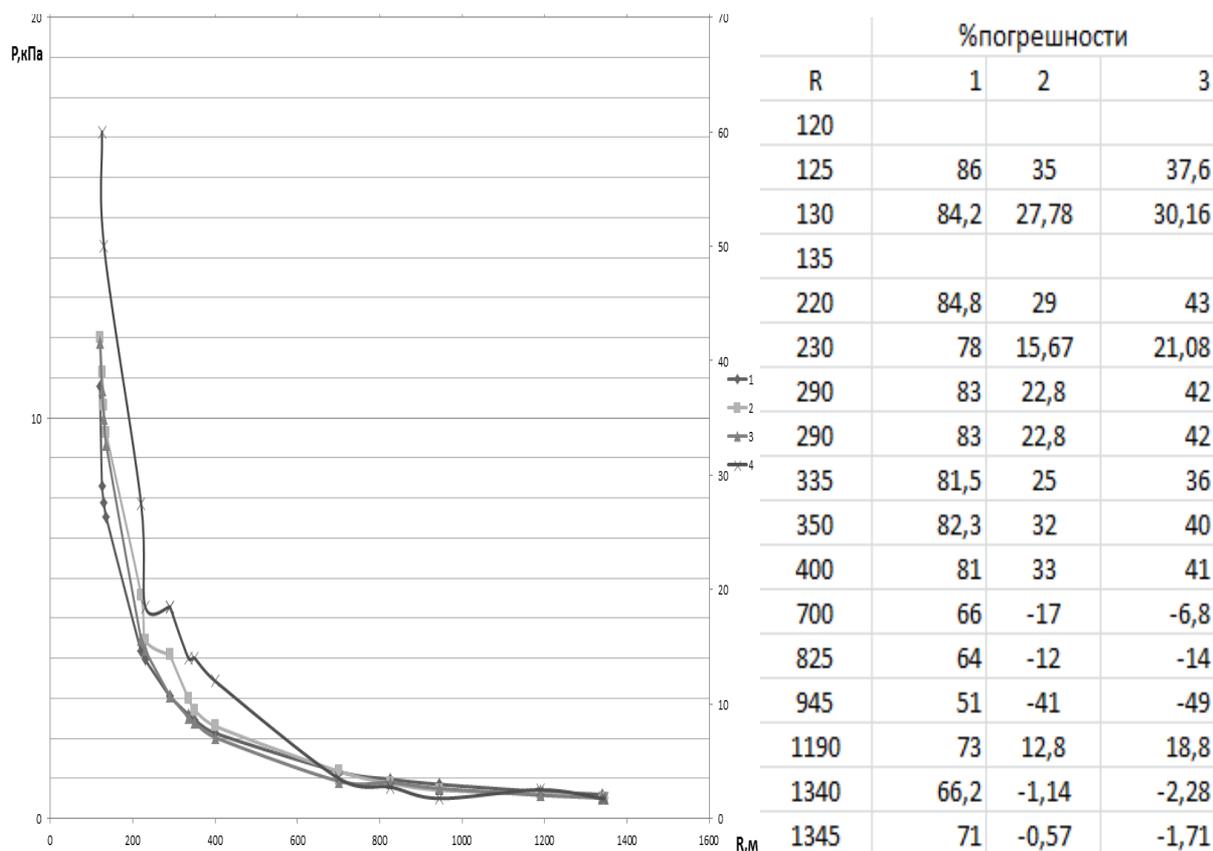


Рис.3. Результаты прогнозирования: 1 - пожарная безопасность (гост 12.3.0.47-98), 2-по полученной формуле(9), 3- руководства РБ Г-05-039-96, 4-экспериментальные данные Сади

Вывод

Таким образом полученная формула для определения амплитуды избыточного давления на фронте ВУВ ΔP_{Φ} в зависимости от R (расстояние от центра возможного места взрыва до объекта), M_T (массы исходного горючего) и μ (молекулярной массы) может быть использованы наравне с формулами, приведенными в методике руководства РБ Г-05-039-96 и имеет меньшую погрешность.

Список литературы

1. РБ Г-05-039-96 «Руководство по анализу опасности аварийных взрывов и определению параметров их механического действия».
2. <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-metodik-prognozirovaniya-vse-na-primere-vzryva-vo-fliksboro>.
3. Александров Л.Н. О действии ударной волны на человека и животных Артил. журнал. – 1957. – №35. – С.7-11.

АРХИТЕКТУРА И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЕ РЕЕСТРА ВИРТУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ РАЗНЫХ ПОКОЛЕНИЙ

О.Г. Новикова, А.О. Копелев

Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет),
г. Санкт-Петербург

Аннотация. Рассмотрены вопросы создания архитектуры и информационного обеспечения проблемно-ориентированного программного комплекса, позволяющего изучать технические характеристики и просматривать виртуальные модели вычислительной техники разных поколений.

Вычислительная техника является важнейшим компонентом процесса вычислений и обработки данных. В истории вычислительной техники выделяют периоды развития на основе того, какие основные элементы использовались для изготовления компьютера. Основными тенденциями развития компьютеров являются:

- увеличение количества элементов на единицу площади;
- уменьшение габаритных размеров;
- увеличение скорости работы;
- снижение стоимости для доступности;
- развитие программных средств [1].

Анализ развития вычислительной техники является важнейшим компонентом подготовки ИТ-специалистов. Для изучения этапов развития вычислительной техники, а также для ведения реестра компьютеров разных поколений актуальной является задача разработки гибкого настраиваемого программного комплекса, ядром которого является база данных (БД) виртуальных моделей и технических характеристик вычислительной техники разных поколений.

Функциональная структура разработанного программного комплекса, представленная на рис. 1, включает интерфейсы пользователя и администратора, модуль обработки запросов, модуль поиска характеристик вычислительной машины, модуль отображения результатов поиска и модуль визуализации трехмерных моделей вычислительной техники. На рис. 1 использованы следующие обозначения: $X = \{N, P\}$ – вектор входных параметров, N – тип вычислительной техники (ЭВМ, принтер, плоттер и т.д.), P – поколение вычислительной техники, $Y = \{A, D, E, B, O, F, Z, H, R, M\}$ – вектор выходных параметров, A – название вычислительной техники, D – год создания, E – элементная база, B – быстродействие (оп/с), O – объем ОЗУ (Кб), F – объем внешней памяти (Кб), Z – площадь, занимаемая в помещении (m^2), H – операционная система и языки программирования, R – решаемые задачи, M – 3D модель вычислительной техники, $C = \{J\}$ – вектор варьируемых параметров, J – подразделение учреждения высшего образования.

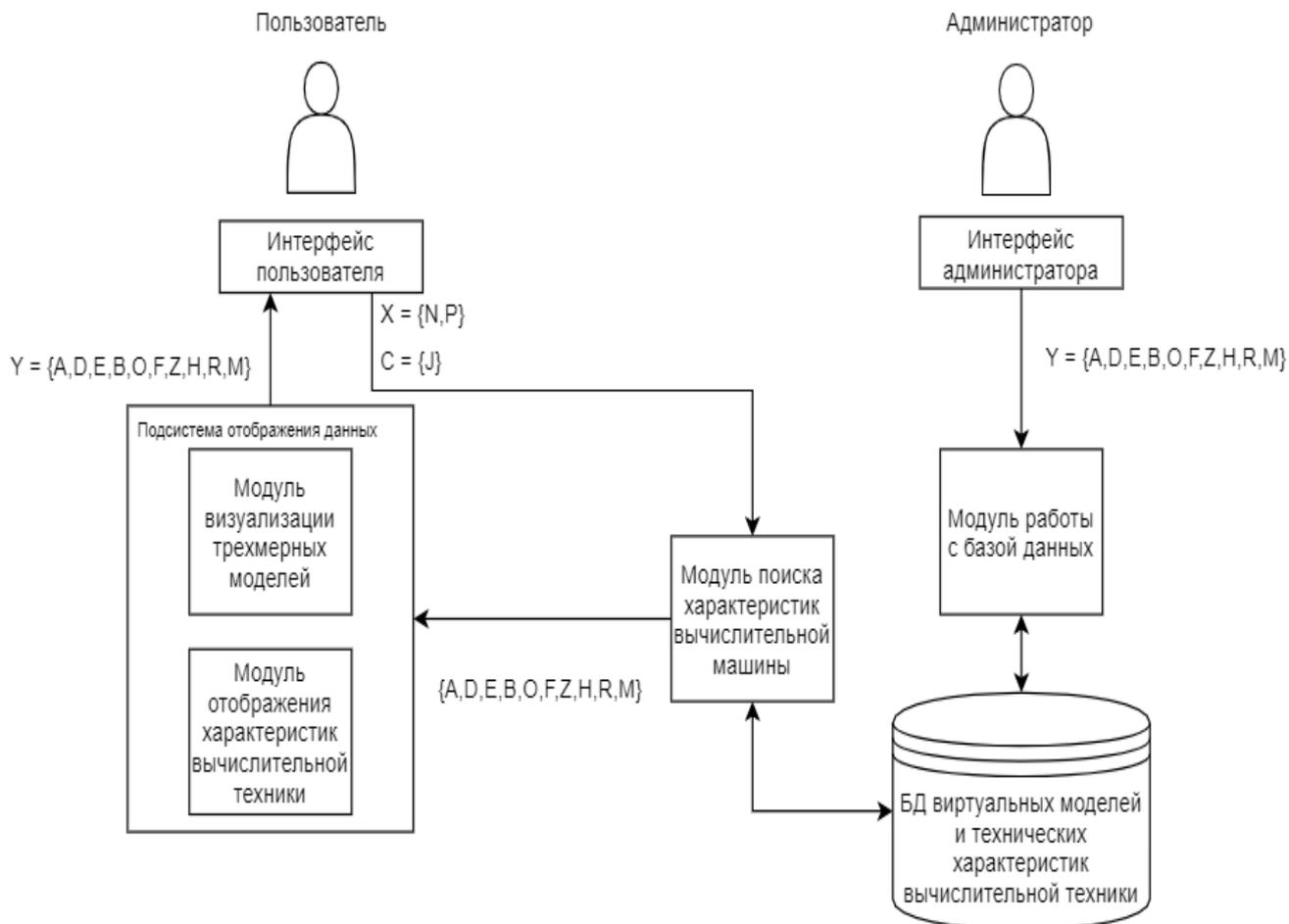


Рис. 1. Функциональная структура программного комплекса для формирования реестра виртуальных моделей вычислительной техники разных поколений

Интерфейс администратора вводится с целью реализации функции редактирования БД. Эти данные не подлежат изменению пользователем. Для этого в программном комплексе реализован модуль авторизации администраторов. В модуль авторизации включены функции проверки полноты и корректности входных данных.

