МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ А.Н. КОСЫГИНА (ТЕХНОЛОГИИ. ДИЗАЙН. ИСКУССТВО)

ТРЕТИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОСЫГИНСКИЙ ФОРУМ «СОВРЕМЕННЫЕ ЗАДАЧИ ИНЖЕНЕРНЫХ НАУК»

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СИМПОЗИУМ «ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОРЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОЦЕССОВ И АППАРАТОВ ХИМИЧЕСКОЙ И СМЕЖНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ», ПОСВЯЩЕННЫЙ 110-ЛЕТИЮ А.Н. ПЛАНОВСКОГО (ISTS «EESTE-2021»)

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

(ТОМ 2)

МОСКВА
20 И 21 ОКТЯБРЯ 2021 ГОДА

Проводится в соответствии с планом мероприятий по проведению Годов российско-китайского научно-технического и инновационного сотрудничества
Распоряжение Правительства РФ от 15 апреля 2020 г. № 1020-р

УДК 66.02(06)
П 42

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОРЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОЦЕССОВ И АППАРАТОВ ХИМИЧЕСКОЙ И СМЕЖНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ : сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума «Повышение энергоресурсоэффективности и экологической безопасности процессов и аппаратов химической и смежных отраслей промышленности», посвященного 110-летию А.Н. Плановского (ISTS «EESTE-2021»): Т. 2 / М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина», 2021. – 294 с.

ISBN 978-5-00181-166-4

В сборник включены научные материалы российских и зарубежных ученых, в которых приводятся результаты научных исследований энергоресурсоэффективных процессов и технологических систем, рассматриваются современные пути повышения энергоресурсоэффективности и экологической безопасности процессов и аппаратов химической и смежных отраслей промышленности.

ISBN 978-5-00181-166-4

УДК 66.02(06)

© ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2021
© Авторы статей, 2021

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СИМПОЗИУМ «ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОРЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОЦЕССОВ И АППАРАТОВ ХИМИЧЕСКОЙ И СМЕЖНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ», ПОСВЯЩЕННЫЙ 110-ЛЕТИЮ А.Н. ПЛАНОВСКОГО (ISTS «EESTE 2021»)

ПРОВОДИТСЯ В РГУ ИМЕНИ А.Н. КОСЫГИНА В РАМКАХ ТРЕТЬЕГО МЕЖДУНАРОДНОГО КОСЫГИНСКОГО ФОРУМА «СОВРЕМЕННЫЕ ЗАДАЧИ ИНЖЕНЕРНЫХ НАУК» 20 И 21 ОКТЯБРЯ 2021 ГОДА

Организаторами Симпозиума являются:

- Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
- Министерство промышленности и торговли Российской Федерации
- Российская академия наук
- Российский Союз научных и инженерных общественных объединений
- Всекитайская Ассоциация по науке и технике (CAST)
- Российский государственный университет имени А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)
- Российское химическое общество имени Д. И. Менделеева
- Российская инженерная академия
- Евразийский информационно-аналитический консорциум
- Комитет РосСНИО по проблемам энергоресурсоэффективных химических технологий
- Институт общей и неорганической химии имени Н. С. Курнакова РАН
- Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси
- Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)
- Московский государственный университет пищевых производств
- Московский политехнический институт
- Институт системного программирования имени В. П. Иванникова РАН
- Институт химических реактивов и особо чистых химических веществ
- Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»
- Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева

Рабочие языки Симпозиума: русский и английский.
Материалы публикуются в авторской редакции.

ПРОГРАММНЫЙ (НАУЧНЫЙ) КОМИТЕТ МЕЖДУНАРОДНОГО НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СИМПОЗИУМА «ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОРЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОЦЕССОВ И АППАРАТОВ ХИМИЧЕСКОЙ И СМЕЖНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ», ПОСВЯЩЕННОГО 110-ЛЕТИЮ А.Н. ПЛАНОВСКОГО (ISTS «EESTE 2021»)

Президент Симпозиума:

Президент Международного и Российского Союзов научных и инженерных общественных объединений, член Президиума РАН,

академик РАН **Гуляев Юрий Васильевич**

Председатель программного (научного) комитета:

Вице-президент РХО им. Д.И. Менделеева, сопредседатель Комитета РосСНИО по проблемам энергоресурсоэффективных химических технологий,

профессор **Кулов Николай Николаевич**

Сопредседатели программного (научного) комитета:

Ректор Российского государственного университета имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство) профессор

Белгородский Валерий Савельевич

Президент Российского химического общества имени Д.И. Менделеева

академик РАН **Цивадзе Аслан Юсупович**

Президент Российской инженерной академии, член-корреспондент РАН

Гусев Борис Владимирович

Заместитель Президента РАН, член Президиума РАН, член-корреспондент РАН, **Иванов Владимир Викторович**

Член правления РХО имени Д.И. Менделеева, директор Международного института логистики ресурсосбережения и технологической инноватики,

академик РАН **Мешалкин Валерий Павлович**

Директор института системного программирования имени В.П. Иванникова РАН, академик РАН **Аветисян Арутюн Ишханович**

Директор Института общей и неорганической химии имени Н.С.Курнакова РАН, член-корреспондент РАН **Иванов Владимир Константинович**

Вице-президент Китайской ассоциации нефтяной и химической промышленности, член Академического консультативного комитета Китайской Академии Наук, академик Китайской Академии Наук **Дуань Сюэ**

Член Правления Китайского химического общества, Председатель Научного Комитета Государственной лаборатории переработки тяжелой нефти, академик Китайской Академии Наук **Чуньмин Сюй**

Учёный секретарь программного (научного) комитета:

профессор РГУ имени А.Н . Косыгина, учёный секретарь Комитета РосСНИО по проблемам энергоресурсоэффективных химических технологий

Кошелева Мария Константиновна

(тел. моб. 8 (926) 355 04 48, e-mail: oxtpaxt@ya.ru).

Информационное обеспечение Симпозиума на сайтах

http://www.eeste.org, http://www.rusea.info,

https://www.chem-com.ru, http://www.kosygin-rgu.ru, https://etpeb.ru

Состав программного (научного) комитета:

Абиев Р.Ш. проф. (Россия)
Аветисян А.И. акад. РАН (Россия)
Акулич А.В. проф. (Беларусь)
Акулич П.В. проф. (Беларусь)
Бабкин В.В. проф. (Россия)
Балыхин М.Г. проф. (Россия)
Белгородский В.С. проф. (Россия)
Берентгартен М.Г. проф. (Россия)
Бинь Инь проф. (Китай)
Блиничев В.Н. проф. (Россия)
Бокова Е.С. (Россия)
Вошкин А.А. проф. (Россия)
Генералов М.Б. проф. (Россия)
Грунский В.Н. проф. (Россия)
Гуляев Ю.В. акад. РАН (Россия)
Гусев Б.В. чл.-корр. РАН (Россия)
Дорняк О.Р. проф. (Россия)
Друкаренко С.П. д-р (Россия)
Дьяконов С.Г. проф. (Россия)
Иванов В.В. чл.-корр. РАН (Россия)
Иванов В.К. чл.-корр. РАН (Россия)
Кильдеева Н.Р. проф. (Россия)
Клинов А.В. проф. (Россия)
Кобраков К.И. проф. (Россия)
Кошелева М.К. проф. (Россия)
Кулов Н.Н. проф. (Россия)
Лабутин А.Н. проф. (Россия)
Леонтьев Л.И. акад. РАН (Россия)
Лесовик В.С. чл.-корр. РААСН (Россия)
Липин А.Г. проф. (Россия)
Лукачевский Б.П. д-р. (Россия)
Мажуга А.Г. проф. (Россия)
Мешалкин В.П. акад. РАН (Россия)
Мизонов В.Е. проф. (Россия)
Ольшанская Л.Н. проф. (Россия)
Остриков А.Н. проф. (Россия)
Павлюкевич Н.В. чл.-корр. НАН Р. Беларусь (Беларусь)
Равичев Л.В. проф. (Россия)
Рудобашта С.П. проф. (Россия)
Силаков А.В. (Россия)
Таранцева К.Р. проф. (Россия)
Федосов С.В. акад. РААСН (Россия)
Фролкова А.К. проф. (Россия)
Хмелёв В.Н. проф. (Россия)
Холькин А.И. акад. РАН (Россия)
Цивадзе А.Ю. акад. РАН (Россия)
Черепенин В.А. чл.-корр. РАН (Россия)
Alves-Filho O. prof. (Norway)
Berthiaux Henri prof. (France)
Chen Lei dr. (China)
Chunming Xu acad. (China)
Dang Vu Minh prof. (Vietnam)
Ditl P. prof. (Czech Rep.)
Duan Xue acad. (China)
Faïçal Larachi prof. (Canada)
Fletcher David prof. (Australia)
Gong K.E. prof. (China)
Jirout T. prof. (Czech Rep.)
Jürgen Brandner prof. (Germany)
Kanga Marlene dr. (Australia)
Kiefer Thomas prof. (Germany)
Kiwi-Minsker Lioubov prof. (Switzerland)
Krawczyk J. prof. (Poland)
Levitsky S. prof. (Israel)
Mechtcherin Victor prof. (Germany)
Mujumdar Arun S prof. (Canada, Singapore)
Murzin Dmitry Yu. prof. (Finland)
Okoh Anthony I. Prof. (South Africa)
Poliakoff Martyn prof. (UK)
Poux Martine prof. (France)
Ribatski Gerhardt prof. (Brazil)
Rieger F. prof. (Czech Rep.)
Ritunesh Kumar prof. (India)
Simmons Mark prof. (UK)
Smechowski Krzysztof prof. (Poland)
Środulska-Krawczyk Małgorzata prof. (Poland)
Tapio Salmi prof. (Finland)
Volker Hessel prof. (Netherlands)
Woerner Martin prof. (Germany)

ОГЛАВЛЕНИЕ

СЕКЦИЯ 3. «ПРОЦЕССЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ТЕХНОСФЕРЫ (ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ)»

В. Н. ГРУНСКИЙ, М. Д. ГАСПАРЯН, М. Г. ДАВИДХАНОВА, А. Д. КОМАРОВА
СОРБЦИОННО-ФИЛЬТРУЮЩИЕ СВОЙСТВА КОНТАКТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ КЕРАМИЧЕСКИХ ВЫСОКОПОРИСТЫХ БЛОЧНО-ЯЧЕИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ 12

Е. ЗАБОЛОТНАЯ, И. И. МЕНЬШОВА
АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОЧИЩЕННОЙ ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВОЙ СТОЧНОЙ ВОДЫ В ТЕХНОЛОГИЯХ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 17

А. Ф. ЕГОРОВ, Т. В. САВИЦКАЯ, П. Г. МИХАЙЛОВА
ИНТЕГРИРОВАННЫЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ. МЕТОДОЛОГИЯ И ПРАКТИКА СОЗДАНИЯ 21

Д. В. АЛЕКСЕЕВ, Г. К. ИВАХНЮК, Е. А. НОВОСЕЛОВА
МЕТОДИКА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ 25

И. М. ВОЛЬШАНСКИЙ, М. Г. БЕРЕНГАРТЕН
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ БИОМАССЫ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ ПРОДУКТОВ 30

К. А. ГРОМОВА, О. А. ТРИШИНА, О. И. СЕДЛЯРОВ, Е. В. ОТРУБЯННИКОВ
ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ ПЛАСТМАСС 33

Е. А. НОВОСЕЛОВА
МЕТОДИКА ДЕМЕРКУРИЗАЦИИ ХЛОРСОДЕРЖАЩИМИ РЕЦЕПТУРАМИ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА 36

В. В. СИНЮКОВ, А. В. ЩУКИН
ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВ НАЗЕМНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНОГО СУДНА НА ОСНОВЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОДГОТОВКИ ПЕРСОНАЛА 39

Ю. В. СОКОЛОВА
УТИЛИЗАЦИЯ ВЫБРОСОВ ПРИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ОТРАБОТАННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ГИДРООЧИСТКИ ТОПЛИВА 43

М. К. КОШЕЛЕВА, Р. Н. ГОЛЫХ, Т. А. НОВИКОВА
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ПРОЦЕССА СУШКИ ТКАНЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ПОЛЯ ДЛЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ 46

G. ZHANG, F. YANG, F. CHEN, H. LIU
TUNING SURFACE CHEMICAL PROPERTY IN THREE-DIMENSIONAL POROUS CARBON VIA NITROGEN AND PHOSPHORUS DOPING FORDEEP DESULFURIZATION 49

М. П ТЮРИН, Е. С. БОРОДИНА, Г. И. ПЕРВАК
АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗДЕЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫХ ЭМУЛЬСИЙ В СТРУЙНОМ АППАРАТЕ 51

F. CHEN, H. LIU, G. ZHANG, F. YANG
ONE-POT PREPARATION OF SURFACE SULFIDED BIMETALLIC COBALT-IRON AEROGELS FOR HIGH PERFORMANCE ACTIVATION OF PERSULFATE TO DEGRADE SULFADIAZINE 55

О. А. ТРИШИНА, К. А. ГРОМОВА, Е. В. ОТРУБЯННИКОВ, О. И. СЕДЛЯРОВ
ПОИСК РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ФЛЕКСОПОЛИМЕРНЫХ ПЛАСТИН 56

E. WANG, Y. SONG, Y. ZOU, D. LI, A. DUAN
ALUMINIZATION OF AMINO-MODIFIED MESOPOROUS SILICON-BASED MATERIALS AND ITS NAPHTHALENE HYDROGENATION PERFORMANCE 60

СЕКЦИЯ 4. «ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГОРЕСУРСОЭФФЕКТИВНЫХ ПРОЦЕССАХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ»

Е. А. АЛЕКСЕЕВ, А. Н. ЛАБУТИН, Б. А. ГОЛОВУШКИН
АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ КАПРОЛАКТАМА В РЕАКТОРЕ ТВЕРДОФАЗНОГО ДОПОЛИАМИДИРОВАНИЯ 65

П. А. СЕВОСТЬЯНОВ, Т. А. САМОЙЛОВА
ФРАКТАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ЗАДАЧИ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ 69

А. Н. ЛАБУТИН, В. Ю. НЕВИНИЦЫН, Г. В. ВОЛКОВА, Ю. Н. ЗАГАРИНСКАЯ
НЕЛИНЕЙНЫЕ АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫМ РЕЖИМОМ ХИМИЧЕСКОГО РЕАКТОРА 72

А. С. БЕЛОУСОВ, В. Ю. АБРАМИН
РАСЧЕТ СТРУКТУР ДВИЖЕНИЯ ПЛОТНЫХ ЧАСТИЦ В ВИХРЕВЫХ ПОТОКАХ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ 75

П. А. СЕВОСТЬЯНОВ, Т. А. САМОЙЛОВА, М. Л. МАРКОВА
МЕТОД АДАПТИВНОГО СЛУЧАЙНОГО ПОИСКА ПРИ ОБУЧЕНИИ НЕЙРОННОЙ СЕТИ 78

М. М. САФАРОВ, Ш. У. УМАР, Г. Н. НЕЪМАТОВ
ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЫХ ФАКТОРОВ НА ПОВЕДЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ СПЛАВОВ ДЛЯ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ 82

П. А. СЕВОСТЬЯНОВ, Т. А. САМОЙЛОВА, Е. Н. ВАХРОМЕЕВА
МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЗАПОЛНЕНИЯ ПАМЯТИ КОМПЬЮТЕРА 84

Д. В. СТЕНЬКО, А. Б. КАПРАНОВА, Д. Д. БАХАЕВА, Д. В. ФЕДОРОВА
ПРИМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РОТАЦИОННОГО СМЕСИТЕЛЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ 88

В. Ю. НЕВИНИЦЫН, А. Н. ЛАБУТИН
ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИМИ РЕАКТОРАМИ 92

А. А. КАЗНАЧЕЕВА, О. М. ВЛАСЕНКО
РАЗРАБОТКА ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЗНАНИЙ В АЛГОРИТМАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ СПЕЦОДЕЖДЫ ДЛЯ РАБОТЫ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ 95

Л. С. РАТКИН
СОТРУДНИЧЕСТВО РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК И ПАО «РОСНЕФТЬ» НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ 99

Н. С. КАМАЛОВА, Н. Ю. ЕВСИКОВА, Ю. В. КРУТСКИХ
ТЕРМОПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ В ПРИРОДНОЙ ДРЕВЕСИНЕ И ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЛЕСНЫХ МАССИВОВ 102

А. П. ПОЛИЕФТОВА, Е. В. ОТРУБЯННИКОВ, А. А. КОСТРОВ, О. И. СЕДЛЯРОВ
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВНУТРЕННЕЙ АЭРОДИНАМИКИ МНОГОСТУПЕНЧАТЫХ ИНЕРЦИОННЫХ И ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩИХ АППАРАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВОБОДНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ 106

О. М. ВЛАСЕНКО, Н. И. СИУХИН, Н. М. КАЛАЧЕВ
ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПО ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ПЛАСТИКА 110

С. Т. АНТИПОВ, В. М. АРАПОВ, Д. А. КАЗАРЦЕВ
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ КИНЕТИКИ СУШКИ ПИЩЕВЫХ СРЕД ПРИ КОМБИНИРОВАННОМ ЭНЕРГОПОДВОДЕ.....114

А. Л. КАЛАБИН
ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ ФОРМОВАНИЯ ПРЕКУРСОРА ПАН ВОЛОКНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ НА ОСНОВЕ ФАЗОВОЙ ДИАГРАММЫ ГЕЛЕОБРАЗОВАНИЯ.....119

Е. В. РОМАНОВА, А. Н. КОЛИУХ
ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ОРЕБРЕННОГО РЕКУПЕРАТОРА С ПРИМЕНЕНИЕМ ПАКЕТА ANSYS 122

В. Д. ТЮТЮМА
УЧЕТ ФОНОННОГО ПЕРЕНОСА В МОДЕЛИ ТЕЧЕНИЯ И ТЕПЛООБМЕНА ВЯЗКОЙ СЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ.....125

О. И. СЕДЛЯРОВ, В. В. КОСТЫЛЕВА, В. Ю. АЛЕЙНИКОВ, В. В. КУРАНОВ
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ.....129

СЕКЦИЯ 5. «СОВРЕМЕННЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ И НАНОМАТЕРИАЛОВ»

Е. И. ИВАШКО, А. Н. БУРКИН
ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ НА СВОЙСТВА ВОДОЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ.....134

Е. С. ВОЛКОВА, Н. В. БОРИСОВА, Т. П. УСТИНОВА
ОСОБЕННОСТИ ЭНЕРГОРЕСУРСОЭФФЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОЛОКНОНАПОЛНЕННЫХ ПОЛИАМИДНЫХ КОМПОЗИТОВ.....138

А. А. ГУДОК, Ф. М. НИКУЛЬНИКОВ, К. И. КОБРАКОВ
АНАЛИЗ СТАБИЛИЗАЦИИ БЕТА-КАРОТИНА И КРАСНОГО СВЕКОЛЬНОГО КРАСИТЕЛЯ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ 142

В. А. ФУФАЕВА, Т. Е. НИКИФОРОВА
РАЗРАБОТКА СОРБЕНТА НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА И 2-ЭТИЛИМИДАЗОЛАТА НИКЕЛЯ ДЛЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИОНОВ МЕДИ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ.....147

М. А. СЕРЕДИНА
СНИЖЕНИЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ РАЗЛИЧНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ.....150

И. И. ВУТКАРЕВА
ВЛИЯНИЕ ФЕРМЕНТАЦИИ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ НА ВЫДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ В ПРОЦЕССЕ ЭЛЕКТРОЛИЗА 154

Д. А. ЗАРИПОВ
ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ПРИМЕСИ НА ИЗМЕНЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ КОМПОЗИТНЫХ АРМАТУР 161

Л. И. ЗОЛИНА, Е. А. КОТЕМАКО
ИЗУЧЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГИДРОЗОЛЯ СЕРЕБРА, ОБЕСЦВЕЧЕННОГО ПЕРОКСИДОМ ВОДОРОДА.....163

Е. А. ПАНКОВА, Г. Р. РАХМАТУЛЛИНА
ИССЛЕДОВАНИЕ БИОПОЛИМЕРОВ МОДИФИЦИРОВАННЫХ В УСЛОВИЯХ ВЧ ПЛАЗМЫ С ДОБАВЛЕНИЕМ НАНОКОМПОНЕНТА.....166

Д. Б. РЫКЛИН, Н. Н. ЯСИНСКАЯ, М. А. ДЕМИДОВА, В. М. АЗАРЧЕНКО
ПОЛУЧЕНИЕ МНОГОСЛОЙНЫХ НАНОВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЯ 168

В. И. ЧУРСИН, А. А. БОРИСОВ
ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ДУБИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ОКИСЛЕННЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ 173

Д. К. ПАНКЕВИЧ, А. Н. БУРКИН
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СВОЙСТВ МЕМБРАННЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОДЕЖДЫ 178

Е. С. БОКОВА, Ю. С. РОМАНОВА, М. А. СМУЛЬСКАЯ, И. Ю. ФИЛАТОВ
РАЗРАБОТКА И ПОЛУЧЕНИЕ НЕТКАНЫХ СЕПАРАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЩЕЛОЧНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ 183

Д. И. ТЕРАШКЕВИЧ, Е. С. БОКОВА, Г. М. КОВАЛЕНКО, А. С. ГИНЗБУРГ
РАЗРАБОТКА ПОЛИУРЕТАНОВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ХИМИКО-МЕХАНИЧЕСКОЙ ПОЛИРОВКИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЛОЕВ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ 189

М. М. САФАРОВ, С. С. ДЖУМАЕВА, М. М. ГУЛОМОВ
ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА ИЗМЕНЕНИЕ ТЕПЛОПРОДНОСТИ ИЗОБУТАНА 193

Г. М. КОВАЛЕНКО, Е. С. БОКОВА, Ю. Е. НОВИКОВА, Е. К. ПЕТРОВА
РАЗРАБОТКА УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ПОКРЫТИЙ ИСКУССТВЕННЫХ И СИНТЕТИЧЕСКИХ КОЖ НА ОСНОВЕ ЭКОЛОГИЧНЫХ ЛАТЕКСНЫХ КОМПОЗИЦИЙ 195

Д. В. ТЕРИН, С. В. ЦЫПЛЯЕВ, В. В. ЧЕРКАСОВ, М. М. КАРДАШ
ВЛИЯНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ МОЗАИЧНЫХ МЕМБРАН «ПОЛИКОН» НА ИХ СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА 200

Н. В. КОЛОКОЛКИНА
ВЛИЯНИЕ ФТОРСОДЕРЖАЩИХ ДОБАВОК НА СТРУКТУРУ ПОЛИМЕРНЫХ ВОЛОКОН 207

С. Н. МАЛАХОВ, С. Н. ЧВАЛУН
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЯ, ДЛЯ УДАЛЕНИЯ РАЗЛИВОВ УГЛЕВОДОРОДОВ 210

М. А. МОРОЗОВА, А. Б. МОРОЗОВ, Л. В. РЕДИНА
АППАРАТУРНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ДЛИННОМЕРНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ 214

В. Г. СПИРИДОНОВА, О. Г. ЦИРКИНА, С. А. ШАБУНИН, А. Л. НИКИФОРОВ, С. Н. УЛЬЕВА
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВСПУЧИВАЮЩИХСЯ ОГНЕЗАЩИТНЫХ СОСТАВОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ 217

Т. В. МИРОЛЮБОВА, Л. В. РЕДИНА, И. А. ЧМУТИН
ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАСТЕРБАТЧЕЙ С РАЗЛИЧНЫМИ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМИ АГЕНТАМИ 222

Д. В. ТЕРИН, С. В. ЦЫПЛЯЕВ, В. В. ЧЕРКАСОВ, М. М. КАРДАШ
МОЗАИЧНЫЕ МЕМБРАНЫ «ПОЛИКОН», АРМИРОВАННЫЕ ВИСКОЗНЫМ ВОЛОКНОМ 225

М. М. САФАРОВ, З. Ю. НОРОВ, Т. Р. ТИЛЛОЕВА, М. А. ЗАРИПОВА
ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО НАНОПОРОШКА НА ПОВЕДЕНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВА ВОДЫ 228

В. С. СЕЛЕЗНЕВ, Т. А. ИСАЕВА, К. И. КОБРАКОВ
НАПРАВЛЕННЫЙ СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ АЗОКРАСИТЕЛЕЙ, ОБЛАДАЮЩИХ ВЫРАЖЕННОЙ СОРБЦИОННОЙ АКТИВНОСТЬЮ 230

М. М. САФАРОВ, М. ДЖАББОРЗОДА, Б. М. МАХМАДИЕВ
ВЛИЯНИЕ НАНОРАЗМЕРНОГО ДИОКСИДА ТИТАНА НА ИЗМЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ТОЛУОЛА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ 233

H. YANG, G. WANG
REACTIVE ADSORPTION DESULFURIZATION COUPLING OLEFINS AROMATIZATION IN FCC GASOLINE UPGRADING PROCESS 235

КРУГЛЫЕ СТОЛЫ «СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРЕПОДАВАНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ДИСЦИПЛИН В ТЕХНИЧЕСКИХ УНИВЕРСИТЕТАХ РОССИИ, КИТАЯ И ДРУГИХ СТРАН»

С. П. ДРУКАРЕНКО, М. В. ВОРОБЬЕВА
НАУЧНЫЕ И ИНЖЕНЕРНЫЕ ШКОЛЫ КАК СРЕДА, СОЗДАЮЩАЯ И РЕАЛИЗУЮЩАЯ КОНКУРЕНТНЫЕ ПРОЕКТЫ И ФОРМИРУЮЩАЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СТРАНЫ 236

Л. С. РАТКИН
СОТРУДНИЧЕСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ВЕЛИКОБРИТАНИИ В СФЕРЕ АНАЛИЗА, МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ РЫНКА СОВРЕМЕННЫХ НИЗКОУГЛЕРОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ 241

А. А. БАТУЕВА, И. М. ЗАВЕЛЬСКАЯ
БАРЬЕРЫ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ В СОВРЕМЕННОМ РОССИЙСКОМ ВУЗЕ 245

Л. С. РАТКИН
ОСОБЕННОСТИ РЕШЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ БЛОЧНО-МОДУЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ РАЗРАБОТОК ДЛЯ ОБУСТРОЙСТВА НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С РАСЧЕТОМ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИХ РАЗРАБОТКИ 248

Ю. В. ГУЛЯЕВ, С. П. ДРУКАРЕНКО, Ю. Д. ЛАДОХИН
НАСЛЕДНИКИ КОРОЛЁВА ИЗ СИБИРСКОГО ЖЕЛЕЗНОГОРСКА. ОБ ИНЖЕНЕРНОЙ ШКОЛЕ АО «ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ ИМЕНИ М.Ф.РЕШЕТНЁВА» 252

М. С. МУЛЛАКАЕВ, Р. М. МУЛЛАКАЕВ
СОТРУДНИЧЕСТВО–СОПЕРНИЧЕСТВО РОССИИ И КИТАЯ В НЕФТЯНОЙ СФЕРЕ 258

В. И. ЗАБНЕВ, Г. Г. ПОБЕДИНСКИЙ, В. П. ТАГУНОВ, Р. Г. ШАЯПОВ
ОБЩЕСТВЕННЫЕ ОБЪЕДИНЕНИЯ НАУЧНЫХ И ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ ОТРАСЛИ ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ 263

СЕКЦИЯ 3. «ПРОЦЕССЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ТЕХНОСФЕРЫ (ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ)»

УДК 66.03-127.2 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-12-16

СОРБЦИОННО-ФИЛЬТРУЮЩИЕ СВОЙСТВА КОНТАКТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ КЕРАМИЧЕСКИХ ВЫСОКОПОРИСТЫХ БЛОЧНО-ЯЧЕИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ
SORPTION AND FILTERING PROPERTIES OF CONTACT ELEMENTS BASED ON CERAMIC HIGH POROUS BLOCK-CELL MATERIALS

Грунский Владимир Николаевич, Гаспарян Микаэл Давидович, Давидханова Мария Григорьевна, Комарова Алла Дмитриевна, Дубко Алексей Игоревич
Vladimir N. Grunsky, Mikael D. Gasparyan, Maria G. Davidkhanova, Alla D. Komarova, Alexey I. Dubko

Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Россия, г. Москва
Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Russia, Moscow
(e-mail: oxt@muctr.ru, migas56@yandex.ru, maria@muctr.ru, allakomarova@muctr.ru, alexeydubko1994@gmail.com)

Аннотация: Рассмотрено влияние структурно-физических характеристик носителей на основе керамических высокопористых блочных материалов ячеистой структуры на сорбционно-фильтрующие свойства контактных элементов, показано оптимальное сочетание их с эксплуатационными характеристиками фильтров-сорбентов для высокоэффективных систем газоочистки, работающих в условиях высоких температур и агрессивных сред.

Abstract: The influence of the structural and physical characteristics of supports based on ceramic highly porous block materials of a cellular structure on the sorption and filtering properties of contact elements is considered, their optimal combination with the performance characteristics of sorbent filters for highly efficient gas cleaning systems operating at high temperatures and corrosive media is shown.

Ключевые слова: керамические высокопористые ячеистые материалы (ВПЯМ), носители контактных элементов, фильтр-сорбент, газодинамическое сопротивление, газопроницаемость, эффективность очистки, сорбционная емкость.

Keywords: ceramic highly porous cellular materials (HPCM), carriers of contact elements, filter sorbent, gas-dynamic resistance, gas permeability, purification efficiency, sorption capacity

Особые структурно-физические характеристики керамических высокопористых ячеистых материалов (ВПЯМ) обусловлены геометрической формой и вещественным составом керамического каркаса, получаемого методом дублирования структуры ретикулированного пенополиуретана (ППУ). Размеры перемычек и узлов ячеек, которые регулируются при синтезе, создают высокую общую пористость до 95% и доступную внешнюю объемную поверхность (до 3500 $м^2/м^3$ и выше в зависимости от плотности пор исходного ППУ) [1]. Состав керамического шликера, как правило, высокоглиноземистый, в процессе твердофазного обжига и деструкции полимерной матрицы придает материалу химическую стойкость и высокую прочность на сжатие (свыше 2,0 МПа), что обеспечивает повышенные эксплуатационные свойства полученных носителей и контактных элементов на их основе в процессах сорбционной фильтрации газовых сред, к которым следует отнести низкое газодинамическое сопротивление, высокую сорбционную емкость по нейтрализуемым вредным компонентам и эффективность очистки в и агрессивных газовых потоках при высоких температурах.

Перечисленные физические и эксплуатационные характеристики взаимно связаны с первичными структурными характеристикам блочно-ячеистых контактных элементов: эквивалентный диаметр ячейки и общая пористость. Уменьшение эквивалентного диаметра ячеек и пористости приводит к увеличению внешней поверхности и механической прочности на сжатие. Одновременно повышаются массообменные характеристики и газодинамическое сопротивление [2]. Сетчато-ячеистая структура и свободно доступные открытые поры ВПЯМ делают их одинаково проницаемыми для потока в любом направлении, чего нет в блочных сотовых и гранулированных носителях контактных элементов. Постоянное изменение направления потока в макропорах турбулизует поток реагентов, ликвидирует застойные зоны. Однородная открытоячеистая структура ВПЯМ обеспечивает возможность активного массообмена во всем свободном объеме материала. Оптимальное сочетание взаимосвязанных структурных и эксплуатационных характеристик открывает большие перспективы использования высокопористых ячеистых носителей (ВПЯН) в различных процессах, сопряженных с явлениями переноса, в частности, в хемосорбции.

Эффективность работы контактных элементов на основе ВПЯМ определяют по следующим характеристикам: внешняя объемная поверхность нанесенного на керамический каркас сорбционно-активного слоя, газодинамическое сопротивление и газопроницаемость; количественная оценка компактности материала - доступная удельная внешняя объемная поверхность **(**или внешняя поверхность контактных элементов, находящихся в единице объема).

Для ее расчета предложен целый ряд зависимостей, основанных на различных структурных моделях ячейки ВПЯМ. Наиболее распространена модель ВПЯМ (или пенокерамики) в виде тэтракайдекаэдра (ТТКД), для которой предложено несколько вариантов расчета, для которых проведен сравнительный анализ и оценка точности в [3].

Из-за отсутствия надежных методов расчета газодинамическое (или гидравлическое) сопротивление часто определяют экспериментально. Исследование газодинамических свойств блочных носителей ячеистой структуры в [4] выполнено с учётом ряда важных требований, основное из них: соблюдение минимального размера поперечного сечения образца, перпендикулярного потоку фильтруемой среды.

Нерегулярная структура ВПЯМ обеспечивает турбулентность газовых потоков [6].

Удельная внешняя объемная поверхность сорбционно-фильтрующего слоя ячеистой структуры имеет наибольшую величину в сравнении с организованным слоем (сотовая структура) и с неорганизованным насыпным слоем гранул (рисунок 1). Изменение эквивалентного диаметра ячейки, гранулы или соты оказывает большое влияние на изменение удельной внешней поверхности фильтрующего слоя, особенно в диапазоне $d_Э$ = 1,0–3,0 мм.

Для экспериментального исследования газодинамического сопротивления керамических блочно-ячеистых носителей контактных элементов при различных скоростях газа были отобраны образцы с плотностью пор 45 и 30 ppi. Контактные элементы с данными параметрами ячеек наиболее часто используются в газофазных сорбционно-каталитических процессах. Их характеристики (h – высота, m – масса, S – площадь сечения, V – объем блоков, $\rho_{каж}$ – кажущаяся плотность, $П_{общ}$ – общая пористость) приведены в таблицах 1 и 2.