Информационное обеспечение программного комплекса включает БД виртуальных моделей и технических характеристик вычислительной техники разных поколений. На рис. 2 представлена инфологическая модель БД.

Разработка БД осуществлена с помощью реляционной СУБД SQLite [2].

БД включает следующие сущности (таблицы):

- вычислительная техника – таблица, в которой хранятся названия средств вычислительной техники;
- тип вычислительной техники – таблица, в которой хранятся названия типов вычислительной техники;
- поколение вычислительной техники – таблица, в которой хранятся названия поколений вычислительной техники;
- подразделение высшего учебного заведения – таблица, хранящая названия подразделений высшего учебного заведения;
- параметр (техническая характеристика) – таблица, в которой хранятся названия параметров (технических характеристик) средств вычислительной техники (с единицами их измерения);

- значения параметров – таблица, которая хранит значения параметров (технических характеристик) средств вычислительной техники.

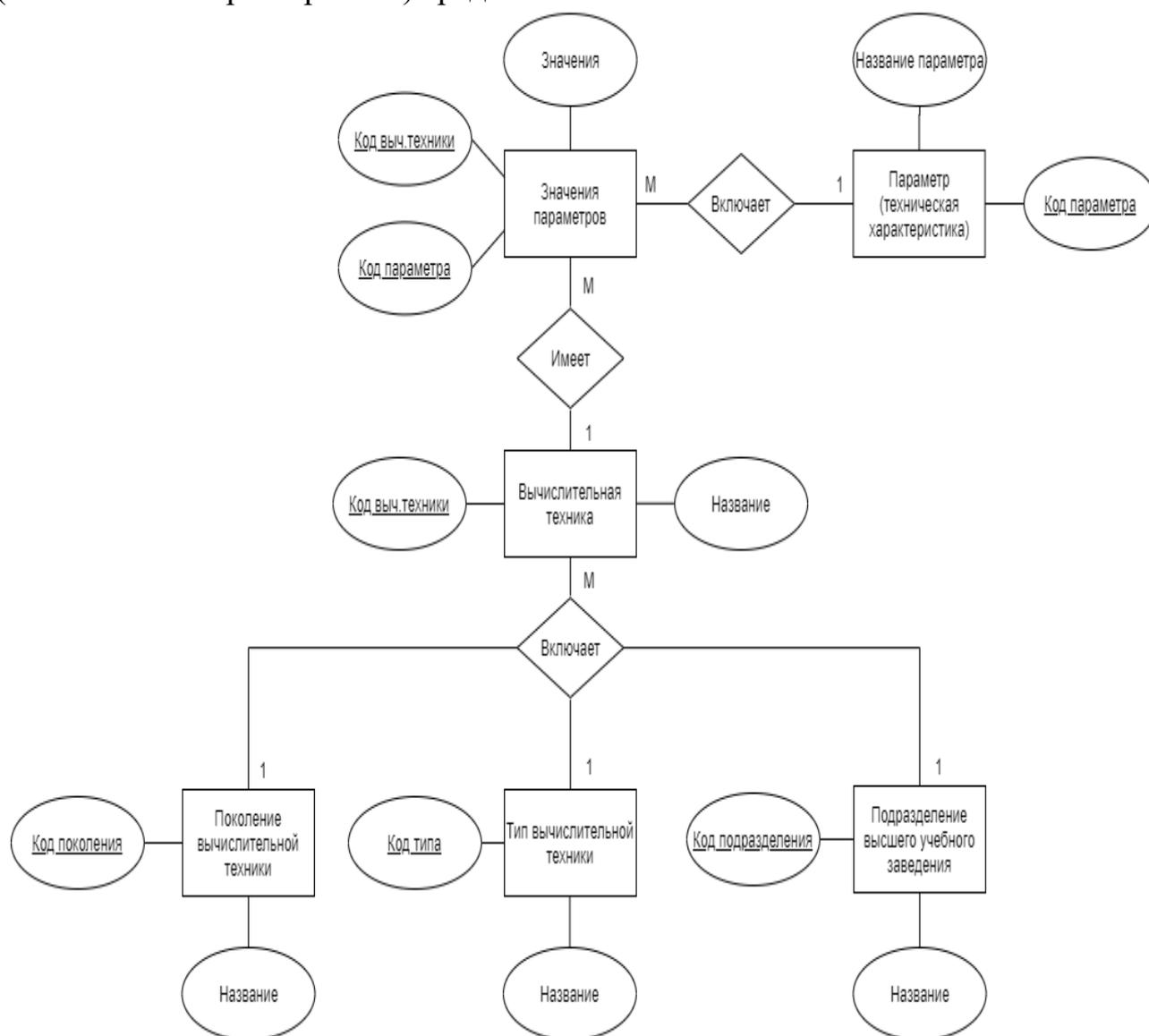


Рис. 2. Инфологическая модель БД технических характеристик вычислительной техники

Структура таблицы «Параметр (техническая характеристика)» (Param) компьютерной БД технических характеристик вычислительной техники представлена на рис. 3.

 id_param	name_param
1	Год создания ЭВМ
2	Элементная база
8	Быстродействие, оп/с
9	Объем ОЗУ, Кб
10	Занимаемая площадь, м2
11	Операционная система и языки программирования
12	Решаемые задачи
13	3D модель ЭВМ
16	Объем внешней памяти, Кб

Рис. 3. Структура таблицы «Параметр (техническая характеристика)» БД

Для защищенного хранения паролей администраторов используется адаптивная криптографическая хеш-функция формирования ключа MD5 [3].

Тестирование программного комплекса по данным (собранным и систематизированным техническим характеристикам, разработанным 3D моделям) средств вычислительной техники кафедры систем автоматизированного проектирования и управления СПбГТИ(ТУ) подтвердило его работоспособность.

Таким образом, разработан проблемно-ориентированный программный комплекс для формирования реестра виртуальных моделей вычислительной техники, который позволяет изучать технические характеристики и просматривать виртуальные модели средств вычислительной техники разных поколений. Программный комплекс может быть использован в учебных дисциплинах, связанных с изучением истории информатики и вычислительной техники, или специализированных дисциплинах, включающих соответствующие разделы (например, дисциплины «Вычислительные системы, сети и телекоммуникации», «Операционные системы»).

Список литературы

1. *История развития вычислительной техники.* – М., 2018. <https://inf1.info/computergeneration>.
2. Волк В.К. Базы данных. Проектирование, программирование, управление и администрирование / В.К. Волк. – СПб.: Лань, 2020. – 244 с.
3. Вейцман В.М. Проектирование информационных систем / В.М. Вейцман. – СПб.: Лань, 2019. – 316 с.

ИННОВАЦИОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

КРИТИЧЕСКОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ КАК ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Д.Ю. Ануфриева

Сибирский университет потребительской кооперации,
г. Новосибирск

Аннотация. В статье рассмотрена проблема оценки качества информации в сети Интернет. Отмечается актуальность данной проблемы в силу наличия огромного количества сайтов, их перенасыщенности разнообразной информацией. Предложен алгоритм действий, выполнение которого, в правильной логической последовательности, способен обеспечить достижение поставленной цели – критически оценить качество информации.

Ключевые слова: интернет, информация, качество информации, критическое мышление, оценивание.

В современном мире человек находится в колоссальном потоке информации различного характера и качества. Сегодня уже не оставляет

сомнений, что умение ориентироваться в информационном пространстве – не просто желательно, а необходимо. Ежедневно мы сталкиваемся с такими проблемами, как фальсификация истории, искажение фактов, подмена понятий. Всё это неизбежно оказывает негативное влияние на сознание человека, который взаимодействует с этой информацией. Особому риску подвержена молодежь. Молодые люди в силу объективных причин являются наиболее слабо подготовленными в морально – этическом и логико – аналитическом плане к взаимодействию с информацией.

В настоящее время Интернет играет значительную роль в организации образовательной деятельности в системе профессиональной подготовки. К несомненным достоинствам Интернета, как источника информации, можно отнести: доступность большого объема различной информации; высокую скорость поиска; мобильность.

Основным недостатком глобальной информационной сети является информационная перегруженность, не позволяющая глубоко осознать и пережить информацию, формирование у пользователей трафаретных реакций и оценок, стандартизация и нивелировка культуры мышления.

Одной из причин наличия в Интернете некачественной информации является борьба информационных источников за позицию в рейтинге. Средства массовой информации, стремясь первыми дать пользователю информацию о каком-либо событии, зачастую пренебрегают её качеством. Кроме того, существуют источники информации в сети интернет, которые в пользу своей выгоды, под «кричащими» заголовками осознанно предлагают пользователям откровенно лживые факты.

Слабый контроль содержания информации в сети Интернет, зачастую отсутствие цензуры, в сочетании с возможностью размещения видеоконтента, позволяют сделать информацию эмоционально насыщенной, зачастую выходящей за рамки цензуры, принятой в традиционных СМИ (телевидение, радио, газеты и журналы и т.д.).

Минимизировать некачественную информацию, определить её достоверность, полноту, актуальность, возможно на основе выполнения следующей системы действий в процессе работы с Интернетом.

Первым этапом является определение надежности сайта. В данном контексте под надежностью сайта мы понимаем не техническую надежность, а надежность с точки зрения качества, предоставляемой пользователю информации. Целью данного этапа является, выявление таких критериев качества, как достоверность и законность. Как правило, надежные источники информации сети Интернет стремятся к размещению, прежде всего достоверной информации, это и обуславливает его надежность и авторитетность. Кроме того, при размещении информации на таких сайтах, она проходит обязательное рецензирование и цензуру, что минимизирует вероятность размещения информации, запрещенной к распространению. Необходимо отметить, что даже в надежных источниках информация может быть неполная, а освещать лишь отдельные стороны какого-либо вопроса. Актуальность информации, также является субъективным критерием качества, так как пользователю может быть необходима информация по состоянию на какую-то определенную, прошедшую

дату или прошедший период.

Следующий этап оценивания информации – определение авторитетности автора. Данный этап направлен, прежде всего, на выявление такого качества информации, как достоверность. Необходимо сразу отметить, что в процессе определения достоверности информации, как критерия её качества, статус автора наиболее высок, ведь именно автор является создателем информации, которая в дальнейшем размещается на сайте.

Самыми авторитетными авторами принято считать признанных обществом ученых в какой-либо области или представителей официальных организаций. Если автор информации относится к одной из этих категорий, то пользователь может переходить к следующему этапу определения её качества.

Следует заметить, что переходить к заключительному – третьему этапу критического оценивания информации возможно, только если удовлетворён хотя бы один из двух перечисленных ниже критериев:

1. Источником информации является официальный или уполномоченный сайт правительственных, научных или образовательных организаций;

2. Авторами информации являются:

- Всемирно признанные ученые с высоким индексом цитирования в международных научных базах данных (МНБД);

- Ученые, присутствующие в МНБД;

- Специалисты, обладающие научной степенью и званием, уполномоченные представители различных организаций (пресс-секретари).

- Научные сотрудники, обладающие высоким российским индексом научного цитирования (РИНЦ);

- Известные, признанные обществом и авторитетные в изучаемом вопросе личности.

Третьим – заключительным этапом критического оценивания информации является осмысление её содержания. Данный этап направлен на выявление достоверности, полноты, актуальности и законности информации.

Информация в сети Интернет может быть представлена в различных формах: текст, - аудио, - видео, схемы, презентации и т.д. Каждая из представленных форм обладает своими особенностями. Но есть общие свойства, которые предлагаемый алгоритм помогает раскрыть.

- Проведение лингво-семантического анализа, предполагающего изучение логики изложения, непротиворечивости утверждений, убедительности аргументации, сравнения с информацией в других источниках, соотношение с имеющимися знаниями по изучаемому вопросу, поиск ошибок разного рода.

- Определение полноты информации. Следует отметить, что если ценность достоверности абсолютна, то ценность полноты относительна. Потребителю в конкретном случае может быть нужен лишь конкретный факт, а не вся информация о каком – либо объекте или событии. Для того чтобы определить полноту информации, необходимо сравнить несколько независимых сайтов по данной тематике и определить сайт, который более широко раскрывает интересующий вопрос. Относительно него можно оценивать полноту информации на других сайтах.

Актуальность определяется датой публикации документа. Чем меньше

времени прошло со времени публикации информации, тем более актуальна она для пользователя. За исключением случаев, когда пользователю необходима информация по состоянию на какую-то определенную, прошедшую дату или прошедший период.

Для определения законности информации, пользователь также анализирует её содержание с целью определения наличия информации, распространение которой запрещено на территории Российской Федерации.

Список литературы

1. Указ Президента РФ от 05.12.2010 № 646 «Доктрина информационной безопасности Российской Федерации»

2. Указ Президента РФ от 31.12.2015 № 683 Стратегия национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года. М.: Военное изд-во, 2017.

3. Федеральный Закон от 27.07.2006 N 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЕЙС-МЕТОДА В ПРЕПОДАВАНИИ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ АНАТОМИИ

Н.Н. Петрук, М.В. Гюльмагомедова
Сургутский государственный университет,
г. Сургут

Аннотация. В статье рассматриваются традиционные (лекции и практические занятия) и интерактивные формы занятий со студентами в процессе преподавания топографической анатомии. Топографическая анатомия составляет морфологическую основу клинического мышления. К интерактивным формам проведения занятий в том числе относится применение кейс-метода в обучении. Кроме того, в преподавании дисциплины играет значимую роль преемственность знаний, полученных из других дисциплин.

Топографическая анатомия (topos – место, grapho – пишу, топография, т.е. описание места) – наука, которая изучает взаимное пространственное расположение всей совокупности органов и тканей разных систем в той или иной области человека [1].

Топографическая анатомия составляет морфологическую основу клинического мышления. Дисциплина преподается на кафедре морфологии медицинского института Сургутского государственного университета. Освоение данного предмета требует от студентов применения знания анатомических структур в контексте послойного строения областей человека, а также использования методов голотопии, скелетотопии и синтопии органов.

В изучении топографической анатомии обязательным звеном является знание латинской терминологии. Наглядность преподавания по данной дисциплине имеет ведущее значение для понимания и запоминания учебного материала. На практических занятиях преподаватель пользуется

мультимедийными слайдами, таблицами, плакатами по теме занятия, а также пластинатами.

Практические занятия проводятся в традиционной форме: опрос студентов по пройденному материалу, определение цели и задач новой темы занятия и объяснение нового материала.

В начале практического занятия преподаватель проводит фронтальный опрос студентов. Особое внимание при опросе уделяется топографии изучаемой области (определение границ и внешних ориентиров, голотопия, скелетотопия, синтопия, послойное строение области с подробной характеристикой каждого слоя, клетчаточные пространства и каналы, проекционные линии основных сосудисто-нервных пучков области). При разборе основного сосудисто-нервного пучка области студент должен указать глубину его залегания, составные элементы пучка, синтопию элементов и проекцию сосудисто-нервного пучка на кожные покровы. Например, знание проекционных линий сосудисто – нервных пучков тела человека необходимо в практической деятельности врача-хирурга для осуществления оперативного доступа к сосудам (для производства флебэктомий, для усечения нерва или выделения нерва из рубцовых сращений, для осуществления окончательной остановки кровотечения путём наложения сосудистых швов и т.д.).

В ходе занятия преподаватель акцентирует внимание студентов на практической значимости полученных ими знаний, необходимых для будущей деятельности врача (на клинических синдромах и клинических симптомах).

Важную роль в изучении топографической анатомии играет преемственность знаний из других дисциплин (анатомии, гистологии, эмбриологии, общей хирургии, клинической анатомии и т.д.).

Например, из курса анатомии необходимо знать такие вопросы, как строение фасций и треугольников шеи, анатомию бедренного треугольника, строение приводящего канала, строение плече-мышечного канала, анатомию Груберова канала и т.д.

Из курса клинической анатомии нужно знать анатомическое обоснование появления клинических симптомов при остром аппендиците (например, симптом Габая при ретроцекальном аппендиците), при остром холецистите (симптомы Георгиевского-Мюсси, Мэрфи).

К обязательному звену учебного процесса относится учебно – исследовательская работа. На курсе топографической анатомии используются разные методы УИРС: написание рефератов, обзоров и т.д.

Также на курсе топографической анатомии выделены часы на интерактивные формы проведения занятий. К интерактивным формам проведения занятий в том числе относится применение кейс-метода в обучении.

Применение кейс-метода дополняет традиционные методы обучения (лекции и практические занятия).

Кейс-метод – это описание «реальной ситуации». Кейс-метод – предполагает разрешить поставленную проблему на основе анализа кейса, т.е. текста.

В образовательном процессе используются следующие технологии кейс-метода:

- ситуационные задачи, ситуационные упражнения;
- анализ конкретных ситуаций;
- метод ситуационно-ролевых игр;
- метод дискуссии;
- игровое проектирование;
- метод разбора деловой корреспонденции.

На курсе топографической анатомии используются ситуационные задачи, разработанные по всем разделам дисциплины.

Использование метода кейсов в учебном процессе позволяет:

- повысить уровень коммуникативных навыков обучающихся
- получить опыт действий в новой ситуации
- развить критическое мышление
- осмыслить детали, описанные в ситуации
- способствует углублению в процесс принятия решения
- развивать навыки самоанализа

В целом можно сказать, что использование кейсов развивает аналитическое мышление у студентов, а также повышает познавательную активность обучающихся к конкретной дисциплине.

Список литературы

1. Николаев А.В. *Топографическая анатомия и оперативная хирургия: учебник* / А.В. Николаев. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. – 736 с.: цв. ил.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В КОНЦЕПЦИИ ГИБКОЙ МНОГОПРОФИЛЬНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ В УСЛОВИЯХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

Д.Н. Бикмухаметова, С.Р. Еникеева, А.Р. Миндубаева

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань

Аннотация. Статья посвящена проектированию концепции гибкой многопрофильной математической подготовки (ГММП) в условиях дистанционного обучения. Приведены основополагающие характеристики данной концепции, формирование блоков концепции. Раскрыто содержание информационного и диагностического блока.

Процесс овладения фундаментальными математическими знаниями и умениями на таком уровне, который достаточен для их эффективного применения к решению задач, возникающих при выполнении профессиональных функций, и для дальнейшего творческого саморазвития специалиста требует постоянных нововведений. При этом сам процесс инноваций не может быть стихийным, он нуждается в грамотном управлении. Инновации в педагогической деятельности означают целенаправленное введение нового в цели, методы и

формы обучения, воспитания, оценивания результатов образовательного процесса.

В условиях пандемии коронавируса высшим учебным заведениям во всем мире пришлось организовать дистанционную работу обучающихся и преподавателей исключительно в электронной информационно-образовательной среде.

Авторами в организации педагогического процесса используется концепция гибкой многопрофильной математической подготовки (ГММП). Данная концепция предполагает обучение студентов конкретной совокупности фундаментальных математических методов, формирование общей культуры специалиста, возможность его дальнейшего самообразования и самореализации.