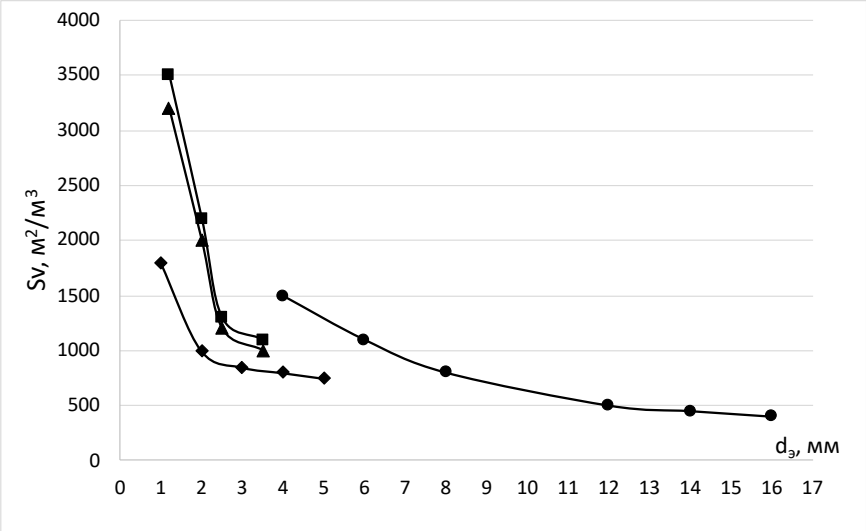


Рисунок 1 – Зависимость внешней удельной объемной поверхности от эквивалентного диаметра для контактных элементов различной структуры:
■ – ВПЯМ, ε = 0,88; ▲– ВПЯМ, ε = 0,80; ◆ – соты с общей пористостью ε = 0,59;
● – гранулы, ε = 0,30

Таблица 1 – Характеристики испытанных образцов мелкоячеистого высокопористого керамического носителя $d_{яч}$=1–2мм ($d_{ср}$=1,5 мм), плотность пор 45 ppi

№	*h*, см	*m*, г	*S*, см^2	*V*, см^3	$\rho_{каж}$, кг/м^3	$П_{общ}$, %
1	5	24,75	15,9	79,5	0,31	92,2
2	5	26,71			0,34	91,6
3	5	24,91			0,31	92,1
4	5	27,48			0,35	91,3
5	5	26,88			0,34	91,5
6	5	26,79			0,34	91,6

Таблица 2 – Характеристики испытанных образцов крупноячеистого высокопористого керамического носителя $d_{яч}$=2–4мм ($d_{ср}$=3 мм), плотность пор 30 ppi

№	*h*, см	*m*, г	*S*, см^2	*V*, см^3	$\rho_{каж}$, кг/м^3	$П_{общ}$, %
1	5	24,80	15,9	79,5	0,31	94,9
2	5	21,60			0,27	94,2
3	5	25,40			0,32	95,1

Определение газодинамического сопротивления высокопористых керамических носителей и пакетов, составленных из отдельных образцов носителей цилиндрической формы, проводили в аэродинамической трубе (внутренний диаметр 45 мм, длина 400 мм). Предельная линейную скорость течения среды 2,3 м/с. Испытуемые образцы фактически являются насадками для распределения и выравнивания газового потока. Результаты измерений перепада давления для пакетов носителей с плотностью пор 45 ppi и последовательно наращиваемым количеством блоков от одного до шести и носителей с плотностью пор 30 ppi – от одного до трех демонстрируют [3], что все зависимости $\Delta P = f(u)$ имеют общую тенденцию повышения перепада давления от скорости и количества составных модулей, при этом для образцов носителей с плотностью пор 30 ppi на более высоком уровне газодинамического сопротивления (в 3–5 раз).

Опыт применения керамических высокопористых блочно-ячеистых контактных элементов в процессах локализации летучих радионуклидов на высокотемпературных переделах переработки облученного ядерного топлива подтверждает это положение.

С учетом небольших скоростей газовых потоков в этих процессах (0,05–0,5 м/с) были выбраны отмеченные выше оптимальные размеры ячейки керамического каркаса блочных фильтров-сорбентов $d_{яч}$ = 0,5–1,3 мм (30 и 45 ppi). Организованный из контактных элементов диаметром 45 мм сорбционно-активный слой высотой до 135 мм в указанном диапазоне скоростей очищаемого воздуха имеет минимальное газодинамическое сопротивление, на уровне незаполненного реактора [7]. Внешняя удельная поверхность для блоков с плотностью пор 30 ppi составляет в среднем 1500 $м^2/м^3$, для блоков 45 ppi – 2100 $м^2/м^3$.

Применение ВПЯМ с большим размером ячейки (плотность пор < 30 ppi) нецелесообразно в связи со значительным снижением внешней объемной поверхности и большей вероятности проскока газообразных радионуклидов.

Увеличение же плотности пор выше 45 ppi приводит к резкому возрастанию газодинамического сопротивления.

Фильтры-сорбенты на основе блочных ВПЯМ для улавливания летучих соединений йода с нанесенным активным слоем $AgNO_3$ [8] имеют преимущества перед применяемыми на радиохимических производствах гранулированным силикагелем или алюмогелем, пропитанными нитратом серебра.

В гранулированных сорбентах эффективно работает до 70% $AgNO_3$, импрегнированного в количестве 7–10 % масс. от массы носителя, а у блочно-ячеистых сорбентов работает практически весь нанесенный на развитую внешнюю поверхность активный слой в количестве до 15–20 % масс. $AgNO_3$, т.е. в несколько раз повышается емкость контактных элементов: до 0,09 г I_2/г сорбента и до 0,068 г CH_3I /г сорбента. Динамическая емкость пропорциональна количеству нанесенного $AgNO_3$. При температуре процесса 190°С эффективность очистки по метилйодиду и молекулярному йоду достигает 99,20 % для образцов с плотностью пор 30 ppi и 99,97 % для образцов с плотностью пор 45 ppi.

Блочно-ячеистые контактные элементы на основе ВПЯМ с активным слоем из аморфных γ-Al_2O_3 и SiO_2 [9] имеют высокую сорбционную емкость по оксиду цезия, определенную в процессе высокотемпературной хемосорбции (при t = 700–1000°С) при кальцинации $CsNO_3$.

В статических условиях сорбционная емкость при степени использования активного слоя 85–100 % составляет 0,07–0,32 г Cs_2O/г сорбента. По сравнению с применяемыми в настоящее время фильтрами из пористых неорганических материалов (ПНМ) при сравнимых емкости и эффективности у блочно-ячеистых фильтров-сорбентов в 1,5–2 раза снижены массогабаритные характеристики.

Выводы

Проведенные исследования показали, что сорбционно-фильтруюшие контактные элементы на основе керамических блочных ВПЯМ имеют в 2–3 раза большие доступную внешнюю удельную поверхность, общую пористость и время контакта с очищаемыми газовыми потоками по сравнению с гранулированными, при этом кажущаяся плотность и газодинамическое сопротивление сорбционного слоя в 2–3 раза меньше.

Такие показатели структурно-физических характеристик обеспечивают динамическую емкость сорбентов при практически полном использовании внешней поверхности их активного слоя для повышенных в такой же степени удельных нагрузок по реакционным газовым потокам, что обуславливает уменьшение конструктивных габаритов реакторов, снижение их металлоемкости и капитальных затрат.

Полученные результаты могут быть использованы для разработки и проектирования высокоэффективных систем газоочистки, работающих в условиях высоких температур и агрессивных сред, с применением расчетного объема контактных элементов на основе керамических ВПЯМ с заданным оптимальным соотношением газодинамических и массообменных характеристик.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаспарян М.Д., Грунский В.Н., Беспалов А.В., Давидханова М.Г., Кабанов А.Н., Лукин Е.С., Попова Н.А., Харитонов Н.И. Синтез полифункциональных высокопористых блочно-ячеистых материалов на основе оксидной керамики. Огнеупоры и техническая керамика, 2016, № 6, с.3–8.

2. Беспалов А.В., Татаринова И.Н., Прокудин С.В., Грунский В.Н., Козлов А.И., Расчёт гидравлического сопротивления ВПЯМ для газофазных процессов. Химическая промышленность *сегодня*. 2006, № 2, с.44-49.

3. Гаспарян М.Д., Грунский В.Н., Давидханова М.Г., Обухов Е.О., Комарова А.Д., Григоренко Р.И., Дубко А.И. Взаимосвязь структурно-физических и эксплуатационных характеристик сорбционно-фильтрующих керамических высокопористых блочно-ячеистых контактных элементов. Огнеупоры и техническая керамика, 2021**,** № 3-4, с. 3-8.

4. Анциферов В.Н., Беклемышев А.М., Гилев В.Г., Порозова С.Е., Швейкин Г.П. Проблемы порошкового материаловедения. Ч. II. Высокопористые проницаемые материалы. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 262 с.

5. Тищенко С. В., Козлов А. И., Грунский В. Н., Беспалов А. В. Гидравлическое сопротивление шликерного ВПЯМ. Химическая промышленность *сегодня,* 2005, №2, с. 42–51.

6. Гортышев Ю.Ф., Муравьев Г.Б., Надыров И.Н. Экспериментальное исследование течения и теплообмена в высокопористых структурах // Инженерно-физический журнал. 1987. Т.53. № 3. С.75-83.

7. Grunskii, V.N., Davidkhanova, M.G., Gasparyan, M.D., Zolotukhin, S.E. Potential Application in Heterogeneous Catalysis of Polyfunctional Contact Elements Based on Highly Porous Permeable Network Ceramics. Fibre Chemistry, 2019, vol.51, № 4, pp.240–243.

8. Гаспарян М.Д., Грунский В.Н., Магомедбеков Э.П., Беспалов А.В., Игнатов А.В., Лебедев С.М. Локализация радиоактивного йодистого метила на керамических сорбентах. Огнеупоры и техническая керамика. 2011, № 11–12, с. 24–26.

9. Гаспарян М.Д., Грунский В.Н., Беспалов А.В, Магомедбеков Э.П., Попова Н.А. Керамические высокопористые блочно-ячеистые фильтры-сорбенты для улавливания паров цезия. Огнеупоры и техническая керамика, 2013, № 7–8, с. 3–7.

УДК 628.31(211-17) DOI: 10.37816/eeste-2021-2-17-20

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОЧИЩЕННОЙ ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВОЙ СТОЧНОЙ ВОДЫ В ТЕХНОЛОГИЯХ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF USING PURIFIED HOUSEHOLD WASTE WATER IN TECHNOLOGIES OF THE TEXTILE INDUSTRY

Елена Заболотная[*,], Ирина Игоревна Меньшова[**]**
Elena Zabolotnaya[*,], Irina Igorevna Menishova[**]**

**Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Россия, Москва*
**D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Russia, Moscow*
(e-mail: iimenshova@gmail.com)
***АО Научный центр «Малотоннажная химия», Россия, Москва*
***JSC "Fine Chemicals R&D Centre", Russia, Moscow*
(e-mail: zabolotnaya.e@inbox.ru)

Аннотация: Показано применение очищенной хозяйственно-бытовой воды (Кубинские очистные сооружения), в отварке и крашении прямыми, активными, кубовыми красителями и кубозолевыми красителями. Установлено, что качество отварки и крашения с применением воды после аэротенка и после первичной очистки со стадии вторичного отстаивания, не уступает по качеству традиционной технологии отварки и крашения. Показано, что введение умягчителей в состав красильной ванны предлагаемой технологии, существенно повышает качество выхода красителя на волокне.

Abstract: Shown is the use of purified domestic water (Cuban treatment facilities), in decoction and dyeing with direct, active, vat dyes and cubosol dyes. It was found that the quality of decoction and dyeing with the use of water after the aeration tank and after primary cleaning from the stage of secondary settling is not inferior in quality to the traditional technology of decoction and dyeing. It is shown that the introduction of softeners into the composition of the dye bath of the proposed technology significantly increases the quality of the dye output on the fiber.

Ключевые слова: переработка сточных хозяйственно-бытовых вод, текстильная промышленность, красители

Keywords: wastewater treatment, textile industry, dyes.

На современном этапе определяются такие направления рационального использования водных ресурсов: более полное использование и расширенное воспроизводство ресурсов пресных вод; разработка новых технологических процессов, позволяющих предотвратить загрязнение водоемов и свести к минимуму потребление свежей воды.

Программы должны предусматривать снижение негативного воздействия на водные объекты, дистилированную воду (ГОСТ 6769–72); воду магистрального водопровода города Москвы (ГОСТ у-287482); очищенную хозяйственно-бытовую воду после аэротенка (Кубинские очистные сооружения); очищенную хозяйственно-бытовую воду после первичной очистки со стадии вторичного отстаивания (Кубинские очистные сооружения).

Сточные воды образуются на территории пос. Кубинка. Поступают хозбытовые сточные воды: от жилого фонда (Кубинка-8, п. Кубинка, около 9,9 тыс. чел., 2000 м3/сут.), от обувной фабрики (ОАО «Кубинка», около 10 м3/сут.), от коммунально-бытовых предприятий, организаций и учреждений (автотранспортное предприятие ООО «Залесье», ООО «Метизделия», всего около 3000 м3/сут. от 32 предприятий и организаций, 12,5% расхода сточных вод). Всего поступает 2400 м3/сут. Технология очистки автоматизирована по объему поступления сточных вод. В настоящее время работают в оптимальном режиме с почти 100% загруженностью сточными водами.

Все технологическое оборудование очистных сооружений размещено в одном здании (блок производственных и бытовых помещений). В этом же здании предусмотрено помещение для обслуживающего персонала, энергетическое хозяйство и лаборатория. Общая характеристика очищенной хозяйственно-бытовой воды представлена в табл.1 [1,2].

Таблица 1 – Общая характеристика очищенной хозяйственно-бытовой воды.

Показатели	Вода после аэротенка	Вода после первичной очистки со стадии вторичного отстаивания
pH	7,6	7,6
ХПК	115,30	16,40
БПК	39,88	2,01
Аммоний	41,00	0,55
Нитриты	0,16	0,10
Нитраты	77,70	1,16
Хлориды	54,95	51,05
Фосфаты	2,66	1,75
Сульфаты	55,90	20,85
Железо	0,41	0,11
Взвешенные вещества	102,00	10,8

В работе исследовали технологический процесс отварки хлопчатобумажной ленты с применением очищенных сточных вод хозяйственно-бытовых отходов. Качество отварки определяли по ГОСТу 29104.11-91 [2].

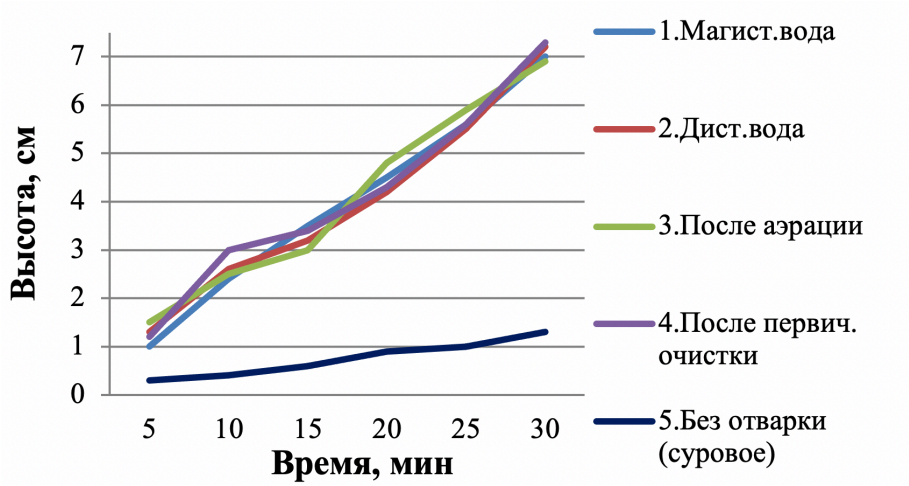
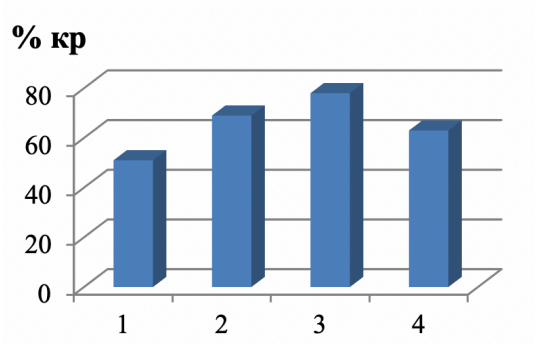
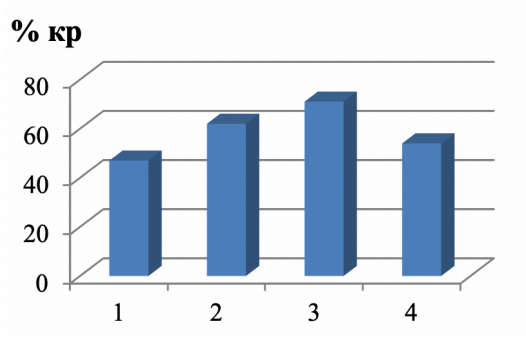


Рисунок 1 - Качество отварки

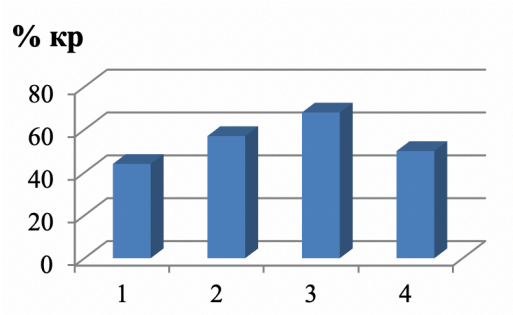
Качество отварки на очищенных хозяйственно-бытовых сточных водах не уступает качеству отварки на магистральной воде, чаще всего применяемой на красильно-отделочном производстве. Был проведен сравнительный анализ влияния очистки хозяйственно-бытовой сточной воды на качество окрасок различными красителями. Анализ качества крашения [3] на исследуемых водах различными красителями представлен на диаграммах (рисунок 2).