На кафедре высшей математики нашего университета созданы и успешно работают интернет-кабинеты всех преподавателей в moodle.kstu, с проведением контроля и представлением методической помощи студентам. Также эффективно используются различные интернет – платформы для размещения лекций и видеоуроков. Для личного общения используются приложения для проведения видеоконференций в онлайн – формате.

Все это позволяет проектировать ГММП даже в сложившейся ситуации как целостный и системный объект, содержащий логико- методологический, информационный, процессуальный и диагностический блоки, и опирающегося на концептуальные характеристики фундаментализации образования, соответствия цели ГММП общей цели образования и ее интегрирования в систему образования выпускника технологического университета, обеспечения возможности его дальнейшего творческого саморазвития.

Остановимся подробнее на основополагающих характеристиках данной концепции. ГММП прежде всего ориентируется на принцип фундаментальности образования как важнейшую категорию качества образования и образованности личности [1]. В соответствии с этим можно выделить фундаментальные математические методы познавательной деятельности. Это универсальные математические методы усвоения любого знания, характеризующее абстрактность, логику мышления, культуру обучения, а также это методы, применяемые в прикладных исследованиях, характеризующие тенденции развития прикладной математики. Методологической основой такого комплекса методов является метод математического моделирования [5], определяющий стратегию и тактику прикладной направленности математики, а также аксиоматический и алгоритмический методы, метод математической индукции, метод логических рассуждений. Проектирование ГММП должно позволить отобрать конкретную совокупность фундаментальных математических методов согласно концепции ГММП [1,2].

Концептуальные характеристики служат основой для формирования блоков ГММП. Остановимся на информационном и диагностическом блоке.

Информационный блок включает проектирование содержания ГММП, т.е. отбор, структурирование содержания ГММП и его материальное воплощение в виде учебных пособий и дидактических материалов, т.е. создание информационной модели ГММП. Такая модель должна отвечать следующим принципам:

- полнота разрабатываемой модели, отражающая множество всех функций и задач ГММП;
- соответствие конечных целей ГММП и ее принципов проектируемому содержанию;
- рациональность модели на уровне необходимых и достаточных условий обеспечения ГММП;
- оптимизация модели в смысле достижения целей ГММП наиболее оптимальным образом;
- прогностичность модели, выражающаяся в ее возможности соответствовать изменяющимся условиям и требованиям к математической подготовке;
- целостность модели, заключающаяся в единстве теории и практического ее применения;
- отражение в модели преемственности и непрерывности математической подготовки: школа- вуз- дальнейшее самообразование.

Диагностический блок включает выбор объективных критериев эффективности ГММП, адекватных диагностической постановке целей ГММП. Под диагностичностью понимается воспроизводимое измерение и оценка определенного качества или свойства [3,4]. Для разработки диагностичной процедуры необходимо вводить обоснованные абстракции и ограничения, причем часто изменение выбранного признака можно провести лишь косвенно. Диагностичное целеполагание и объективный контроль опыта деятельности проводится с помощью тестов достижений, для чего выбираются шкалы оценки.

В заключении отметим, что беспрецедентный опыт со всеобщим вынужденным переходом на дистанционное обучение показал, что полная замена очного обучения дистанционными на данном этапе невозможна. Техническое оснащение университета, большинства преподавателей и студентов, не позволяет в полной мере использовать возможности информационно – коммуникационных и сетевых технологий в образовательном процессе.

Список литературы

1. Бикмухаметова Д.Н. *Процессуальная составляющая математической подготовки бакалавров в техническом вузе* / Д.Н. Бикмухаметова, А.Р. Миндубаева // *Приоритетные направления развития науки и технологий*. – 2020. – С.66-68
2. Газизова Н.Н. *Образовательные технологии в технологическом университете при дистанционном обучении* / Н.Н. Газизова, С.Р. Еникеева, Н.В. Никонова // *Материалы XXVII Международной научно практической конференции «Приоритетные направления развития науки и технологий»*. – Тула: *Инновационные технологии*, 2020. – С. 60-63.
3. Бикмухаметова Д.Н. *Развитие навыков самостоятельной работы студентов при изучении математики с использование современных средств коммуникации* / Д.Н. Бикмухаметова, А.Р. Миндубаева // *Казанская Наука*. – 2016. – №2. – С. 102-104. URL: <http://kazanscience.ru/ru/sbornik>

4. Томильцев А.В. Проблемы оценки профессиональной подготовки: методологические подходы / А.В. Томильцев, А.В. Мальцев // Образование и наука. – 2018. – 20(4). – С. 9-33.

5. Умнов А.Е. Методы математического моделирования: учебное пособие / А.Е. Умнов. – М.: МФТИ, 2012. – 295 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ (VR) В ОБУЧЕНИИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Д.А. Курасов, Е.Ф. Подвальная
Курганский государственный университет,
г. Курган

***Аннотация.** За последнее десятилетие технологии виртуальной реальности (VR- технологии) в совокупности с современными расчетными программными комплексами нашли широкое распространение в обучении и промышленности. Использование и адаптация таких технологий в прикладных задачах имеет решающее значение в условиях цифровизации промышленности и экономики в целом.*

Использование современных расчетных прикладных программных комплексов для промышленности позволяет автоматизировать процесс проектирования конечного изделия и продукции в целом. Каждое предприятие в зависимости от номенклатуры производимой продукции, а также объёма и сложности решаемых задач выбирает для себя соответствующую программную среду для решения конкретных задач предприятия. Подобные системы автоматизированного проектирования делятся на лёгкие, средние и тяжёлые. Легкие программные комплексы (AutoCAD, Компас-2D, Bricscad) предназначены для 2D-проектирования и черчения, а также для создания отдельных трехмерных моделей без возможности работы со сборочными единицами. Средние системы (Autodesk Inventor, SolidWorks, Компас-3D, T-FLEX, ANSYS, Comsol) – это программы для 3D-моделирования изделий, для решения линейных и нелинейных, стационарных и нестационарных пространственных задач механики деформируемого твердого тела и механики конструкций, задач механики жидкости и газа, автоматизации проектирования электрических, гидравлических и прочих вспомогательных систем. Тяжелые системы (PTC Creo, NX, CATIA) предназначены для работы со сложными изделиями (большие сборки в авиастроении, кораблестроении и пр.) Функционально они делают все тоже самое, что и средние системы, но в них заложена совершенно другая архитектура и алгоритмы работы.

За последнее десятилетие в дополнении к указанным выше системам автоматизированного проектирования в нашу жизнь стремительно ворвались технологии виртуальной реальности (VR- технологии) и заполнили все информационное пространство. Появилась масса интереснейших возможностей применения VR-технологий, прежде всего в образовании и промышленности.

Но что такое виртуальная реальность?

Виртуальная реальность – созданный при помощи компьютерных технологий интерактивный трехмерный искусственный мир. Погружение в этот мир создает у пользователя иллюзию реальности происходящего. Применение виртуальной реальности позволяет производить визуализацию изучаемых процессов и явлений и по сравнению с системами автоматизированного проектирования значительно ускоряют отработку и внедрение промышленного оборудования.

На сегодняшний момент эти технологии широко используются при обучении и повышении квалификации: в науке, в авиации, в военно-промышленном комплексе, в медицине, в промышленности, в образовании, в банковской сфере, в транспортной отрасли и многих других.

Для обучения сейчас используется два типа оборудования: управляемые с помощью ПК или игровых приставок и управляемые с помощью мобильных телефонов.

Разнообразие образовательных возможностей VR поражает воображение. Но вместе с тем, ее использование диктует необходимость перестройки образовательного процесса. Поэтому существует несколько форм виртуальной реальности в образовании:

Очное: При такой форме классический формат урока остается неизменным, но дополняется 5-7-минутным погружением в VR.

Дистанционное: Такая форма дарит ученикам и преподавателям возможность взаимодействовать друг с другом, находясь в любой точке мира.

Смешанное: VR позволяет подключить к традиционной работе в классе учеников, не имеющих возможности посещать образовательное учреждение.

Самообразование: Любой человек может купить необходимое оборудование и программный контент, и заниматься дома самостоятельно с виртуальным преподавателем.

VR открывает множество новых возможностей в образовании. К основным преимуществам можно отнести: высокую степень наглядности, безопасность, вовлеченность пользователя, фокусировку, экономичность.

Уже сегодня созданы множество программ виртуальной реальности. И вот лучшие из них:

- **Labster** – интерактивный проект, позволяющий проводить научные эксперименты в оборудованных лабораториях.

- **MEL Chemistry VR** – увлекательный структурированный сборник интерактивных уроков химии.

- **Expedition Pioneer Program** – программа, позволяющая совершать виртуальные экскурсии в самые экзотические и невероятные уголки нашей планеты.

- **Virtual Reality Medical Training Simulation** – медицинский тренажер, вовлекающий студентов в принятие решений, от которых будет зависеть «жизнь» виртуального пациента.

- **Tilt Brush** позволяет рисовать в смоделированном 3D пространстве.

Сегодня проводится много экспериментов применения виртуальной реальности, в том числе и в образовании [1]. Например, для того, чтобы проверить эффективность и жизнеспособность использования виртуальной

реальности в образовании, Компания VRAR Lab разработала и провела экспериментальный урок по физике с использованием технологий виртуальной реальности. В исследовании приняли участие 153 человека: подростки 6-17 лет, их родители и родственники. Результат оказался отличным – лишь 8,5 % респондентов не усвоили материал.

Так же участники эксперимента высказали своё мнение к урокам с применением виртуальной реальности [2]. По данным VRAR Lab, 148 респондентов из 153 (97,4 %) желали бы и дальнейшего применения технологий виртуальной реальности на школьных уроках, причем в качестве дисциплин большинство указало физику и химию.

В целом, эксперимент, проведенный VRAR Lab, показал успешность применения VR в образовании.

Современные технологии, несмотря на долгий путь развития, еще молоды, но всё же виртуальная реальность – это следующий большой рывок в развитии сферы образования. И в ближайшее время нам предстоит увидеть множество интересных открытий в этой области.

Список литературы

1. *Виртуальная реальность в образовании.* – Текст: электронный. – URL: <https://vrgeek.ru/obrazovanie-v-vr> (дата обращения 14.03.2019)
2. *Как технологии VR Education меняют современное образование* – Текст: электронный. – URL: <https://vr4you.ru/novosti/vr-education> (дата обращения 14.03.2019)

ИНФОРМАЦИОННО-ПОИСКОВАЯ ПОДСИСТЕМА ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛА ВЫПУСКНИКОВ КАФЕДРЫ ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

О.Г. Новикова, А.А. Кондратьева

Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет),
г. Санкт-Петербург

***Аннотация.** Рассматриваются вопросы проектирования и программной реализации информационного обеспечения, а также модулей взаимодействия с базой данных и интерактивного взаимодействия для информационно-поисковой подсистемы интернет-портала выпускников кафедры технического университета, вопросы тестирования работы информационно-поисковой подсистемы.*

В наше время каждый университет имеет интернет-портал выпускников. Консолидация выпускников университета подразумевает: информирование выпускников и студентов о современном состоянии, перспективах развития университета, его научно-технических и других достижениях, проведение мероприятий по установлению и укреплению профессиональных и культурных связей между выпускниками университета, способствующих их научному, куль-

турному, профессиональному росту, карьерному продвижению, а также мониторинг служебного продвижения, научных, производственных и других достижений выпускников университета. Для реализации перечисленных аспектов разработка интернет-портала выпускников кафедры является актуальной.

Разработанный интернет-портал выпускников предоставляет пользователям информацию о выпускниках кафедры, о преподавателях кафедры, информацию о кафедре и актуальные новости университета. Также интернет-портал имеет ряд сервисов: создание и редактирование учетных записей выпускников; многокритериальный поиск выпускников кафедры; обмен данными; хранение мультимедийных данных. Разработанный интернет-портал выпускников является интернет-ресурсом с избирательной интерактивностью.

Проектирование интернет-портала выпускников велось на основании формализованного описания процесса взаимодействия с базой данных интернет-портала выпускников как объекта проектирования, которое представлено на рис. 1. Формализованное описание процесса взаимодействия включает следующие векторы: вектор входных переменных X (данные D , отправленные пользователем на сервер, и критерии для поиска пользователей K), вектор переменных, передаваемых от веб-клиента на сервер S (данные D , критерии поиска K , URL-запросы для вызова функций контроллера U) и вектор выходных переменных Y (ответные данные от сервера A и сообщения об ошибках E). Формализованное описание разработано на основе изучения принципов проектирования вертикальных интернет-ресурсов с избирательной интерактивностью [1].

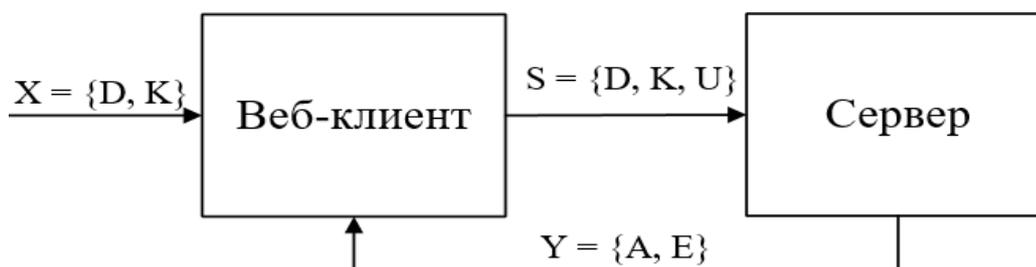


Рис. 1. Формализованное описание процесса взаимодействия с базой данных интернет-портала выпускников

Функциональная структура информационно-поисковой подсистемы интернет-портала выпускников кафедры технического университета представлена на рис. 2.

Интернет-портал как автоматизированная информационная система имеет клиент-серверную архитектуру [2]. На клиенте находятся интерфейсы пользователей (выпускника/преподавателя и администратора), а на сервере – подсистема обработки запросов пользователей с модулями формирования запросов и вывода информации, подсистема редактирования данных с модулями редактирования, удаления и добавления данных, информационная подсистема, которая хранит данные о выпускниках и преподавателях кафедры, мультимедийные данные.

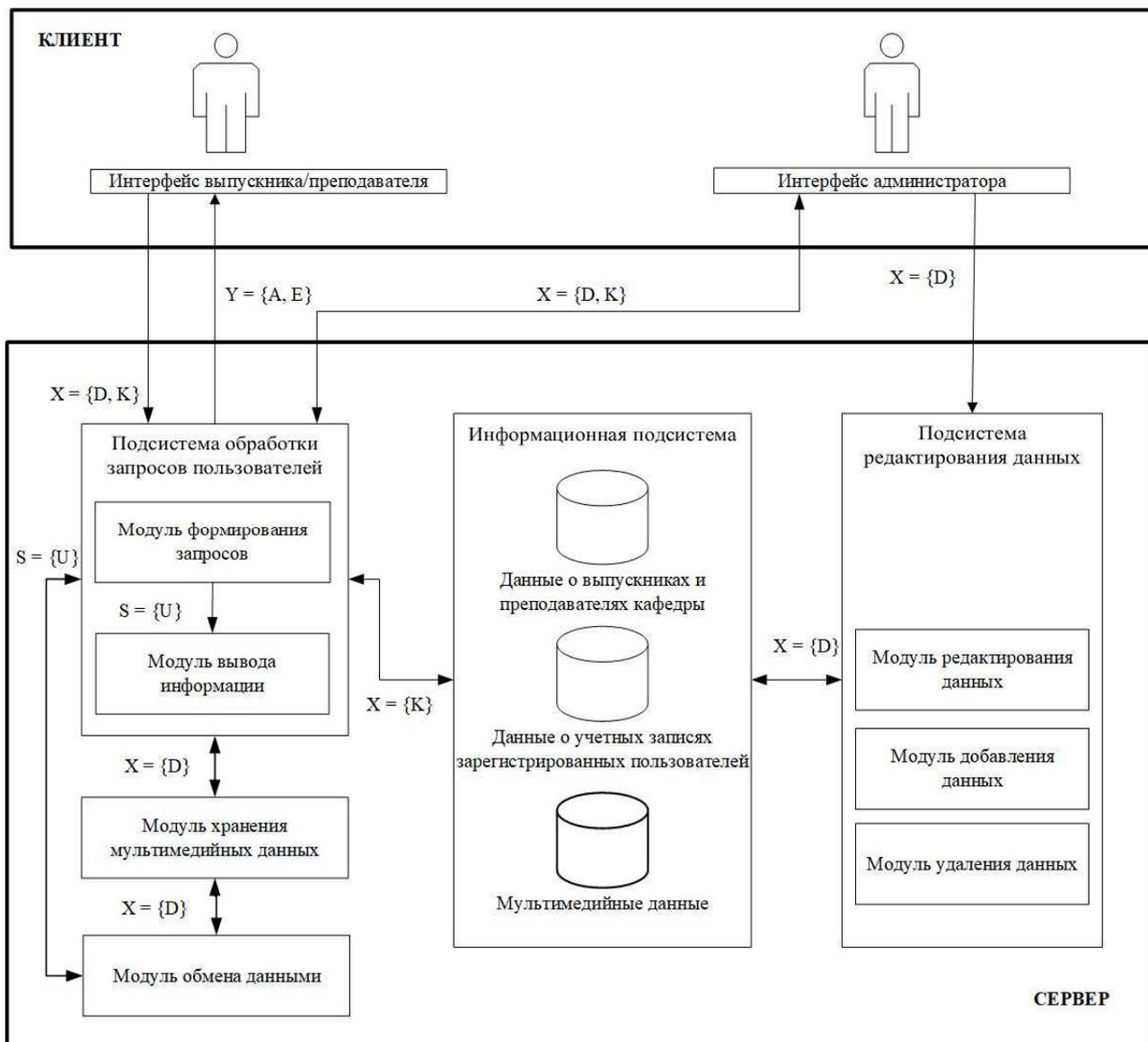


Рис. 2. Функциональная структура информационно-поисковой подсистемы интернет-портала выпускников кафедры технического университета

Информационно-поисковая подсистема интернет-портала выпускников кафедры технического университета взаимодействует с двумя категориями пользователей – преподаватель или выпускник кафедры и администратор базы данных пользователей. Для пользователя каждой категории разработан интерфейс, обеспечивающий ему доступ к соответствующему функционалу информационно-поисковой подсистемы. Данные интерфейсы находятся на клиенте. Преподаватель или выпускник отправляет на сервер данные своего запроса $X = \{D, K\}$, после чего модуль формирования запросов, который находится на сервере, формирует запрос U к информационной подсистеме. Информационно-поисковая подсистема включает данные о выпускниках и преподавателях, мультимедийные данные. Даталогическая модель базы данных представлена на рис. 3.

База данных включает 12 таблиц, которые содержат основную информацию о зарегистрированных пользователях информационно-поисковой подсистемы интернет-портала выпускников. Основными таблицами являются: таблица Users, которая хранит данные об учетных записях пользователей,

таблица Teachers, которая хранит основные данные о преподавателях кафедры, таблица Students, которая хранит основные данные о выпускниках кафедры. База данных включает 13 связей между таблицами, 9 из которых являются идентифицирующими [3].