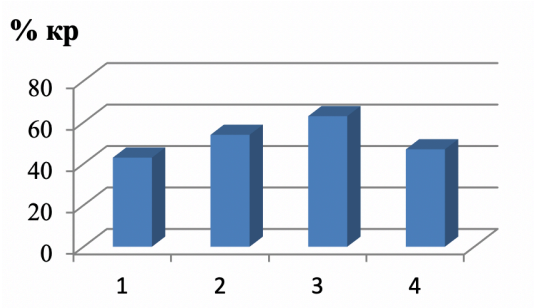
а)



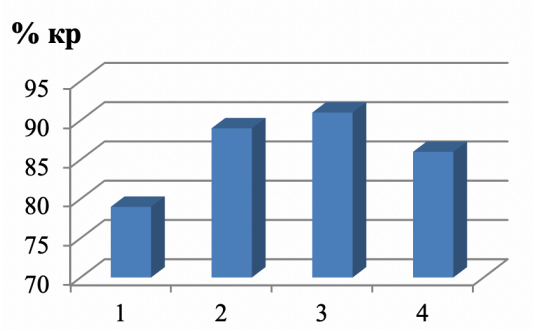
б)



в)



г)



д)

Рисунок 2 – Диаграммы анализа качества крашения
1 - дистиллированная вода; 2 - вода магистрального водопровода города Москвы;
3 - очищенная хозяйственно-бытовая вода после аэротенка (Кубинские очистные сооружения); 4 - очищенная хозяйственно-бытовая вода после первичной очистки со стадии вторичного отстаивания (Кубинские очистные сооружения).
а) Крашение в щелочной среде красителем прямым оранжевым 2Ж светопрочным.
б) Крашение активным красителем BASILEN blau F-KM.
в) Крашение кубовым золотисто-жёлтым КДХ.
г) Крашение кубозолем фиолетовым К.
д) Крашение на умягченных водах в щелочной среде красителем прямым оранжевым 2Ж светопрочным.

Таким образом, очищенная хозяйственно-бытовая вода после аэротенка в крашении прямыми, активными, кубовыми красителями и кубозолями хлопчатобумажной ленты и ткани не уступает при крашении этими красителями на воде магистрального водопровода города Москвы и с применением стандартного технологического умягчения воды повышает качество окраски на 20%.

Разработаны технологии отварки и крашения хлопчатобумажной ленты 16 Текс с использованием очищенной хозяйственно-бытовой сточной водой, на территории которой находится предприятие, тогда

П зв. – платежи за забор воды в пределах установленного лимита

П н. вод – сумма платы за сбросы красителей в размерах, не превышающих ПДС

П бв. – сумма платы за безвозвратное водопотребление

Таблица 2 – Показатели платежей и эффективности применения очищенной хозяйственно-бытовой сточной воды в технологиях текстильной промышленности.

Платежи				
Воды	$П_{зв}$, тыс. руб.	$П_{н.\ вод}$, тыс. руб.	$П_{бв}$, тыс. руб.	Эффективность, %
Магистральная	2649600	818175,6	295200	98,6
Хозяйственно-бытовая	35880	818175,6	3997,5	99,5
Повторная	0	0	3997,5	100

Таким образом эффективность применения очищенной хозяйственно-бытовой сточной воды в технологиях красильно-отделочного производства, составляет: при заборе хозяйственно-бытовой воды 98,6%, при сбросе хозяйственно-бытовой воды 99,5%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 31859–2012 (ISO 15705:2002, NEQ) ВОДА. Метод определения химического потребления кислорода.

2. РД 52.24.420-2006 Биохимическое потребление кислорода в водах. Методика выполнения измерения скляночным методом.

3. Практикум по химической технологии отделочного производства. Учебное пособие. /Под редакцией доктора технических наук, профессора В.В. Сафонова. –М.: ГОУВПО «МГТУ им. А.Н. Косыгина», 2008. С. 595.

УДК 66.012 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-21-25

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ. МЕТОДОЛОГИЯ И ПРАКТИКА СОЗДАНИЯ
INTEGRATED AUTOMATED CONTROL SYSTEMS FOR ENVIRONMENTAL AND INDUSTRIAL SAFETY OF CHEMICAL PRODUCTIONS. METHODOLOGY AND PRACTICE OF DEVELOPMENT

Егоров Александр Федорович, Савицкая Татьяна Вадимовна, Михайлова Павла Геннадьевна
Alexander F. Egorov, Tatiana V. Savitskaya, Pavla G. Mikhaylova

Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева – РХТУ им. Д.И. Менделеева, Россия, Москва
D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia
(e-mail: egorov@muctr.ru)

Аннотация: Приведены примеры использования информационных и компьютерных технологий при разработке и практической реализации интегрированных автоматизированных систем управления промышленной и экологической безопасностью, а также методология их создания, являющаяся результатом обобщения более чем двадцатилетнего опыта.

Abstract: Examples of the use of information and computer technologies in the development and practical implementation of integrated automated control systems for industrial and environmental safety are given, as well as the methodology for their development, which is the result of summarizing more than twenty years of experience.

Ключевые слова: интегрированная автоматизированная система управления безопасностью, промышленная безопасность, экологическая безопасность, химическая безопасность, информационно-моделирующая система, система поддержки принятия решений.

Keywords: integrated automated control systems for safety, industrial safety, environmental safety, chemical safety, information modeling system, decision support system.

Качественно новый подход к управлению безопасностью химических производств с использованием современных информационных технологий, методов системного анализа, анализа риска и принципов создания интеллектуальных систем - интегрированных автоматизированных систем управления (ИАСУ) безопасностью химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств [1] был предложен авторами в конце 90-х – начале 2000 гг. [2]. ИАСУ безопасностью химических производств (ХП) являются интеллектуальными иерархическими многоуровневыми человеко-машинными системами.

В настоящей статье представлена методология и практика создания ИАСУ экологической и промышленной безопасностью за последние 20 лет.

Для обеспечения промышленной и экологической безопасности нефтеперерабатывающих, нефтехимических и химических производств с использованием системного подхода в [3] предложена иерархическая структура объекта анализа и управления безопасностью: производство – окружающая среда.

Задачами обеспечения промышленной безопасности на нижнем уровне иерархии химико-технологических процессов (ХТП) являются: мониторинг состояния технологических процессов, диагностика неисправностей, анализ производственных опасностей и причин их возникновения и управление технологическими процессами с целью предотвращения возникновения отказов и их развития в аварийные ситуации. На среднем уровне иерархии – химико-технологической системы (ХТС) решаются задачи определения факторов риска,

анализа и оценки риска, прогнозирования последствий аварий и управления безопасностью с целью локализации аварийной ситуации. На верхнем уровне иерархии – химическое производство рассматривается как объект техногенной опасности для человека и окружающей среды. Задачами промышленной безопасности являются: оперативное управление безопасностью по локализации и ликвидации последствий аварий и оценки ущербов для населения и окружающей среды, принятие долгосрочных организационно-управляющих, технических и технологических решений, направленных на повышение безопасности ХТП, ХТС и ХП на стадиях реконструкции и проектирования.

Для решения проблемы обеспечения экологической безопасности химических производств на нижнем уровне рассматриваются две группы источников опасности: постоянно действующие источники систематических негативных воздействий и потенциальные аварийные источники экологической опасности. На среднем уровне иерархии химическое производство рассматривается как объект техногенной и экологической опасности в режимах нормального функционирования и в результате аварий и длительных негативных воздействий. На верхнем уровне иерархии рассматриваются качественные и количественные изменения в окружающей среде, связанные с негативными воздействиями химических предприятий.

В дополнение и расширение предложенных в [3] задач исследований и функций, предъявляемых к ИАСУ безопасностью, предложена структура объекта управления безопасностью, представленная на рисунке 1. Первоначально предложенный подход к анализу химического производства как источника промышленной и экологической опасности расширен до исследований в области химической безопасности, связанной с безопасным обращением химической продукции на всех стадиях жизненного цикла и анализом риска для человека и окружающей среды [4].

Расширен круг объектов управления безопасностью. С использованием методов системного анализа проведена классификация типовых хранилищ опасных химических веществ (ОХВ) / опасных веществ (ОВ), расположенных на территории химических предприятий, проведена и структурирована их классификация по различным признакам, в том числе с позиций анализа последствий аварий и мер по их снижению.

Выделены следующие аварийные ситуации, которые могут произойти в хранилищах с опасными веществами: полное или частичное разрушение с выбросом ОВ; выброс или истечение ОВ из оборудования; переполнение с розливом ОВ; пожар, связанный с розливом и выбросом; взрыв в результате выброса или истечения и другие. Последствия указанных аварий могут быть различными. Для того чтобы их своевременно прогнозировать и предотвращать проводится моделирование последствий аварий с использованием специализированных программных комплексов (ПК) TOXI+Risk [5] и FLACS [6, 7]. Для того чтобы снизить последствия аварий на хранилищах химических веществ, предложена разработка интеллектуальных систем, которые позволяют в режиме реального времени выдавать рекомендации лицу, принимающему решение (ЛПР), о действиях и мероприятиях, необходимых для локализации и ликвидации последствий аварий. Ключевой составляющей интеллектуальных систем является система поддержки принятия решений (СППР). Она предназначена для хранения и обработки информации с использованием методов, моделей, алгоритмов и прикладного программного обеспечения, в том числе, на основе искусственного интеллекта, для принятия решений по оперативному и долгосрочному управлению безопасностью химических производств на различных уровнях иерархии объекта: ХТП, ХТС, ХП, технологическое оборудование с ОВ на всех стадиях возникновения технологических отклонений и отказов, производственных и организационных нарушений, приводящих к возникновению и развитию аварийных ситуаций. Наличие СППР принципиально отличает ИАСУ от традиционных автоматизированных систем управления и позволяет ЛПР в режиме реального времени осуществлять управление химико-технологическими процессами, системами и производством в целом с целью обеспечения их безопасности [3].

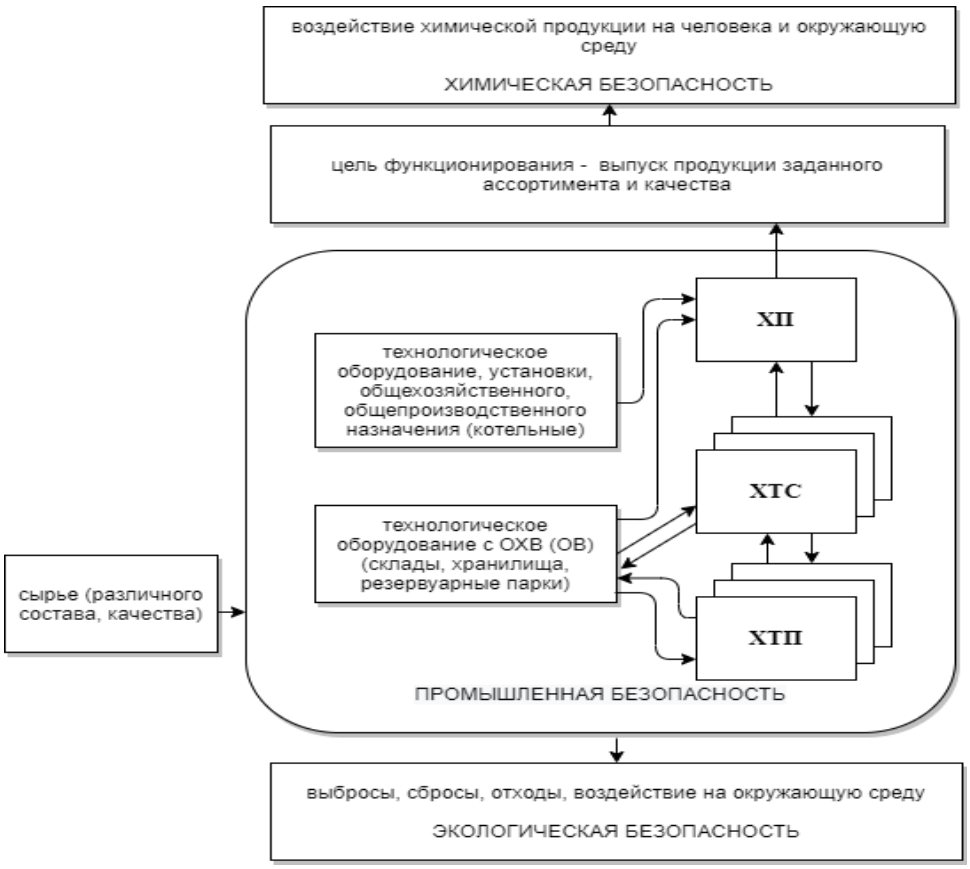


Рисунок 1 – Структура объекта управления безопасностью «химическое производство – окружающая среда – человек»

В [8] представлены результаты разработки информационно-моделирующей системы (ИМС) поддержки и принятия решений по управлению безопасностью химических производств. Структура ИМС состоит из пяти подсистем:

- *взаимодействия с пользователем;*
- *выбора исходных данных* из подсистемы хранения данных по свойствам веществ,–параметрам аварии и оборудованию;
- *хранения данных.* Включает базы данных (БД): свойств опасных веществ; типового оборудования опасных производственных объектов (ОПО) и вычислительных экспериментов (ВЭ);
- *поддержки принятия* решений. Представляет собой базу знаний рекомендаций на основе нормативных, нормативно-методических документов в области промышленной безопасности [9], алгоритмов, методов, моделей принятия решений. Важной частью также является блок анализа и сравнения полученных результатов;
- *выдачи рекомендаций и визуализации результатов.*

В [8] предложен алгоритм работы и разработана модель базы данных ИМС. Разработана система продукционных правил для выдачи рекомендаций ИМС на основе методического документа [9]. Продукционные модели представления знаний являются основой рекомендаций по уменьшению тяжести последствий аварии на ОПО. Критерием условий служит минимизация погибших и пострадавших на ОПО. Приведена программная реализация ИМС, представляющая собой комплекс программного обеспечения на основе двухуровневой (клиент–серверной) архитектуры информационных систем: сервер, содержащий базу данных с системой управления базами данных (СУБД) MySQL, и клиент, содержащий уровень представления данных в среде разработки Borland Delphi 7 на основе структурированного объектно-ориентированного языка программирования Delphi.

В таблице БД ВЭ хранятся данные, полученные при моделировании в ПК TOXI+Risk. Данные по аварии можно разделить по сценариям опасных исходов. Рассмотрены аварии, происходящие на отдельно стоящих единицах оборудования (резервуарах). В каждый исход собраны группы критериев, которые разделяют на детерминированные и вероятностные. Приведен вывод рекомендаций, полученных для тестового примера аварии полного разрушения резервуарного оборудования.

В развитие рассмотренных выше исследований разработана интеллектуальная система анализа и оценки последствий аварий, предназначенная для поддержки принятия решений по снижению тяжести последствий аварий на типовых хранилищах с ОВ.

Предложена постановка задачи оценки последствий аварий на складах для хранения химической продукции, суть которой основана на определении оптимального способа действий для достижения поставленной цели: снижении и предотвращении последствий аварий.

Показано, что в условиях большой размерности задачи, а так же при условии нахождения оптимального решения традиционные методы принятия решений практически не применимы. В таких случаях часто используют неформализованные методы решения задачи на основе интеллектуального анализа данных. Для нахождения оптимального решения поставленной задачи лицу, принимающему решение, необходимо изучить имеющийся опыт возникновения проблемной ситуации и на основе опыта сделать вывод. Такой принцип работы заложен в интеллектуальную систему поддержки принятия решений.

Методология создания ИМС в составе интеллектуальной системы аналогична рассмотренной выше. В управляющей подсистеме разработаны системы правил и моделей представлений знаний с применением методов нечеткой логики. Практическая апробация проведена на типовых хранилищах химических веществ и продуктов, предназначенных для хранения неорганических и органических веществ, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей и горючих газов. Рекомендации по снижению последствий аварий формализованы и реализованы в управляющей подсистеме с использованием модуля FuzzyLogicToolbox пакета прикладных программ MATLAB.

Таким образом, в настоящей статье отражен опыт использования информационных и компьютерных технологий при разработке и практической реализации ИАСУ промышленной и экологической безопасностью. Результаты работы могут использоваться заинтересованными предприятиями и организациями, занимающимися вопросами промышленной, экологической и химической безопасности для эксплуатируемых и проектируемых объектов химической и смежных отраслей промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Егоров А.Ф., Савицкая Т.В.* Управление безопасностью химических производств на основе новых информационных технологий. – М.: Химия, КолосС, 2004. 416 с.

2. *Егоров А.Ф., Савицкая Т.В., Вент Д.П., Эдельштейн Ю.Д., Дмитриева О.В.* Разработка интегрированной автоматизированной системы контроля и управления качеством атмосферного воздуха // Химическая промышленность. 1999. Т. 76. № 6. С. 53-64.

3. *Егоров А.Ф., Савицкая Т.В.* Анализ риска, оценка последствий аварий и управление безопасностью химических, нефтеперерабатывающих и нефтехимических и производств. М.: КолосС, 2010. 526 с.

4. *Саркисов П.Д., Егоров А.Ф., Савицкая Т.В., Бачкала О.В., Кузьмина Ю.А.* Системный анализ безопасного обращения химической продукции: методы и подходы к прогнозированию и классификации опасностей // Теоретические основы химической технологии. 2013. Т. 47. № 1. С. 26-35.

5. *Агапов А.А., Софьин А.С., Зайнетдинов С.Х., Банников В.В.* Верификация программного комплекса TOXI+Risk 5 в части моделирования пожаров пролива горючих жидкостей и «огненного шара» // Безопасность труда в промышленности. 2018. № 8. С. 7-14.

6. *Савицкая Т.В., Егоров А.Ф., Мищенко Е.В.* Моделирование последствий аварий с использованием программного комплекса FLACS // Безопасность труда в промышленности. 2015. № 11. С. 69-74.

7. *Савицкая Т.В., Егоров А.Ф., Захарова А.Ю.* Верификация моделей рассеяния газа с использованием специализированных программных комплексов TOXI+ и FLACS // Безопасность труда в промышленности. 2015. № 12. С. 70-75.

8. *Банников В.В., Савицкая Т.В.* Разработка информационно-моделирующей системы поддержки и принятия решений по управлению безопасностью химических производств // Тонкие химические технологии. 2019. Т. 14. № 4. С. 59-68.

9. Приказ «Об утверждении Руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах» от 11.04.2016 № 144 // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации «ТЕХЭКСПЕРТ». 2021. http://docs.cntd.ru/document/420347908.

УДК 66.018.83 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-25-29

МЕТОДИКА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

TECHNIQUE OF ELECTROPHYSICAL CONTROL OF PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF CONSTRUCTION MATERIALS

Алексеев Дмитрий Владимирович*, Ивахнюк Григорий Константинович, Новоселова Елена Александровна***

Dmitry V. Alekseev*, Grigory K. Ivakhnyuk **, Elena A. Novoselova***

**АО НДЦ НПФ «Русская лаборатория», Россия, Санкт-Петербург*
** RUSSIAN LABORATORI Ltd., Russia, St. Petersburg*
(e-mail: Dmitrij.Alekseev@ruslab.org, Novoselova-1989@mail.ru)
*** Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Россия, Санкт-Петербург*
*** Saint Petersburg State Technological Institute (Technical University), Russia, St. Petersburg*
(e-mail: fireside@inbox.ru)

Аннотация: Впервые проведено экспериментальное сравнение методик обработки и способов влияния на физико-механические свойства материалов. В лабораторных условиях выявлены явные конкурентные преимущества использования переменного частотно-модулированного потенциала в процессе кристаллизации относительно классических методов. Дальнейшее изучение процесса и внедрение процесса позволит значительно упростить и улучшить основные показатели данной методики.

Abstract: For the first time, an experimental comparison of processing techniques and methods of influencing the physical and mechanical properties of materials is carried out. In laboratory conditions, clear competitive advantages of using a variable frequency-modulated potential in the crystallization process relative to classical methods have been revealed. Further study of the process and implementation of the process will significantly simplify and improve the main indicators of this technique.

Ключевые слова: твердость, электрофизическая обработка, сплав, сталь, металлографическая структура.

Keywords: hardness, electrophysical processing, alloy, steel, metallographic structure.

Значительно вырос процент чрезвычайных ситуаций на различных предприятиях нашей страны. Чаще всего это связано с высокой скоростью износа конструкционных

материалов, а возможность улучшения характеристик данных материалов на 10-15% без основательных изменений процесса производства выглядит очень перспективно.

Все имеющиеся на данный момент способы подразумевают значительное изменение производственных процессов, что ведёт за собой полный или частичный останов линии производства и значительные вложения в модернизацию процесса. Зачастую все эти изменения ведут к улучшению качества выдаваемой продукции на те же 10-15%.

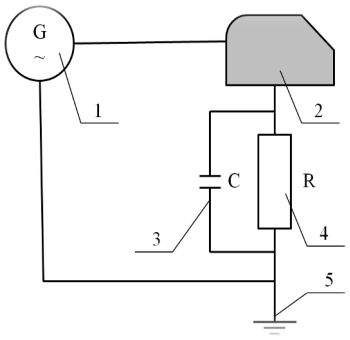
В этой связи изучение влияния переменного частотно-модулированного потенциала (далее - ПЧМЧ) на процесс кристаллизации представляется актуальным, т.к предварительные изучение влияния ПЧМП на различные структуры, показывают положительные результаты [1].

В качестве объекта исследования в данной работе использовали:

1. Сплав третник, который состоит из 37% свинца и 63% олова с температурой плавления 182°С (ГОСТ 21931-76);
2. Сталь марки У8 толщиной 5 мм;
3. Парафин очищенный (ГОСТ 16-960-71).

Для нагрева использовали муфельную печь МИМП-21УЭ. Расплавление производили в керамических тиглях с пределом нагревания 1200°С. Охлаждение проводили в воде с температурой 10 – 15°С. Кристаллизацию вели в керамической емкости цилиндрической.

Для электрофизической обработки применяли промышленный генератор, изготовленный согласно техническим условиям ТУ 4218-001-56316494-2004. Генератор ПЧМП представляет собой нелинейно-искаженный сигнал с двумя интервалами однородности. Схема установки приведена на рисунке 1.



1 – генератор ПЧМП; 2 – образец;
3– емкостное сопротивление ДПС (диэлектрический пограничный слой);
4 – активное сопротивление ДПС; 5 – заземление
Рисунок 1 – Эквивалентная схема обработки свинца

Для проведения опыта была взята навеска 350 г третника. Литейная форма использовалась из термоустойчивой керамики.

Перед началом эксперимента с поверхностей заготовок удалялась грязь и окислы, затем с помощью механической обработки достигалось мелкодисперстное состояние, для ускорения процесса плавления.

Образец материала в керамическом тигле помещали в муфельную печь, предварительно разогретую до температуры 500°С. После начала плавления образец выдерживали в печи в течение 10 мин до полного расплавления. Расплавленный образец вынимали из муфельной печи и разливали в заранее подготовленные формы, по дну которых были уложены контакты, подключенные к генератору переменного частотно-модулированного потенциала, тем самым воздействуя на расплав в течение времени, определяемого условиями эксперимента.

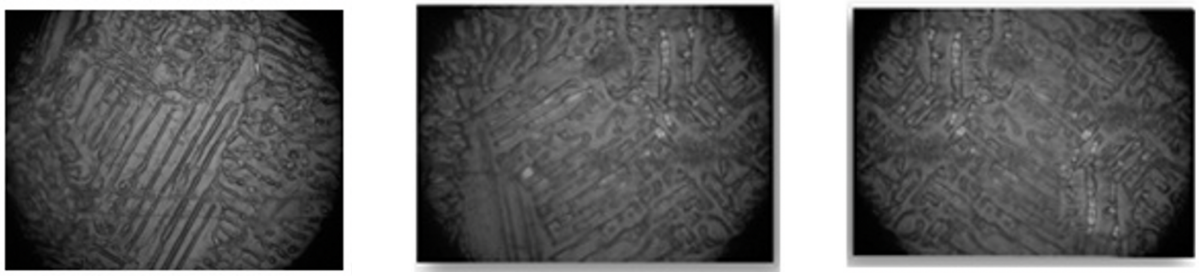
После полного остывания из формы вынимались готовые цилиндры 2х8 см. Форма, подключенная к генератору ПЧМП, как и сам генератор, были установлены в отдалении 1 м

от остальных образцов, во избежание возможного ненаправленного воздействия ПЧМП на другие образцы.

Для сравнительных характеристик изготовленных цилиндров, из материала для плавки без воздействия на него ПЧМП, были отлиты типовые образцы. Третья серия расплавов образца была подключена к заземлению, для сравнения воздействия.

Воздействие ПЧМП проводили в «клетке Фарадея» для минимизации влияния внешних электрических полей.

Для проведения сравнения характеристик полученных образцов использовали снимки металлографической структуры твердого тела. Для изучения мест скоплений структур, состоящих из множества микроскопических тел (кристаллов) применялся металлографический микроскоп [2]. Срезы цилиндрических форм представлены на рисунке 2.

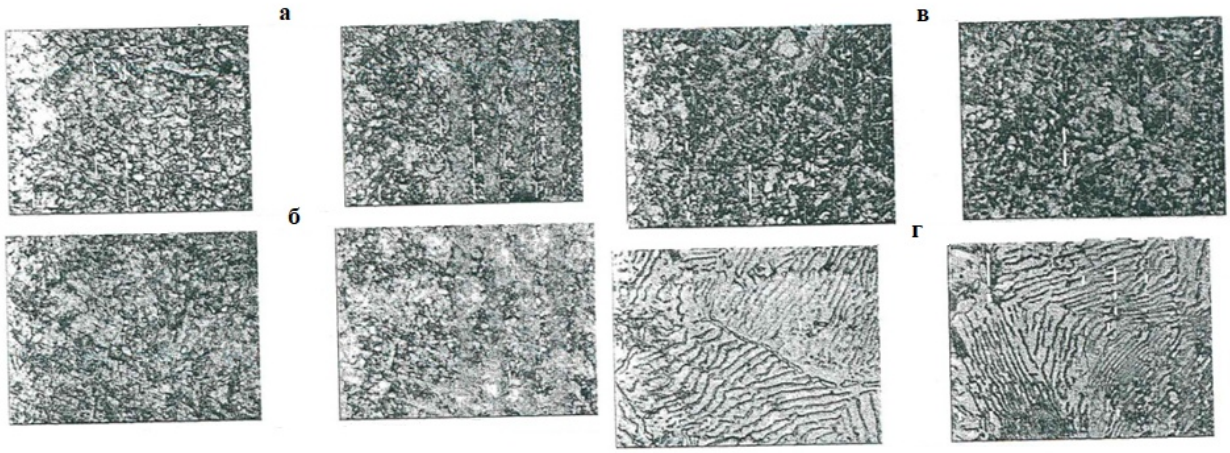


а б в

а - срез обработанного образца путем воздействия на материал для плавки ПЧМП;
б - срез необработанного образца;
в - срез третник подключенного к заземлению

Рисунок 2 – Микроструктура образца третника после кристаллизации при различных воздействиях

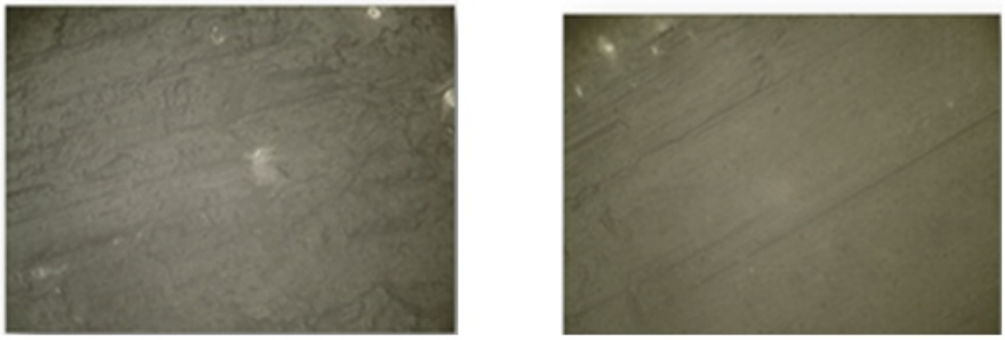
Микроструктура среза стали марки У8 при различных воздействиях представлена на рисунке 3.



а – обычная закалка;
б – образцы, обработанные ПЧМП;
в – образцы, охлаждаемые водой и обработанные ПЧМП;
г – незакаленные образцы;

Рисунок 3 – Микроструктура среза стали марки У8 при различных воздействиях

Микроструктура среза парафина при различных воздействиях представлена на рисунке 4.



а б

а – образец, обработанный ПЧМП;
б – необработанный образец;
Рисунок 4 – Микроструктура среза парафина при различных воздействиях

Испытание на микротвердость вдавливанием по методу восстановленного отпечатка заключается в нанесении на испытуемую поверхность образца отпечатка под действием статической нагрузки, приложенной к алмазному наконечнику в течение определенного времени. После удаления нагрузки и измерения параметров полученного отпечатка, число микротвердости определяли по формуле (1), соответствующей форме наконечника – четырехгранной призмы с квадратным наконечником [3].

$$HV = 1{,}854 \cdot \frac{F}{d^2} \quad (1)$$

где F – нормальная нагрузка, приложенная к алмазному наконечнику, кгс;
d – среднее арифметическое длин обеих диагоналей квадратного отпечатка, мм.

Полученные экспериментальные данные и определенная микротвердость приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Экспериментальные результаты определения микротвердости путем вдавливания алмазного наконечника

Образец	Нормальная нагрузка, кгс	Среднее арифметическое длины обеих диагоналей, мм	Число микротвердости, МПа
Третник не обработанный	1	1,28	1139,8±0,5
Третник обработанный ЧМПЭП	1	1,12	1472,3±0,5
Третник заземлённый	1	1,20	1280,1±0,5
Сталь марки У8 не обработанная	1	0,86	2497,2±0,5
Сталь марки У8 обрабатывалась ЧМПЭП	1	0,83	2798,5±0,5
Сталь марки У8 заземлённые образцы	1	0,84	2599,1±0,05

Также исследовали скорость охлаждения парафина при различных условиях кристаллизации. Кривые охлаждения представлены на рисунке 5.

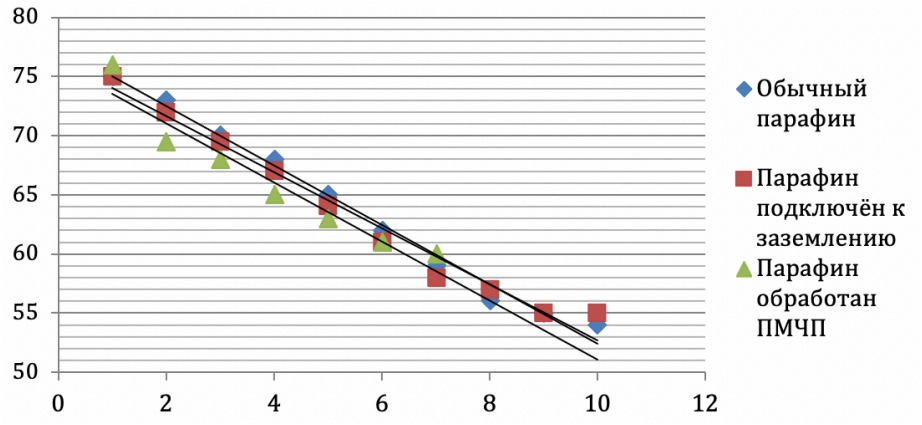


Рисунок 5 – Кривые охлаждения парафина

В ходе проведенного исследования установлено, что ПЧМП воздействует на структуру получаемых при кристаллизации материалов и увеличивает физико-механические свойства, а именно твердость. Твердость сплава третника увеличилась 29% относительно контрольного образца, твердость стали марки У8 увеличилась на 12%.

Предложено две гипотезы влияния ПЧМП:

нейтрализация электростатических зарядов обеспечивает объемный характер образования твердой фазы, за счет чего структура металла становится мелкодисперсной, за счет чего увеличивается твердость. Это согласуется с данными по увеличению твердости сплава третника и стали марки У8, обработанных ПЧМП.

увеличение жесткости связано со снятием электростатического электричества и образования, за счет этого, более плотной структуры, что доказано на примере парафина, скорость охлаждения которого выросла относительно контрольных образцов.

Таким образом, полученные результаты в ходе данного исследования могут быть использованы для достижения более высоких механических свойств сварных швов, в том числе при сварке трубопроводов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карапетян И.Г. Основное оборудование электрических сетей. М.: ЭНАС, 2014. 109 с.

2. Думанский И.О. Измерение твердости металлов и сплавов. Тр. Института энергетики и транспорта. Архангельск, 2013. 10 с.

3. Глазов В.М. Микротвердость металлов. М.: Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии, 1962. 35 с.

УДК 677.074 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-30-32

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ БИОМАССЫ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ ПРОДУКТОВ
USE OF BIOMASS WASTE FOR ENVIRONMENTALLY FRIENDLY TECHNOLOGIES FOR THE PRODUCTION OF NEW PRODUCTS

Вольшанский Илья Михайлович, Беренгартен Михаил Георгиевич
Ilya M. Volshanskiy, Michail G. Berengarten

Московский Политехнический университет, Россия, Москва
Moscow Polytechnic University, Russia, Moscow
(e-mail: imw1996@mail.ru, berengarten@mail.ru)

Аннотация: Рассмотрены некоторые способы утилизации отходов биомассы с целью получения новых экологически чистых продуктов, приведен способ получения из биогаза муравьиной кислоты и последующих новых продуктов на ее основе.

Abstract: Some methods of utilization of biomass waste in order to obtain new environmentally friendly products are considered, a method for obtaining formic acid from biogas and subsequent new products based on it is given.

Ключевые слова: отходы биомассы, экологически чистые технологии.

Keywords: biomass waste, environmentally friendly technologies.

В настоящее время проблема переработки отходов биомассы является особо актуальной. Образующиеся в больших количествах отходы сельскохозяйственного производства, пищевой промышленности, входящие в свою очередь в состав коммунальных (бытовых) отходов, наносят существенный вред как естественной, так и для искусственной среде обитания человека. Поэтому поиск наиболее оптимальных путей решения проблемы переработки и утилизации отходов биомассы становится на сегодняшний день одной из важнейших задач современного общества в рамках промышленной экологии.

Биомасса относится к возобновляемым ресурсам, чем она выгодно отличается от природных ископаемых. Источниками биомассы являются:

- палая листва и торф;
- дерево и древесные отходы;
- отходы человеческой жизнедеятельности;
- отходы производственной деятельности;
- специальные растения и агрокультуры.