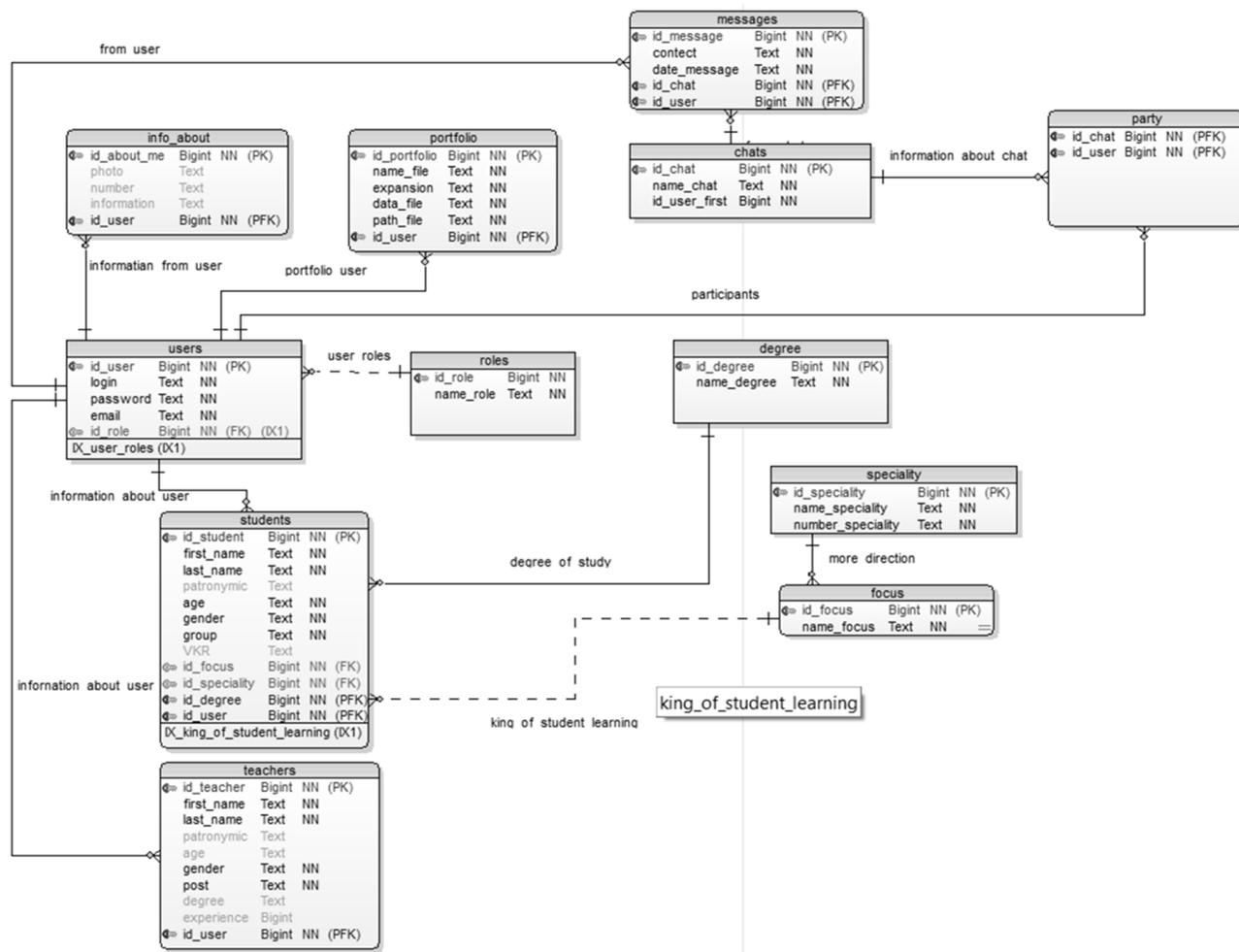


Рис. 3. Дatalogическая модель базы данных интернет-портала выпускников

После получения ответа от базы данных полученные данные передаются в модуль вывода информации, который формирует вид представления данных и возвращает выходные данные $Y = \{A, E\}$ на интерфейс выпускника и преподавателя.

Аналогичном образом происходит обращение к базе данных пользователей, авторизованных как администраторы. Обращение к базе данных происходит с помощью серверного модуля. Для интерфейса администратора разработана подсистема редактирования данных, которая получает данные запроса пользователя D, обрабатывает их и обращается к базе данных для внесения изменений.

Информационно-поисковая подсистема разработана на высокоуровневом языке программирования C#, поддерживающем объектно-ориентированную парадигму, в инструментальной среде Visual Studio, позволяющей создавать открытое программное обеспечение с эргономичными графическими пользовательскими интерфейсами. Для разработки компонентов информационного обеспечения использована клиент-серверная СУБД PostgreSQL.

Тестирование информационно-поисковой подсистемы по данным выпускников бакалавриата кафедры систем автоматизированного проектирования и управления СПбГТИ(ТУ) 2020 года подтвердило ее работоспособность.

Таким образом, разработана информационно-поисковая подсистема интернет-портала выпускников кафедры технического университета, которая позволяет проводить критериальный поиск выпускников, обмен и хранение мультимедийными данными между зарегистрированными пользователями на основе запросов пользователей интернет-портала.

Список литературы

1. Жданов С.А. Информационные системы / С.А. Жданов. – М.: Прометей, 2015. – 304 с.
2. Норенков И.П. Автоматизированные информационные системы / И.П. Норенков. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 342 с.
3. Пирогов В.Ю. Информационные системы и базы данных: организация и проектирование / В.Ю. Пирогов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – 528 с.

СТРУКТУРА ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЮ ПРОЦЕССОМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

П.Д. Рахманов, А.К. Федин

Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет),
г. Санкт-Петербург

Аннотация. Описывается структура тренажерного комплекса, предназначенного для обучения управлению процессом электрохимической обработки изделий из металлов и сплавов, спроектированная в результате анализа современных трендов развития промышленных тренажерных комплексов и практик разработки компьютерных тренажеров для обучения операторов технологических процессов.

Тренажерный комплекс для обучения управлению процессом электрохимической обработки изделий из металлов и сплавов является частью программно-аппаратного комплекса, предназначенного для применения при подготовке операторов станков металлургических предприятий, использующих электрохимическую обработку [1]. Применение такого тренажера позволяет развить у обучаемого практико-ориентированные навыки управления, снизить риски повреждения дорогостоящего оборудования на этапе обучения и повысить квалификацию операторов станков.

Анализируя тренажерные комплексы, разрабатываемые для обучения операторов процессов металлообработки, можно выделить следующие тренды: наличие библиотеки имитационных моделей типовых нештатных ситуаций, реализация интерфейсов обучаемого в виде виртуального пульта управления, формирование журнала действий оператора и протокола обучения.

С учетом выделенных во время анализа трендов функциональных возможностей тренажерных комплексов, практик разработки компьютерных тренажеров для обучения операторов технологических процессов [2] и особенностей процесса электрохимической обработки металлов [3] спроектирована структура программного комплекса для обучения управлению процессом электрохимической обработки металлов и сплавов, состоящая из следующих модулей (рис. 1):

- база данных станков, материалов, электролитов, электрод-инструментов, имитационных моделей типовых нештатных ситуаций, пользователей;
- модуль работы с базой данных – отображение, редактирование, добавление и удаление записей из таблиц базы данных процесса обработки;
- модуль отображения личного кабинета – отображение информации о пользователе, авторизованном в системе, количестве пройденных и новых заданий, личная информация;
- модуль формирования обучающего задания – формирование исходных данных для задания на обучение: выбор станка, материала заготовки, электролита, электрод-инструмента и глубины обработки заготовки;
- модуль виртуального пульта управления станком электрохимической обработки металлов, с помощью которого происходит моделирование процесса обработки: выбор параметров технологического процесса в зависимости от данных, указанных в задании;
- модуль отображения результатов проведенного моделирования процесса электрохимической обработки – отображение выходных параметров проведенного эксперимента, полученных в результате моделирования, показателей эффективности процесса, журнала действий обучаемого в ходе выполнения задания на обучение.

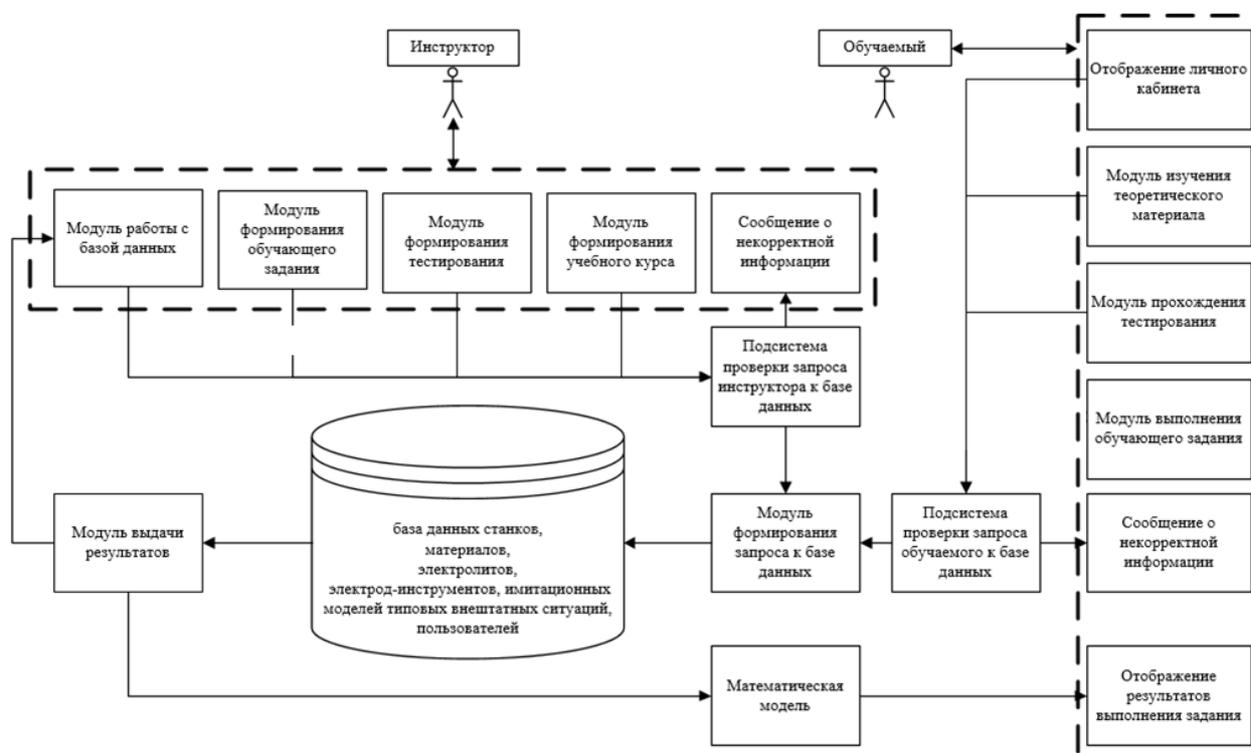


Рис. 1. Функциональная структура тренажерного комплекса

Тренажер с описанной функциональной структурой позволяет решать задачи обучения управлению процессом электрохимической обработки металлов и сплавов.