Биомасса занимает 5 место в списке возобновляемых источников энергии, после солнечной, ветряной, водной и геотермальной энергии. Только в России каждый год производится около 300 миллионов тонн сухой биомассы из органики в виде мусора и сельскохозяйственных отходов. Этот ресурс в 25 раз превышает объемы нефтедобычи. В будущем переработанные органические отходы будут использоваться еще шире [7].

Самым простым способом является захоронение этих отходов на полигонах, однако, наибольший интерес представляет переработка биомассы с целью получения конечного полезного продукта (например, топлива, тепловой энергии и др.), поскольку такая переработка позволит решить топливно-энергетический и экологический кризисы, и вместе с тем заработать хорошие деньги, продавая полученный новый экологически чистый продукт.

Конвертация биомассы в топливо, тепловую энергию и другие полезные продукты производится пятью основными способами:

- **Сжигание** – самый простой и популярный способ получения дешевой энергии из сухих органических отходов. Во время сжигания отходов в котле образуется пар, пар вращает турбину, а та, в свою очередь, двигает ротор генератора,

производящего электроэнергию. У этого способа есть минус – котел засоряется золой и сажей, и производственные затраты возрастают. Поэтому в прямом сжигании используют далеко не все виды органических отходов.

- **Газификация** – сжигание твердого биотоплива при минимальном доступе кислорода. Итог такой обработки – смесь газов (азот, метан, водород, углекислый газ), применяемых для вращения газовой турбины. Главное преимущество технологии – получаемое беспримесное топливо, которое не загрязняет окружающую среду. Метан используется как ископаемый природный газ уже сейчас, водород будет применяться с теми же целями в обозримом будущем. В процессе газификации биомассы и иных процессах получения биогаза на биогазовых установках можно получить синтез газа для получения новых продуктов.
- **Пиролиз** – переработка биомассы в топливо путем нагрева с отводом летучих соединений. Получается привычный для пользователя древесный уголь, в несколько раз более энергоемкий и удобный для транспортировки материал. Уголь полезен для отопления жилого фонда, производственных процессов. Современные методы предусматривают использование летучих веществ, образующихся при пиролизе, для синтеза метана и метанола. Технология быстрого пиролиза позволяет получить бионефть – эффективное топливо, удобное в хранении и транспортировке. Биотопливо для автомобилей дешевле, чем ископаемая нефть, безопаснее для экологии; оно подходит для всех двигателей и увеличивает их срок работы. Еще одно вещество, которое можно получить путем пиролиза, – феноловое масло, применяемое для изготовления пластмасс, изопены, древесного клея.
- **Анаэробное брожение** – обработка отходов при помощи анаэробных бактерий, пищей которым служит неживое органическое вещество (сточные воды, навоз). Потребляя его в специальных варочных резервуарах, бактерии вырабатывают водород и метан. Получившийся газ собирают, чтобы использовать для выработки электроэнергии. Этот метод позволяет восстановить 2/3 топлива из биомассы.
- **Ферментация** – использование микроорганизмов дрожжевого типа для получения топлива (этанола и других углеводородов). Метод дает возможность использовать практически все существующие вариации бытовых отходов – от зерновой лузги и бумажных отходов до сахарного тростника и древесины.

Кроме того, существует способ получения биогаза с использованием солнечной энергии: разработан биологический утилизатор отходов с комплексным использованием энергии биомассы, солнечной энергии и аккумуляторов теплоты на фазовых переходах. Разработана технология уничтожения пестицидов с применением сетки с покрытием из TiO2.

Выполненная разработка связана с проблемой изменения климата в результате возможного изменения величины парникового эффекта, связанного с выбросами в атмосферу диоксида углерода, образующегося при сжигании запасенного ископаемого топлива. При использовании в качестве топлива продуктов, полученных из биомассы, в частности биогаза, величина парникового эффекта не меняется, так как все возобновляемые ресурсы участвуют лишь в коротком цикле круговорота углерода.

Применение специально спроектированных биогазовых установок значительно повышает эффективность биогазовых технологий.

Дополнительная задача, решаемая биоутилизаторами, состоит в том, что наряду со сбраживанием в метантенках отходов предусматривается еще и уничтожение пестицидов, неизбежно сопутствующих в последнее время сельскохозяйственным отходам, за счет реакций, катализируемых в условиях сбраживания вводимыми в емкости для перемешивания сетками с нанесенным на них диоксидом титана [1, с. 213-214].

Также представляет интерес получение из биогаза муравьиной кислоты [5] и последующих новых продуктов на ее основе, например, противогололедных реагентов. Актуальность и практическая значимость данной области применения муравьиной кислоты и противогололедных реагентов на ее основе обусловлена тем, что по сравнению со всеми известными реагентами, муравьиная кислота, а точнее ее соли, абсолютно безопасна для окружающей среды. Она обладает способностью к биологическому разложению в условиях низкотемпературного режима (с минимальным расходованием кислорода). Она не накапливается в почвах, не угнетает бактерии и почвенные грибы. Указанное вещество не способно причинить вреда человеку или окружающей среде, поскольку обладает низкой токсичностью (относится к 4 классу опасности). Более того, оно обладает минимальной коррозионной активностью. В дополнение ко всему вышеперечисленному, муравьиная кислота способна усилить действия любых других реагентов, будучи хорошо совместимой с другими материалами.

Выводы

Таким образом можно сделать вывод, что формиат натрия имеет все необходимые качества для того, чтобы присутствовать в составе многокомпонентных противогололедных материалов в качестве ингибитора коррозии, а также использоваться как самостоятельный противогололедный реагент. При этом формиат натрия стимулирует деятельность полезных аэробных бактерий, которые помогают почвам быстрее очищаться и восстанавливаться.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беренгартен М.Г., Амадзиев А,М., Ваинштейн С.И., Пархаданов М.М., Рубина Е.С. Биологический утилизатор отходов, Записки горного института, т.166, СПБ, 2005, с. 213-214
2. Высоцкий М.И. и др. Ж-л прикладной химии, 1967, т.40, N 11, с.2552 - 2555.
3. International Search Report, International Application No. PCT/EP2017/068055 (published under WO 2018/015352), 4 pages (dated Oct. 20, 2017).
4. International Search Report, International Application No. PCT/EP2017/068054 (published under WO 2018/015351), 4 pages (dated Sep. 22, 2017).
5. Khenkin A. M. et al., “Oxidative C—C Bond Cleavage of Primary Alcohols and Vicinal Diols Catalyzed by H5PV2Mo10O40 by an Electron Transfer and Oxygen Transfer Reaction Mechanism”, J. Am. Chem. Soc. 2008, 130, 14474 to 14476.
6. English translation, International Preliminary Report on Patentability, International Application No. PCT/EP2016/050903 (published as WO 2016/116405), dated Jun. 2, 2017 (5 pages).
7. https://energolesprom.ru/poleznye-stati/pererabotka-biomassy/

УДК 504.064.47 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-33-35

ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ ПЛАСТМАСС
RECYCLING OF PLASTIC WASTE

Громова Кристина Алексеевна, Тришина Оксана Александровна, Седляров Олег Иванович, Отрубянников Егор Владимирович
Kristina A. Gromova, Oksana A. Trishina, Oleg I. Sedlyarov, Egor V. Otrubyannikov

Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Россия, Москва
The Kosygin State University of Russia, Russia, Moscow
(e-mail: Kris.Lenz@yandex.ru, trischina.ok@yandex.ru, sedlyarov@kosygin-rgu.ru)

Аннотация: в статье рассмотрена проблема охраны окружающей среды, связанная с утилизацией отходов пластмасс, заключающаяся, с одной стороны, с их незаменимостью (благодаря уникальности их физико-химических и потребительских свойств), а с другой стороны, с огромными объемами их производств и изделий из них, которые, в конечном счете, переходят в разряд отходов, опасных для окружающей природной среды. В исследовании пойдет речь о переработке пластмасс, в частности полиэтилентерефталата.

Abstract: the relevance of environmental protection problems related to the disposal of plastic waste lies, on the one hand, with their irreplaceability (due to the uniqueness of their physico-chemical and consumer properties), and on the other hand, with the huge volumes of their production and products made from them, which, ultimately, pass into the category of waste hazardous to the environment. The study will focus on the processing of plastics, in particular polyethylene terephthalate.

Ключевые слова: переработка, полиэтилентерефталат, отходы пластмасс, утилизация, управление отходами, предприятия по утилизации отходов

Keywords: recycling, polyethylene terephthalate (PET), plastic waste, recycling, waste management, MRF (Materials recovery facility)

Актуальность проблем охраны окружающей среды, связанных с утилизацией полимерных отходов, заключается, с одной стороны, с их незаменимостью (благодаря уникальности их физико-химических и потребительских свойств), а с другой стороны, с огромными объемами их производств и изделий из них, которые, в конечном счете, переходят в разряд отходов, опасных для окружающей природной среды. В частности, большое количество полиэтилена перерабатывается в пленочные материалы, с которыми мы встречаемся в быту повсеместно. Это и различные упаковочные материалы – сумки для продуктов, пакеты; различные контейнеры для хранения различных продуктов (от воды до минеральных масел), которые, выполнив свои функции, выбрасываются и нарушают естественный круговорот веществ в природе. Проблема усугубляется еще и тем, что промышленные синтетические полимеры, такие как полиэтилен, полипропилен, полистирол, полиамиды, полиэфиры и др. в обычных условиях являются весьма устойчивыми химическими соединениями [1].

Экологический аспект переработки отходов важен больше, чем экономический не только для нынешнего поколения, но, в большей степени, для общества будущего: 8 миллионов тонн пластиковых отходов попадают в океан ежегодно, это эквивалентно сбросу содержимого одного мусоровоза в океан каждую минуту. Если в области обращения с отходами ничего не поменяется, то прогнозируется сброс отходов уже двух грузовиков в минуту к 2030, к 2050 г. – до четырех. Ответственное отношение к пластиковым отходам имеет важное значение для сохранности окружающей среды.

На рисунке 1 показан процесс переработки пластмасс [2]. Процесс можно описать таким образом: начинается и заканчивается потребителем. После того, как изделие из пластика выбрасывается, а затем собирается в единый поток отходов, происходит сортировка на предприятиях по семи группам переработки пластика, отображенным в таблице 1 [3].

Рисунок 1 – Процесс переработки пластмасс

Таблица 1 – Типы и изделия из пластика, возможные продукты переработки

Тип пластика (аббревиатура)	**Подлежит переработке: да/нет**	**Продукт из первичного пластика**	**Возможный продукт переработки**
PET - Полиэтилен-терефталат	Да	Бутылки для воды и напитков, бытовой химии, упаковка для десертов, салат	Сумки-шоппер, преформы для бутылок, геотекстиль, изоляция
HDPE - Полиэтилен низкого давления	Да	Бутылки для молока и бытовой химии, пленка, крышки от бутылок, контейнеры, канистры	Бутылки для бытовой химии, оборудование для игровых площадок
PVC - Поливинилхлорид	Нет	Кредитные карты, оконные рамы, водосточные трубы, пищевая пленка, косметические флаконы	Панели, полы
LDPE - Полиэтилен высокого давления	Да	Мягкие бутылки, мусорные пакеты, упаковка от бытовой техники	Корзины для компоста, напольная плитка
PP - Полипропилен	Да	Твердая упаковка для микроволновых печей, упаковка, пакеты для хлебобулочных изделий	Метлы, урны, поддоны, велосипедные стойки
PS - Полистирол	Сложно	Одноразовая посуда, контейнеры для яиц, CD, подложки для мясных продуктов, пенопласт	Пенопластовая упаковка, изоляция, упаковка для яиц
O - Прочие пластмассы	Нет	Нейлоновые ткани, детские бутылочки, автозапчасти, бутылки для куллеров	Дорожные знаки, пластиковые пиломатериалы

В системе предприятий по рекуперации материалов пластмассы сортируются на 3 группы: пластики низкого давления (HDPE) сортируются вручную, Полиэтилентерефталат (PET) отделяется от пластмасс 3-7 с помощью автоматического ИК-детектора. Благодаря своим свойствам, Полиэтилентерефталат в настоящее время является самым распространенным материалом, который перерабатывается и в дальнейшем перепродается в значительных количествах.

Рентабельность переработки отходов зависит от 2-х факторов, на которые предприятия по переработке отходов не могут повлиять: цена за баррель нефти и коэффициент переработки пластмасс потребителями, который зависит от того, правильно ли потребители утилизируют отходы, чтобы весь пластик попадал на перерабатывающие заводы.

Рассматривая все возможные методы обращения с отходами с экологической точки зрения установлено, что именно переработка отходов является самым идеальным методом. Помимо снижения выбросов парниковых газов и экономии энергии, также реализуется концепция промышленной экологии, согласно которой отходов нет, а есть только новые продукты. В связи с этим, необходимо усовершенствовать процесс переработки, чтобы он был экологически и экономически целесообразным.

Таким образом, технология переработки пластиковых отходов зависит от их происхождения, а также от способности полимера к разложению. В большинстве случаев отходы могут быть переработаны со значительным изменением свойств. Можно свести к минимуму изменение свойств или даже расширить их путем обновления отходов повторного измельчения с добавлением исходного полимерного материала. Хотя это влияет на технологические свойства, например, вязкость, изменение срока эксплуатации, механические характеристики.

Однако скорость переработки отходов невелика. Это связано с техническими ограничениями, например, с ограниченной доступностью несмешанных пластиковых отходов. Показатель можно увеличить только тогда, когда процесс переработки станет неотъемлемой частью процесса на стадии создания и разработки продукта, когда и производитель и потребитель начнут принимать активное участие в совершенствовании технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Громова, К. А. Проблема загрязнения пластиковыми отходами / К. А. Громова, О. А. Тришина. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2021. — № 22 (364). — С. 513-515

2. Kessler Consulting Inc. MRFing Our Way to Diversion: Capturing the Commercial Waste Stream. Tampa, FL. 2009.

3. University of Cambridge and University of Cambridge-MIT Institute. The ImpEE Project: Recycling of Plastics. Department of Engineering, University of Cambridge, Cambridge, UK. 2005.

4. Получение эффективных нефтесорбентов для очистки вод на основе отходов химической промышленности / Е. А. Татаринцева, Л. Н. Ольшанская // Промышленные процессы и технологии. 2021. No 1. С. 6 – 16. DOI: 10.37816/2713-0789-2021-1-1-6-16

УДК 66.014 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-36-39

МЕТОДИКА ДЕМЕРКУРИЗАЦИИ ХЛОРСОДЕРЖАЩИМИ РЕЦЕПТУРАМИ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА
DEMERCURIZATION TECHNIQUE WITH CHLORINE-CONTAINING RECIPES IN THE CONDITIONS OF THE HARD NORTH

Новоселова Елена Александровна
Elena A. Novoselova

АО НДЦ НПФ «Русская лаборатория», Россия, Санкт-Петербург
RUSSIAN LABORATORI Ltd., Russia, St. Petersburg
(e-mail: novoselova-1989@mail.ru)

Аннотация: В настоящее время отсутствуют демеркуризаторы применяемые при низких температурах в условиях Крайнего Севера, использование которых позволит повысить эффективность аварийно-спасательных работ при ликвидации чрезвычайных ситуаций. Имеющиеся демеркуризаторы обладают большим временем демеркуризации (1,5 – 2 суток) и низкой эффективностью. В связи с этим, разработан новый способ демеркуризации на основе применения оксида хлора (I) в четыреххлористом углероде в условиях низких температур.

Abstract: Currently, there are no demercurizers used at low temperatures in the Far North, the use of which will increase the efficiency of rescue operations in the elimination of emergency situations. The available demercurizers have a long demercurization time (1.5 - 2 days) and low efficiency. In this regard, a new demercurization method has been developed based on the use of chlorine (I) oxide in carbon tetrachloride at low temperatures.

Ключевые слова: ртуть, оксид хлора (I), демеркуризация, низкие температуры.
Keywords: mercury, chlorine (I) oxide, demercurization, low temperatures.

Ртуть является высоко токсичным и широко распространенным загрязняющим веществом окружающей среды, поскольку входит в состав выбросов, сточных вод и твердых отходов различных производств [1; 2; 3; 4]. Сегодня, загрязнение окружающей среды ртутью является одной из приоритетных проблем с точки зрения экологии и медицины [5], а одна из самых известных экологических трагедий XX столетия – болезнь минаматы – вызвана содержанием ртути в окружающей среде. Применение ртути в производственных процессах, использование ртутьсодержащих изделий и приборов в быту, здравоохранении, транспорте, в учебных и научных учреждениях приводит к загрязнению ртутью помещений, транспортных средств и территорий, и является актуальной проблемой экологии. Ртутная опасность – одна из главных для человека в XXI веке. В настоящее время отсутствуют демеркуризаторы, способные уничтожать капельную форму ртути. Процесс демеркуризации известными демеркуризаторами характеризуется длительным временем демеркуризации (составляет от 1,5 до 2 суток) и низкой эффективностью (за 1 цикл обработки не обеспечивается 100% удаление ртути). Более того, ртуть обладает свойством восстанавливаться до своего первоначального состояния через некоторое время, что приводит к высоким концентрациям ртути в помещениях через 1–2 года после проведения демеркуризационных мероприятий.

В настоящее время также отсутствуют демеркуризаторы и инструкции по применению демеркуризаторов, применяемых при низких температурах в условиях Крайнего Севера, в связи с этим возникает необходимость в проведении теоретических и экспериментальных исследований для разработки новых способов демеркуризации, использование которых позволит повысить эффективность аварийно-спасательных работ при ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Оксиды хлора, как соединения, эффективно взаимодействующие со ртутью, были выявлены при изучении свойств демеркуризирующих растворов на основе перхлората аммония. В проведенных работах было указано, что накапливающиеся в перхлорате аммония

оксиды и являются действующим компонентом, обеспечивающим удаление ртути. По этой причине была предпринята попытка исследовать демеркуризирующие свойства каждого оксида хлора в отдельности. Известно, что среди всех оксидов хлора Cl_2O обладает самыми высокими окислительными свойствами. Это свойство может быть использовано в процессе демеркуризации.

Оксид хлора (I) можно синтезировать несколькими способами. Одним из самых простых и доступных является синтез Cl_2O по методу Пелуза, сущность которого заключается в воздействии хлора на оксид ртути (II):

$$HgO + 2Cl_2 = HgCl_2 + Cl_2O \quad (1)$$

Для осуществления этого метода необходим свежеполученный сухой оксид ртути (II) HgO. Оксид ртути (II) получали по реакции обмена из йодида ртути (II), воздействуя на него гидроксидом натрия:

$$HgJ_2 + 2NaOH = HgO + 2NaJ + H_2 \quad (2)$$

При получении оксида ртути (II) щелочь бралась в избытке. Щелочная реакция осадка оксида ртути (II) при взаимодействии с хлором может сильно повлиять на выход газообразного продукта Cl_2O. Для исключения этого недостатка осадок оксида ртути (II) фильтровали и отмывали дистиллированной водой до нейтральной реакции лакмусовой бумажки.

Хлор синтезировали при помощи реакции взаимодействия соляной кислоты с перманганатом калия:

$$2KMnO_4 + 16HCl = 2KCl + 2MnCl_2 + 5Cl_2 + 8H_2O \quad (3)$$

Известно, что образующийся оксид хлора (I) является нестойким соединением, способным к саморазложению, в том числе путем взрыва, поэтому для ее сбора использовали четыреххлористый углерод, налитый в склянку Дрекселя. Для охлаждения нижней части склянки Дрекселя использовалась смесь льда и соли, которая давала возможность охладить склянку до минус 25°С.

Конечный продукт раствора окиси хлора в тетрахлориде углерода получился жёлто-коричневого цвета.

Исследование демеркуризирующих свойств оксида хлора (I), растворенного в четыреххлористом углероде заключался в прямом воздействии раствора Cl_2O в CCl_4 на ртуть: капли ртути диаметром 0,7 см при комнатной температуре (Рисунок 1) заливалась 5 мл раствора Cl_2O в CCl_4 концентрацией 50 мг/мл. Сразу же после начала контакта раствора Cl_2O в CCl_4 с ртутью, последняя чернела, дробилась на несколько частей, которые принимали вытянутую форму (Рисунок 2).

Спустя 1 минуту при встряхивании стакана практически вся ртуть перешла в оксидную форму с примесью каломели. В течение 4–5 минут ртуть полностью окисляется с образованием смеси оксидных соединений ртути различной структуры и каломели.

Образование характерных вытянутых форм не случайно и связано, по-видимому, с возникновением на поверхности капли ртути вытянутых структур типа Cl-Hg-O-Hg-O-Hg-O-Hg-Cl, а также различных комбинаций каломели с оксидом ртути (II): $Hg_2Cl_2 \cdot 2HgO$, $Hg_2Cl_2 \cdot 4HgO$, $2Hg_2Cl_2 \cdot HgO$ [6].

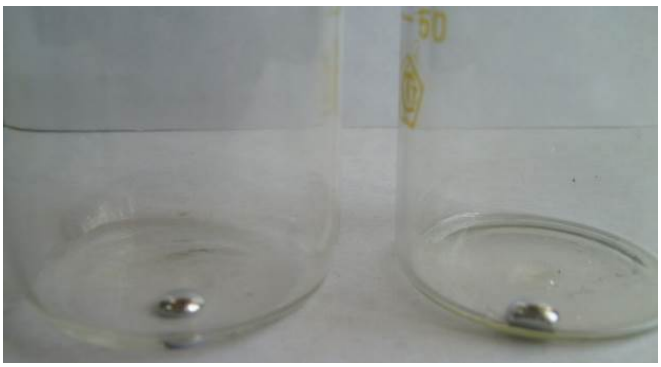


Рисунок 1 − Общий вид капель ртути используемых для экспериментов определения демеркуризирующих свойств раствора Cl_2O в CCl_4

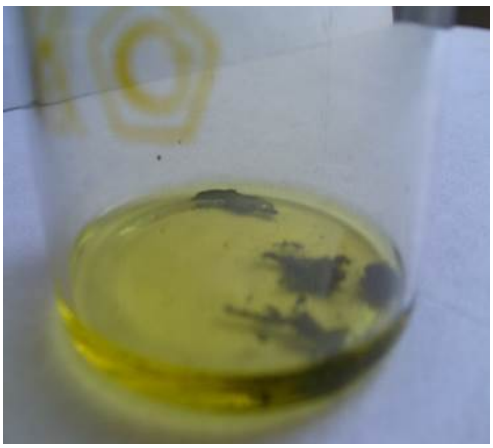


Рисунок 2 − Дробление капли ртути на несколько частей (сразу после добавления раствора Cl_2O в CCl_4) с возникновением характерных вытянутых структур

Для изучения демеркуризирующих свойств оксида хлора (I) в четыреххлористом углероде при отрицательных температурах проводился эксперимент. В эксперименте использовалась демеркуризирующая рецептура, состоящая из раствора Cl_2O в CCl_4; концентрация Cl_2O в CCl_4 − 0,5 мг/мл. Эксперимент проводился в холодильнике при температуре минус 25°С непосредственным действием демеркуризирующей рецептуры на каплю ртути диаметром 10–12 мм.

Рисунок 3 − Внешний вид продуктов полного окисление капли ртути диаметром 10-12 мм спустя 5 минут воздействия раствора Cl_2O в CCl_4 при температуре минус 25°С

Капля ртути находилась в колбе, а раствор Cl_2O в CCl_4 предварительно был охлажден смесью льда и соли до температур минус 30°С÷минус 35°С. В колбу с ртутью заливалось 5 мл раствора Cl_2O в CCl_4, после чего колба с реакционной смесью помещалась на 5 минут в холодильник. Через 5 минут колба из холодильника изымалась и фиксировались результаты эксперимента − полное окисление ртути до ее оксидных и хлоридных форм (Рисунок 3).

Эксперимент продемонстрировал, что при температуре минус 25°С снижения активности демеркуризирующей рецептуры по отношению к ртути не наблюдается. Это обстоятельство делает Cl_2O в CCl_4 незаменимым демеркуризатором при низких отрицательных температурах.

Проведенные исследования по определению демеркуризационных свойств оксида хлора (I) показали, что Cl_2O в CCl_4 по окислению ртути превосходят все известные демеркуризаторы. Для демонстрации этих свойств нет необходимости применять специальные методики по загрязнению ртутью поверхностей. Оксид хлора (I) в четыреххлористом углероде способен за очень короткое время окислить капельную ртуть, что подтверждается экспериментами. Разбавление исходного раствора Cl_2O в CCl_4 четыреххлористым углеродом в дальнейшем приводит к понижению окислительной способности и уменьшению повреждающей способности демеркуризирующей рецептуры.

Таким образом, использование растворов демеркуризаторов на основе растворов оксида хлора (I) в четыреххлористом углероде различных концентраций может позволить в зависимости от условий проведения демеркуризации и свойств демеркуризируемых поверхностей добиться максимального процента перевода ртути в безопасные формы. Сопутствующим результатом демеркуризации раствором оксида хлора (I) в четыреххлористом углероде является полная дезинфекция помещений за счет образования гипохлорит-иона ClO-, являющегося активно действующим веществом подавляющего большинства современных дезинфицирующих средств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барер Г.М. Влияние пломб из амальгамы на организм человека // Сборник материалов I Всероссийской конференции "Ртутная опасность – проблема 20 века". 1994. С. 77–78.
2. Конторович А. Э. Нефть и газ российской Арктики: история освоения в XX веке, ресурсы, стратегия на XXI век // Наука из первых рук. 2015. № 1 (61). С. 15–18.
3. Аладатов А.Г. Медико-биологическое значение уровней содержания ртути в биосредах организма // Гигиена и санитария. 1990. N5. С.88–95..
4. Злотников Т.В. Обеспечение безопасности окружающей среды // Стандарты и качество. 1999. №7. С. 74–75.
5. Артамонова В.Г. Профессиональные болезни. М.: Медицина, 1988. 413 с.
6. Трахтенберг И.М. Ртуть и ее соединения в окружающей среде. Гигиенические и экологические аспекты. Киев.: Высшая школа, 1990. 231 с.

УДК 62.623-9 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-39-42

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВ НАЗЕМНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНОГО СУДНА НА ОСНОВЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОДГОТОВКИ ПЕРСОНАЛА

EFFICIENCY OF THE ENERGY SUPPLY SYSTEM OF FACILITIES GROUND HANDLING OF AN AIRCRAFT BASED ON IMPROVING STAFF TRAINING

Синюков Виктор Васильевич, Щукин Андрей Викторович
Victor V. Sinyukov, Andrei V. Schukin

Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» Россия, Воронеж
Military educational scientific center of the Air Force "Military and air academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin "Russia, Voronezh
(e-mail: sinukovhome@mail.ru)

Аннотация: Рассмотрена система энергообеспечения аэродрома государственной авиации и её составляющие. Получено выражение, позволяющее оценить эффективность системы энергообеспечения средств наземного обслуживания воздушного судна. Определено влияние качества подготовки и профессиональной квалификации персонала системы энергообеспечения на её эффективность, сделаны важные с практической точки зрения выводы.

Abstract: The power supply system of the state aviation airfield and its components are considered. An expression was obtained that allows assessing the efficiency of the system of power supply of aircraft ground maintenance facilities. The influence of the quality of training and professional qualification of the personnel of the energy supply system on its effectiveness was determined, important conclusions were made from a practical point of view.

Ключевые слова: государственная авиация, воздушные суда, квалификация персонала, энергообеспечение.

Key words: state aviation, aircraft, personnel qualification, power supply.

Активное развитие и модернизация воздушных судов (ВС) государственной авиации характеризуется ростом сложности их подготовки к полётам, при значительном увеличении роли и значения своевременного и качественного обеспечения полётов современных ВС. Аэродромы государственной авиации могут насчитывать несколько взлетно-посадочных полос с одновременным базированием большого количества ВС различных типов, а также обеспечивать высокую интенсивность полётов [1]. С целью поддержания постоянной готовности всего парка ВС на аэродроме применяются различные по своему назначению средства наземного обслуживания общего применения (СНО ОП).

Если рассматривать совокупность СНО ОП как систему, объединенную единой целью своевременной и качественной подготовки ВС к полёту, то в её составе можно выделить ряд подсистем, которые направлены на выполнение различных функциональных задач по подготовке. В качестве основных составляющих системы СНО ОП можно выделить следующие подсистемы: инженерно-авиационного обеспечения, аэродромно-технического обеспечения, иженерно-аэродромного обеспечения, электрогазового обеспечения и др. Технические средства подсистемы электрогазового обеспечения (кислорододобывающие станции, унифицированные газозарядные станции, воздухозаправщики, аэродромные передвижные агрегаты, установки воздушного запуска, аэродромные кондиционеры различных типов) и аэродромно-технического обеспечения (топливозаправщики, заправщики специальных жидкостей и т.д.) составляют основу системы энергообеспечения средств наземного обслуживания ВС. Эта система является одной из наиболее важных, ответственных и травмоопасных, т.к. персонал работает с высокими напряжением и давлением, низкими и высокими температурами, горюче-смазочными материалами, ядовитыми техническими жидкостями при этом обслуживает все типы ВС, базирующиеся на аэродроме.

Время, отводимое на выполнение технологических операций жестко ограничено рамками нормативов подготовки ВС к полёту, а ошибочные действия могут привести к выходу из строя дорогостоящего оборудования, авиационной техники, травмированию и гибели личного состава. Поэтому к компетентности и профессиональной квалификации персонала, эксплуатирующего технические средства системы энергообеспечения средств наземного обслуживания ВС, предъявляются повышенные требования.

Однако, с ростом сложности современных ВС и технических средств системы энергообеспечения, которая используется для обслуживания всех типов ВС на современном аэродроме государственной авиации, качество подготовки персонала, по различным причинам остается на прежнем уровне, а часто снижается. Следовательно, при определении эффективности системы энергетического обеспечения требуется учитывать квалификацию персонала, отсутствие такого учёта, может сказаться на выполнении поставленных задач, безаварийности и поддержании готовности авиационной техники. Вследствие этого, актуальным является исследование влияния качества подготовки персонала на эффективность системы энергообеспечения наземного обслуживания ВС.

Известно, что в общем случае эффективность одиночного ВС государственной авиации при действии по наземной цели определяется вероятностью его поражения

$$W_{пор.} = P_o P_{вых.} P_{пор.}, \qquad (1)$$

где P_o – вероятность подготовки ВС к полёту в установленный срок; $P_{вых.}$ – вероятность выхода ВС на установленный рубеж; $P_{пор.}$ – вероятность поражения цели.

Вероятность подготовки ВС к полёту в установленный срок или вероятность своевременного вылета P_o непосредственно зависит от времени подготовки ВС в полёту: $P_o = P_o(t_{подг})$. Тем самым $t_{подг}$ через частный критерий P_o оказывает влияние на эффективность применения ВС государственной авиации [2].

Вероятность своевременного вылета можно представить в виде произведения

$$P_o = K_{ТГ} P_{подг} P'_o, \qquad (2)$$

где $K_{ТГ}$ – коэффициент технической готовности; $P_{подг}$ – вероятность того, что ВС будет подготовлено к полёту к назначенному сроку Т; P_0 – вероятность появления ВС в районе цели, при условии, что вылет состоялся в назначенное время.

При наложении ограничений на $K_{ТГ}$ и P'_0 вероятность своевременного вылета будет зависеть только от $P_{подг}$. Критерий $P_{подг}$ приобретает особое значение в период ведения военных действий, когда время выполнения технологических операций подготовки ВС к полёту персоналом по всем подсистемам системы СНО ОП являются случайными величинами. Используя сетевой график подготовки ВС к полёту и определив критический путь, можно найти вероятностные характеристики времени выполнения каждой операции в виде математического ожидания времени выполнения операции $M(t_i)$ и среднеквадратического отклонения этой случайной величины σ_{t_k}.

$$M(t_{подг}) = \sum_{i=1}^{v} M(t_{i_v}) \tag{3}$$

$$\sigma_{t_{подг}} = \sum_{i=1}^{v} \sigma_{t_i} \tag{4}$$

где ν – общее количество технологических операций подготовки ВС к полету, t_{i_v} – общее время на выполнение технологических операций.

Выделив время выполнения технологических операций подготовки ВС персоналом энергообеспечения средств наземного обслуживания ВС в отдельную категорию получим

$$M(t_{подг}) = \sum_{i=1}^{n} M(t_{iэ}) + \sum_{i=1}^{m} M(t_{i_{ост}}) \quad m + n = v, \tag{5}$$

где n – количество технологических операций связанных с энергообеспечением ВС, $t_{i_э}$ – время на выполнение технологических операций связанных с энергообеспечением ВС, m – количество технологических операций не связанных с энергообеспечением ВС, $t_{i_{ост}}$ – время на выполнение технологических операций не связанных с энергообеспечением ВС.

Однако, в данной формуле не учитывается квалификация (уровень подготовки) персонала подсистемы энергообеспечения, хотя, как говорилось выше, его вклад в определение временных характеристик готовности ВС значителен.

Анализ литературы [2,3,4] по этому вопросу показал, что учёт уровня подготовки квалифицированных кадров ведется в наиболее важных и ответственных областях государственной авиации, например: у лётчиков он влияет на вероятность поражения цели и может учитываться при определении запаса боекомплекта, у специалистов инженерно-авиационной службы влияет на временные параметры диагностики систем ВС и может учитываться при подборе персонала.

Например в [3] на основе экспериментальных данных установлено влияние уровня профессиональной подготовки на склонность инженерно-технического состава к совершению ошибок при выполнении нормативов по подготовке ВС к полёту, следующим образом

$$k = e^{-\eta_{подг.} t_k}, \tag{6}$$

где η – уровень подготовки инженерно-технического состава в условных единицах, $t_к$ – время выполнения технологической операции.

Для учёта уровня подготовки энергетического обеспечения средств наземного обслуживания ВС, по аналогии с [3] предлагается использовать коэффициент k. В этом случае формула (5) принимает вид

$$M(t_{подг}) = k\sum_{i=1}^{n} M(t_{iэ}) + \sum_{i=1}^{m} M(t_{i_{ост}}), \tag{7}$$

где k – коэффициент, определяющий уровень подготовки персонала системы энергообеспечения.

Выводы

Таким образом, использование полученной формулы (7) с коэффициентом k позволяет учесть уровень подготовки персонала энергообеспечения при расчете времени подготовки ВС государственной авиации к полёту, что в свою очередь напрямую влияет на эффективность одиночного ВС при действии по наземной цели, которое определяется выражением (1). Для определения параметров коэффициента k требуется проведение дополнительных экспериментальных исследований на группах специалистов системы энергообеспечения имеющего разную квалификацию. Полученные результаты могут быть использованы для повышения готовности ВС за счёт подбора специалистов системы энергообеспечения требуемой квалификации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васин И.В. Пути формирования оптимального состава средств обеспечения полетов воздушных судов на аэродроме Ахтубинск в перспективном облике// Сборник статей II Всероссийской научно-технической конференции «Приоритетные направления и актуальные проблемы развития средств технического обслуживания летательных аппаратов», Воронеж,(15–16.03.2016). – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2016. – С. 27–29.