Список литературы

1. Романов Н.В. Программно-аппаратный комплекс для электрохимической обработки изделий из металлов и сплавов / Н.В. Романов, А.К. Федин, Т.Б. Чистякова // Автоматизация в промышленности. – 2017. – № 5. – С. 61-64.
2. Дозорцев В.М. Компьютерные тренажеры для обучения операторов технологических процессов / В.М. Дозорцев. – М.: Синтез, 2009. – 372 с.
3. Байсупов И.А. Электрохимическая обработка металлов / И.А. Байсупов. – М.: Высш. шк., 1981. – 152 с.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОНОМИКЕ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРОПУСКОВ В МАССИВАХ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Е.Е. Фомина

Тверской государственный технический университет,
г. Тверь

Аннотация. В статье описаны результаты восстановления пропущенных значений в массивах экономической информации с использованием нейронных сетей, а именно многослойного персептрона. Исследовалась возможность импутации для выборок с категориальными и интервальными переменными. Вычислительные эксперименты показали, что нейронные сети эффективны для импутации значений интервальных переменных, и малоэффективны для категориальных переменных.

Экономические исследования сопряжены с обработкой больших массивов данных. В силу различных обстоятельств, исходные данные могут содержать пропущенные значения, что в ряде случаев существенно искажает результаты исследований.

Удаление неполных наблюдений может привести к потере важной информации и повлиять, в итоге, на статистические выводы. Решением проблемы является восстановление пропущенных значений, или импутация, с применением математических методов. Необходимо отметить, что импутация возможна только в том случае, когда пропуски данных соответствуют полностью случайным или случайным [1].

Подробная классификация методов импутации изложена в работах [2-6].

В настоящей статье рассматриваются результаты исследования по применению нейронных сетей для решения задачи восстановления пропущенных

значений в массивах экономических данных. В частности для импутации использовалась искусственная нейронная сеть прямого распространения или многослойный персептрон [7].

Метод применялся как к выборкам с интервальными, так и с категориальными переменными.

Для оценки эффективности импутации использовался следующий алгоритм [3]:

- 1 шаг: формировалась выборка с комплектными записями;
- 2 шаг: искусственно генерировались пропуски;
- 3 шаг: пропуски восстанавливались с использованием нейронных сетей;
- 4 шаг: рассчитывались средние относительные погрешности для каждого метода.

В качестве инструмента использовалась программа STATISTICA [8].

Было установлено, что для интервальных переменных нейронные сети, а именно многослойный персептрон, показывают высокую эффективность импутации.

В таблице приведены средние относительные погрешности для выборки, содержащей 8 интервальных переменных и 2000 наблюдений при различном проценте пропущенных значений.

Средние относительные погрешности				
Процент пропусков	5 %	20 %	50 %	95 %
Средняя относительная погрешность	2,1 %	3,2 %	7,3 %	8,2 %

Для выборок с категориальными переменными нейронные сети, в большинстве случаев, малоэффективны. Средняя относительная погрешность в исследуемых выборках превысила 50 %.

Список литературы

1. Литтл Р.Дж.А. *Статистический анализ данных с пропусками*. Пер. с англ. / Р.Дж.А. Литтл, Д.Б. Рубин. – М.: Финансы и статистика, 1990. – 336 с.
2. Абраменкова И.В., Круглов В.В. *Методы восстановления пропусков в массивах данных* / И.В. Абраменкова, В.В. Круглов // Программные продукты и системы, 2005. – №2. – С. 4.
3. Фомина Е.Е. *Обзор методов и программного обеспечения для восстановления пропущенных значений в массивах социологических данных* / Е.Е. Фомина // Гуманитарный вестник, 2019. – № 4 (78). – С. 10.
4. E.-L. Silva-Ramírez. *Missing value imputation on missing completely at random data using multilayer perceptrons* / Silva-Ramírez E.-L. // *Neural Networks*, 2011. – Volume 24. – Issue 1. – P. 121-129.
5. *Многомерный статистический анализ в экономических задачах: компьютерное моделирование в SPSS: Учебное пособие* / Под ред. И.В. Орловой. – М.: Вузовский учебник, 2009. – 309 с.
6. Злоба Е., Яцкив И. *Статистические методы восстановления пропущенных данных* / Е. Злоба, И. Яцкив // *Computer Modelling & New Technologies*, 2020. – Vol. 6. – № 1. – P. 51-61.

7. Шматов Г.П. *Нейронные сети и генетический алгоритм: учебное пособие* / Г.П. Шматов, Е.Е. Фомина. – Тверь: Тверской государственный технический университет, 2019. – 200 с.

8. Боровиков В. *STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере* / В. Боровиков. – Спб.: Питер, 2003. – 688 с.

КОРПОРАТИВНАЯ СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

И.Р. Бадыкова

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань

Аннотация. Данное исследование ставит своей целью изучение корпоративной социальной ответственности как фактора инновационного развития предприятия. В работе рассмотрены нормативный и инструментальный подходы к социальной ответственности компаний и сделан вывод о том, что именно второй из подходов представляет собой управленческую инновацию для российского рынка и является важным элементом деятельности компаний, направленным на сохранение конкурентных преимуществ в кризисные периоды и наращивания экономической эффективности в условиях стабилизации экономики.

Ключевые слова: корпоративная социальная ответственность, российские компании, финансовая эффективность, инновационный подход.

Глобальный экономический кризис в сочетании с пандемией COVID-19 порождает весьма неблагоприятные условия для развития предприятий различных секторов экономики по всему миру. Бизнес вынужден искать пути преодоления кризиса: вероятнее всего, выживут лишь те компании, которые проявят себя как инноваторы по различным направлениям деятельности. Особо важную роль, на наш взгляд, должны сыграть управленческие инновации. В данном контексте корпоративная социальная ответственность (далее – КСО) становится еще более актуальным и важным для большинства компаний стратегическим направлением, по сути своей представляющим для формирующихся рыночных экономик, к которым относится и Россия, инновационный подход.

Безусловно, было бы неверно утверждать, что КСО является абсолютно новым подходом и исключительной инновацией для России. Начало развития КСО стране в современном понимании можно отнести к 2000-ым гг. Некоторые компании уже сегодня внедряют в свою управленческую деятельность социально ответственные практики. Однако в целом можно говорить о том, что у большинства отечественных компаний КСО как политика не сформировалась: социально ответственные мероприятия и инициативы носят точечный и несистемный характер. Такого рода подход к социальной ответственности представляет собой исполнение определенного ограниченного набора этических обязанностей перед различными группами заинтересованных лиц и характеризуется в литературе как нормативный [2; 3]. Расходы на КСО в данном

случае будут восприниматься как текущие, уменьшающие прибыль. Соответственно, логично предположить, что крупные инвесторы и менеджмент компании, вероятнее всего, будут стремиться минимизировать подобные траты. Кроме того, финансирование расходов на КСО в случае с российским рынком часто носит остаточный характер (теория (не)достаточности ресурсов). В периоды кризисов, например, в текущей ситуации, можно с достаточной степенью уверенности предполагать, что финансирование расходов на КСО будет резко сокращаться.

Когда речь идет о КСО как об инновационном инструменте, имеется в виду несколько иной подход. Опыт развитых зарубежных стран показывает, что важной выступает системная деятельность при разработке и реализации политики социальной ответственности компаний, являющаяся частью стратегии развития организации. Такой подход позволяет использовать КСО как инструмент повышения экономической эффективности компаний за счет наращивания лояльного отношения со стороны стейкхолдеров (стейкхолдерская теория) и восприятия компании участниками рынка как высоконадежной за счет создания репутационного «галло» (сигнальная или репутационная теория). В литературе подобный подход к КСО называют инструментальным [1; 4]. В целом, вложения в реализацию политики КСО в данном случае будут восприниматься как долгосрочные инвестиции.

Таким образом, для российского рынка на сегодняшний день реализация политики КСО как инструмента повышения экономической эффективности является вполне инновационной практикой. В условиях, когда большинство компаний осуществляют социально ответственные мероприятия несистемно, по остаточному признаку с финансовой точки зрения, сложно говорить о том, что подобные действия помогают увеличивать лояльность со стороны стейкхолдеров. За счет последнего и формируется рост конкурентоспособности компании, что приводит к росту экономической эффективности компаний в долгосрочной перспективе.

Вероятнее всего, наличие выстроенной политики КСО к моменту начала кризиса послужило бы важным вкладом в стратегию выживания компании. Не имея такового «багажа», компании вынуждены просить помощи от государства. Соответственно, на наш взгляд, инновационный подход к КСО в рамках российских реалий является важным этапом для формирования потенциала компании в вопросе сохранения конкурентных преимуществ в период кризиса и повышения экономической эффективности в более стабильные периоды.

Список литературы

1. Гизатуллин А.В. Корпоративное управление, социальная ответственность и финансовая эффективность компании / А.В. Гизатуллин // *Российский журнал менеджмента*. – 2007. – Т. 5, №1. – С. 35-66.
2. *Social Responsibilities of the Businessman* / H. Bowen. – N. Y.: Harper & Row, 1953.
3. *McGuire J. Business and Society* / J. McGuire. – N. Y.: McGraw-Hill, 1963.
4. *Preston L.E. The corporate social-financial performance relationship. A typology and analysis* / L.E. Preston, D.P. O'Bannon // *Business and Society*, 1997. – No. 36 (4). – Pp. 419-429.

Содержание

ИННОВАЦИОННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Яппаров А.И., Фокеева Л.Х. Модернизация узла учета и разработка проекта методики измерения природного газа на выходе с подземного газового хранилища.....	3
Ивлев А.В., Галямов Р.Р., Шарифуллина А.Ю. Разработка системы автоматизации абсорбционно-газофракционирующей установки.....	4
Бодрова Т.Г., Гусева М.К., Буданова У.А., Себякин Ю.Л. Разработка новых пептидомиметиков на основе производных аминокислот в качестве агентов антибактериального действия.....	7
Гузь Н.А., Фокеева Л.Х. Организация удаленного консольного доступа в АСУТП.....	9
Князева А.М., Королева Ю.В. Спектральные характеристики некоторых природных красителей.....	10
Билалова Ю.Д., Умарова Н.Н. Особенности метрологического обеспечения на узле измерений природного газа.....	15
Мурский К.О. Электрогидравлический привод.....	16
Максимов Н.М., Моисеев А.В., Солманов П.С., Томина Н.Н., Пимерзин А.А., Веревкин С.П. О роли азоторганических соединений, носителя и температуры в гидрогенолизе ДБТ на $Ni_6Mo_xW_{12-x}/Al_2O_3$ катализаторах.....	18
Солманов П.С., Максимов Н.М., Моисеев А.В., Томина Н.Н., Пимерзин А.А., Веревкин С.П. Влияние состава и морфологии P-Ni-Mo-W/ Al_2O_3 систем на их каталитическую активность.....	23
Семенова Е.М., Буданова У.А., Себякин Ю.Л. Новые гликолипиды для направленной доставки лекарств в клетки печени.....	27
Меньшова И.И., Ходченко С.М., Заболотная Е., Челноков В.В., Бело-зерский А.Ю. Современные методы интенсификации процессов ректификации многокомпонентных смесей.....	29
Букова М.Б. Исследование нанообъектов с помощью объединения методов конфокальной микроспектроскопии и сканирующей зондовой наното-мографии.....	32
Бессонов А.С. Развитие автоматизированных систем визуального контроля оптических поверхностей.....	34
Бабаков Е.А. Исследование энергоэффективности установок рекуперации паров на базе конденсация-адсорбция, использующихся при погрузке бензинов на морских танкерах.....	38
Шиябутдинова А.В., Красных Е.Л. Исследование процесса получения сополимера на основе бутилового эфира молочной кислоты.....	42
Котова Д.М. Роль цифровых маркетинговых технологий в развитии промышленности.....	45
Шангареев Д.Р., Антонова Т.Н., Абрамов И.Г. Особенности каталитического жидкофазного окисления циклооктена молекулярным кислородом.....	49
Илалов З.С., Четверткова О.В., Гайнанова А.Г. Модернизация кожухо-трубчатого конструкции теплообменника с использованием профилированных труб.....	54

Илалов З.С., Четверткова О.В., Гайнанова А.Г. Интенсификация теплообмена в кожухотрубчатом теплообменном аппарате.....	55
Богданов Э.А., Ибрагимов И.Г. Расчет гидродинамики гидроциклона для сепаратора первой ступени подготовки нефти.....	56
Ефимушкин М.Г., Ризванов Р.Г. Модернизация конструкции змеевика радиантной трубчатой печи установки производства базовых масел.....	58
Нургалиева Р.В., Насибуллина О.А. Разработка методики расчета гидродинамических характеристик трубчатого распределителя жидкости для колонных аппаратов.....	59
Богданов Э.А., Ибрагимов И.Г. Повышение эффективности тангенциального ввода сырья в вертикальном нефтегазовом сепараторе.....	61
Нуретдинова Г.Р. Использование нанотехнологий в строительстве.....	62
Штепенко Д.Е., Протопопов А.В. Способ модификации лигнина стеариновой кислотой в твердой фазе при высоких температурах.....	64
Шумилова Е.Ю., Протопопов А.В. Получение п-аминобензоатов лигнина.....	67
Камаев А.В., Разыграев А.С. Программный комплекс для управления размерными характеристиками каландрированных тонких материалов на основе анализа больших промышленных данных.....	69
Тедтоев А.Т., Макарук Р.В. Программный комплекс для оценки цветовых характеристик полимерной пленки на базе нечетких моделей.....	73
Лунев А.А., Чистякова Т.Б. Интеллектуальная система мониторинга процесса ректификации на установках первичной переработки нефти.....	78
Панарин В.М., Маслова А.А., Гришаков К.В. Интеллектуальная система мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий.....	82
Пушилина Ю.Н., Головкин В.Ю. Видеоэкология в архитектуре. Решение проблем визуальных загрязнений в городской среде.....	86
Пушилина Ю.Н., Нагорная Ю.А. Экологический каркас как основа современного города.....	91
Котлеревская Л.В., Боева Ю.В. Преимущества гидropескоструйной обработки материалов с позиций снижения шумового воздействия на работающих и улучшения условий труда.....	95
Полосин А.Н., Липкан А.Д. Гибридная экспертная система для управления качеством экструдата и производительностью экструдера в производстве полимерных пленок при нештатных ситуациях.....	98

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ, РЕСУРСО И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Билалова А.И. Разработка системы управления энергосберегающим электроприводом.....	103
Рябинина Н.В., Шайдурова Г.И. Перспективы повышения пожаробезопасности и обеспечения нетоксичности материалов при термодеструкции.....	105
Челноков В.В., Заболотная Е., Матасов А.В., Ходченко С.М., Макарова А.С. Интенсивная рекультивация свалок и полигонов захоронения твердых бытовых отходов.....	110
Челноков В.В., Матасов А.В., Заболотная Е., Макарова А.С., Меньшова И.И. Ресурсоэнергоэффективные методы, способствующие сохранению самоочистительного потенциала водоёма.....	112

Челноков В.В., Матасов А.В., Заболотная Е., Глушко А.Н. Информационно-интеллектуальная система мониторинга окружающей среды при воздействии отходов автодорог.....	114
Челноков В.В., Заболотная Е., Матасов А.В., Глушко А.Н. Повышение экологической безопасности продуктов горения при разработке конструкций магнитно-электрических активаторов сжигания промышленных газов.....	117
Лесняк И.Ю. Повышение энергетической эффективности ракет космического назначения с маршевыми ЖРД.....	120
Плонский В.Ю., Чистякова Т.Б. Система учета многооборотной тары виртуального предприятия.....	122
Мосалева А.В. Анализ силовой части ветрогенератора на основе асинхронной машины двойного питания.....	129
Мусаткина Т.Ю. Системы стабилизации напряжения асинхронного генератора.....	131
Козлов А.В., Суменко А.И., Чистякова Т.Б. Программный комплекс выбора рецептур композиционных смесей для вторичной переработки полимеров.....	132
Бальзамов Д.С., Бальзамова Е.Ю. Увеличение использования конденсата взамен глубоко обессоленной воды для приготовления питательной воды для котлов.....	135
Панарин В.М., Маслова А.А., Гришаков К.В. Адаптация нейронных сетей для проведения экологического мониторинга окружающей среды.....	137
Панарин В.М., Маслова А.А., Гришаков К.В. Схемы информационных потоков системы сбора данных интеллектуальной системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов.....	142
Панарин В.М., Маслова А.А., Гришаков К.В. Разработка формата передачи данных в информационных потоках интеллектуальной системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий.....	145
Заживихина Е.И., Маркова С.А., Заживихин Д.А. Абьетат цинка и его свойства.....	154

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРОИЗВОДСТВ

Ялалетдинова А.В., Кантор Е.А. Оптимизация теоретической функции распределения для оценки превышения нормативов мутности речной воды.....	157
Четырбоцкий В.А. Компьютерное моделирование химико-микробиологических процессов в ризосфере.....	159
Щербинин А.В., Доманов В.И. Исследование системы автоматизированного управления электроприводом перемещения грузоподъемного механизма.....	162
Плохотников С.П., Еникеева С.Р., Куан Минь Тхо, Аль Джабри А.Я. Задача оптимизации для слоистых нефтяных пластов.....	168
Якубов Р.Н. Методические подходы к моделированию водоизоляционных работ.....	171
Хасаншин К.Р., Вилохин С.А. Исследование и совместное использование методик расчета параметров и последствий горения газопаровоздушных смесей на открытом пространстве.....	174
Новикова О.Г., Копелев А.О. Архитектура и информационное обеспечение программного комплекса для формирования реестра виртуальных моделей вычислительной техники разных поколений.....	179

ИННОВАЦИОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Ануфриева Д.Ю. Критическое оценивание информации как образовательная технология.....	182
Петрук Н.Н., Гюльмагомедова М.В. Использование кейс-метода в преподавании топографической анатомии.....	185
Бикмухаметова Д.Н., Еникеева С.Р., Миндубаева А.Р. Использование инновационных технологий в концепции гибкой многопрофильной математической подготовки в технологическом университете в условиях дистанционного обучения.....	187
Курасов Д.А., Подвальная Е.Ф. Использование инновационных образовательных технологий виртуальной реальности (VR) в обучении и промышленности.....	190
Новикова О.Г., Кондратьева А.А. Информационно-поисковая подсистема интернет-портала выпускников кафедры технического университета.....	192
Рахманов П.Д., Федин А.К. Структура тренажерного комплекса для обучения управлению процессом электрохимической обработки изделий из металлов и сплавов.....	196

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОНОМИКЕ

Фомина Е.Е. Использование нейронных сетей для восстановления пропусков в массивах экономической информации.....	198
Бадыкова И.Р. Корпоративная социальная ответственность как фактор развития инновационных процессов.....	200