2. Боевые авиационные комплексы и их эффективность / под ред. О.В. Болховитинова/. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2008. – 246 с.

3. Синюков В.В., Облогин М.А. Боевая готовность авиационного комплекса с учётом квалификации инженерно технического состава/ Центральный справочно-информационный фонд МО РФ 25.04.2017 г. инв. № В7887. Сборник рефератов депонированных рукописей. Серия Б. Выпуск № 119. – М.: ЦВНИ МО РФ, 2017 г.

4. Хвостов А.А., Синюков В.В. Математическое моделирование процесса обучения с использованием интерактивной графической среды // Сборник материалов XVII международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии». Воронеж, ВГУ, 9–10.02.2017 г. – Воронеж: НПО «Вэлборн», 2017. Т. 3. – С. 423 – 428.

УДК 661.87 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-43-46

УТИЛИЗАЦИЯ ВЫБРОСОВ ПРИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ОТРАБОТАННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ГИДРООЧИСТКИ ТОПЛИВА
RECYCLING OF EMISSIONS AT THE COMPLEX PROCESSING OF SPENT HYDROTREATMENT FUEL CATALYST

Соколова Юлия Васильевна
Yulia V. Sokolova

Национальный исследовательский технологический университет МИСиС, Россия, Москва
National University of Science and Technology "MISIS", Russia, Moscow
(e-mail: sokolova.yv@misis.ru)

Аннотация: Разработан окислительный обжиг промышленного отработанного Co-Mo/Al_2O_3 катализатора гидроочистки дизельного топлива с известью в воздушной атмосфере с улавливанием оксидов серы и углерода в виде гипса и кальцита. Определены оптимальные условия проведения процесса. Установлено, что обжиг неизмельченного отработанного катализатора позволяет при дальнейшей переработке отделить молибден от оксидов алюминия и кобальта выщелачиванием, а также получить известь и направить ее на обжиг.

Abstract: An oxidative roasting of industrial spent Co-Mo/Al_2O_3 catalyst for hydrotreating diesel fuel with lime in an air atmosphere with the capture of sulfur and carbon oxides in the form of gypsum and calcite has been developed. The optimal conditions for the process have been determined. It has been established that the roasting of uncrushed spent catalyst makes it possible, during further processing, to separate molybdenum from aluminum and cobalt oxides by leaching, as well as to obtain lime and send it for roasting.

Ключевые слова: отработанные катализаторы, утилизация, обжиг, известь.
Keywords: Spent catalysts, recycling, oxidation roasting, lime.

В настоящее время в российской нефтеперерабатывающей отрасли значительные усилия направлены на поиск новых технологических решений, позволяющих повысить экологический класс топлив и снизить вредные выбросы в атмосферу (CO_2 менее 130, NOx не более 0.08 г на 1 км пути [1]). В период до 2035 г. в отрасли предполагается 15%-ный рост первичной переработки нефти (до ~333 000 тыс. тонн), и прогнозируется увеличение числа установок для вторичных процессов переработки нефти, что позволит получать топливо, отвечающее современным экологическим требованиям [2].

Снижение экологической нагрузки на окружающую среду при переработке нефти может быть достигнуто за счет повышения глубины переработки (в настоящий момент в России этот показатель около 80% [2]), а также в результате утилизации крупнотоннажных отходов нефтепереработки - отработанных катализаторов (ОК). Около 30% использованных катализаторов – это ОК гидроочистки, которые содержат до 20% Mo, 5% Co, 9% Ni, 8% V. Согласно Федеральному классификационному каталогу отходов, ОК, в зависимости от состава, относятся к самовозгораемым опасным отходам 3-4 класса опасности. Объем получаемых ОК гидроочистки в России сейчас составляет около 5 тыс. тонн/год; ожидается, что к 2035 г. он достигнет 7 тыс. т/год [2]. В настоящее время в России этот вид отходов не перерабатываются и складируются на полигонах, являясь источником загрязнения окружающей среды.

Основными причинами падения активности катализаторов являются образование кокса, спекание, уменьшение концентрации активных компонентов, а также наличие примесей, относящихся к каталитическим ядам. Содержание кокса составляет от 7 до 18%. Катализатор содержит 8-9% сульфидной серы; также обычно присутствуют примеси железа, натрия и некоторых других элементов [3]. В обзорах работ, посвященных утилизации ОК

гидроочистки [3-4], преимущественно на первой стадии для удаления примесей кокса и серы, мешающих извлечению ценных компонентов (Mo, Co, W), предлагается окислительный обжиг ОК в воздушной атмосфере. Обжиг сопровождается образованием значительных количеств оксидов углерода и серы (~200 и ~350 кг/т ОК (в пересчете на SO_2 и CO_2 соотв.), что требует наличия схемы газоочистки при обжиге; при переработке лежалых отходов ОК требуется создание газоочистной системы, что заметно повысит стоимость переработки ОК.

Целью настоящей работы являлась разработка технологии обжига ОК с добавкой реагентов, связывающих выделяющиеся при обжиге SO_2 и CO_2 в твердые продукты.

Материалы и реагенты. Использовали образцы необожженного ОК Axens, отобранные в октябре 2017 г. после его четырехлетней эксплуатации из установки глубокой гидроочистки дизельного топлива одного из нефтеперерабатывающих заводов НК «Роснефть», состава, масс. %: Mo 9,3-9,7, Co 3,04-3,13, C 7,2, S 9,3, Fe 0,12-0,15, Na 0,13-0,25, V 0,04-0,09, остальное – Al_2O_3 (γ-модификация). Частицы ОК имеют сечение в форме трилистника; длина частиц составляет 7-10 мм. Содержание Mo(VI) в растворе определяли фотоколориметрическим методом с роданидом аммония [5]. Определение концентрации Co(II) и примесей в катализаторах после вскрытия образцов проводили эмисионно-спектральным методом с индукционно связанной плазмой на приборе iCAP 6300 (США). Концентрацию S и C определяли инфракрасно-абсорбционным методом с использованием анализатора CS-230IH (США). Использовали реагенты квалификации не ниже «ч».

Методика эксперимента. Изучение обжига ОК с CaO проводили проточным методом. Смесь ОК с CaO насыпали слоем 1,0-1,5 см на дно лодочки из корунда, которую помещали в муфельную печь, нагретую до заданной температуры. Через печь пропускали с помощью компрессора воздух со скоростью 3 л/мин. Момент окончания обжига устанавливали по окончанию изменения массы образца.

Продукты обжига ОК с CaO (огарок) (0,4 г CaO/1 г ОК, 600°C) содержат, %: $CaMoO_4$ 8,4, $CaSO_4$ 43,6, CaO 8,2, γ-Al_2O_3 31,6, $CaCO_3$ 8,2. По данным работы [4], активная фаза катализатора содержит соединение CoMoS, поэтому суммарно протекающий в интервале температур 575 – 600^{0}C процесс можно выразить уравнением:

$$CoMoS_{(т)} + 3{,}5O_{2(г)} + 2CaO_{(т)} = CaMoO_{4(т)} + CaSO_{4(т)} + CoO_{(т)} \quad (1)$$

Кокс при обжиге образует пары воды и CO_2, который взаимодействует с известью с образованием $CaCO_3$ по уравнению:

$$CO_{2(г)} + CaO_{(т)} = CaCO_{3(т)} \quad (2)$$

Результаты определения влияния расхода извести на степень улавливания серы и углерода в огарке (таблица) показывают, что степень поглощения серы при 575^{0}C проходит через максимум при расходе CaO 0,4 г/г ОК, а для углерода растет с его увеличением. Оптимальной температурой обжига, по результатам исследования, следует считать 575 °C. При 550°C эффективность обжига недостаточна. При 600 °C за счет увеличения коэффициентов диффузии газов имеет место рост потерь оксидов серы; окисление кокса протекает более полно с ростом температуры, поэтому поглощение CO_2 заметно выше.

Данные изучения зависимости степени приближения к равновесию от времени (550 – 600^{0}C, расход добавки 0,4 г CaO/1 г ОК) показали, что на скорость процесса не влияют в исследуемом диапазоне изменение температуры, а также наличие или отсутствие измельчения. Это связано с особенностями протекания обжига ОК, имеющего высокую пористость (0,211 м^2/г) и высокую удельную поверхность (114 м^2/г) [6]: выделяющиеся газы (MoO_3 при этих условиях возгоняется) реагируют с известью преимущественно в порах катализатора, поэтому его измельчение практически не изменяет скорость процесса.

Разделение продуктов обжига неизмельченного ОК с известью на мелкую фракцию (менее 1мм) и крупную (более 1 мм) и изучение их состава показало, что мелкая фракция, главным образом, содержит смесь $CaSO_4$, CaO, $CaCO_3$, крупная - Al_2O_3, $CaMoO_4$, CoO. При этом 92 - 93% Mo сосредоточено в крупной фракции, и 7 – 8% - в мелкой фракции.

Таблица 1 – Влияние условий проведения обжига на степень улавливания серы и углерода

Температура, ^0C	Масса добавки CaO, г/г ОК	Масса в огарке по отношению к массе в исходном образце, %	
		S	C
575	0,26	78,9	19,9
575	0,40	96,1	35,9
550	0,40	64,4	49,1
575	0,40	81,2	47,9
600	0,40	77,9	61,8
575	0,52	91,8	52,9
575	0,65	86,4	74,1
575	1,0	81,7	87,8

Автором статьи в работе [7] показано, что при выщелачивании Mo из крупной фракции огарка раствором соды достигается 98-99%-ное извлечение Mo, т.е. имеет место количественное отделение Mo от основы катализатора Al_2O_3, содержащей CoO. Отделение Co от основы катализатора достигается, например, с использованием солей аммония [8]. Получаемый после отделения кобальта Al_2O_3 может быть использован, например, при создании керамик.

Мелкая фракция огарка направляется отдельно на извлечение Mo тем же способом. Установлено, что в этом случае в твердом остатке уже отсутствует $CaSO_4$, что указывает на его взаимодействие с содой с образованием $CaCO_3$:

$$CaSO_{4\,(т)} + Na_2CO_{3\,(р)} = Na_2SO_{4(р)} + CaCO_{3\,(т)} \quad (3)$$

Полученные данные позволяют организовать после прокаливания $CaCO_3$ возвращение извести на стадию обжига.

Таким образом, при сочетании процессов обжига ОК с известью при температуре 575^0C с выделением мелкой и крупной фракций огарка, раздельного содового выщелачивания Mo из фракций огарка достигается получение раствора Na_2MoO_4, твердого продукта Al_2O_3 и CoO, а также извести, которая может повторно использоваться при обжиге.

При переработке свежих ОК гидроочистки в России возможно получение до 600 т/год Mo и около 170 т/год кобальта в виде соединений. При вовлечении в переработку лежалых ОК объемы продукции могут быть значительно выше.

Заключение

Изучен окислительный обжиг отработанного катализатора Co-Mo/Al_2O_3 гидроочистки с CaO при температурах 550 – 600^0C в воздушной атмосфере. Установлено, что оптимальными параметрами обжига являются расход CaO 0,4 г/г отработанного катализатора, температура 575^0C, продолжительность спекания 40 - 44 мин., скорость подачи воздуха 3 л/мин.

Показано, что использованный метод позволяет количественно связывать SO_2 и CO_2 в виде $CaSO_4$ и $CaCO_3$; при этом также образуется $CaMoO_4$. Раздельное содовое выщелачивание фракций огарка позволяет отделить Al_2O_3 и CoO от молибденсодержащего раствора, которые будут направлены на извлечение Co и Mo, с также организовать оборот извести.

Разработанный метод обжига отработанного катализатора Co-Mo/Al_2O_3 гидроочистки с известью позволит без значительных затрат на очистку выбросов проводить переработку ОК на установке по переработке ОК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жданеев О. В., Чубоксаров В. С. Техническая политика нефтегазовой отрасли России: задачи и приоритеты // Энергетическая политика. 2020. № 5. С. 76–91.

2. Жданеев О.В., Коренев В.В., Рубцов А.С. О приоритетных направлениях и развитии технологий переработки нефти в России (обзор) // Журнал прикл. химии. 2020. №12. С. 1263 – 1274.

3. Akcil A., Vegliò F., Ferella F., Okudana M.D., Tuncuk A. A review of metal recovery from spent petroleum catalysts and ash // Waste Management. 2015. V. 45. P. 420 - 433.

4. Zeng, L., Yong Cheng, C. A literature review of the recovery of molybdenum and vanadium from spent hydrodesulphurisation catalysts // Hydrometallurgy. V. 98. 2009. P. 1 – 9.

5. Бусев А.И. Аналитическая химия молибдена/ М.: АН СССР. 1962. 303 С.

6. Sokolova Y.V., Belkina I.S., Sviridova T.A. Studyng the characteristics of a waste industrial Co-Mo/Al_2O_3 catalyst for the deep hydrotreatment of diesel fuel // Catalysis in Industry. 2020. V. 12. N 2. P. 127-132.

7. Соколова Ю.В. Отделение молибдена при утилизации отработанных Co-Mo/Al2O3 катализаторов гидроочистки // Материалы Всеросс. научно-практич. конф. «Экология. Риск. Безопасность». Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та. 2020. С. 170 – 173.

8. Степанов С.И., Бояринцев А.В., Переработка отработанного катализатора гидроочистки нефтяных фракций в водных карбонатных системах // Успехи в химии и химич. технологии. 2019. Т. 33. № 1. С. 51 – 53.

УДК 661.87 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-46-49

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ПРОЦЕССА СУШКИ ТКАНЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ПОЛЯ ДЛЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

EXPERIMENTAL STUDY OF THE KINETICS OF THE TISSUE DRYING PROCESS USING THE ULTRASONIC FIELD FOR ENERGY SAVING

Кошелева Мария Константиновна*, Голых Роман Николаевич, Новикова Татьяна Александровна***

Marya K. Kosheleva*, Roman N. Golykh, Tatyana A. Novikova***

**Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Россия, Москва*

Kosygin Russian State University, Russia, Moscow

(e-mail: oxtpaxt@yandex.ru)

***Бийский технологический институт (филиал)ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Россия, Бийск*

Biysk Technological Institute (branch) of Polzunov Altai State Technical University, Russia, Biysk

(e-mail: grn@bti.secna.ru)

Аннотация: получены экспериментальные данные по интенсификации процесса сушки тканей ультразвуковым полем. Показано, что для обеспечения качественных показателей тканей, соответствующих требованиям, и для экономии энергии температура сушильного агента при применении ультразвукового воздействия может быть понижена. Выявлена возможность полуторакратного ускорения процесса сушки хлопчатобумажных тканей с невысокой плотностью при ультразвуковом воздействии через нерезонансный газовый промежуток.

Abstract: experimental data were obtained on the intensification of the drying process of tissues by an ultrasonic field. It has been shown that in order to ensure the quality parameters of fabrics that meet the requirements and to save energy, the temperature of the drying agent can be lowered when ultrasonic exposure is applied. The possibility of one and a half times acceleration of the drying process of cotton fabrics with low density under ultrasonic action through a nonresonant gas gap was revealed.

Ключевые слова: сушка, интенсификация, ультразвуковое воздействие, хлопчатобумажные ткани, энергосбережение.

Keywords: drying, intensification, ultrasonic action, cotton fabrics, energy saving.

В современных условиях и в перспективе одним из важных путей повышения эффективности энерготехнологических установок является совершенствование тепломассообменного оборудования с помощью внедрения эффективных способов интенсификации тепломассообмена.

Обоснованный выбор способа повышения эффективности энергоёмкого технологического процесса сушки текстильных материалов проводится на основе комплексного анализа свойств материала как объекта технологической обработки.

Анализ сорбционно-структурных характеристик выбранных для исследования хлопчатобумажных тканей показывает, что критический радиус пор, соответствующий влагосодержанию ткани 7-9 % составляет 1,1-1,5 нм, следовательно, при сушке хлопчатобумажной ткани удаляются в основном свободная и адсорбционно-связанная влага.

В работе подтверждено, что задача сушки хлопчатобумажных тканей является переходной и для интенсификации процесса могут быть рекомендованы как активизация гидродинамической обстановки, так и физические поля, в частности, ультразвуковое поле, которое и выбрано для интенсификации процесса сушки.

В качестве источника ультразвуковых колебаний (УЗ) использовалась пьезоэлектрическая ультразвуковая колебательная система с дисковым излучателем ступенчато-переменной формы диаметром 418 мм аппарата серии «Соловей». Для измерения и регулирования температуры сушильного агента в диапазоне от 40 до 150 ºС внутри рабочей камеры использовался датчик температуры с терморегулятором. В экспериментальном стенде предусмотрена возможность непрерывного измерения массы высушиваемого материала в процессе сушки [1,2].

Для обработки результатов исследований при определении эффективности сушки было разработано специальное программное обеспечение, позволяющее считывать и обрабатывать данные с электронных весов в процессе сушки. Данные считывались через COM-порт по интерфейсу RS-232 через промежутки времени длительностью 1 с.

Исследования процесса сушки текстильных материалов проводились в Центре ультразвуковых технологий Бийского технологического университета, который является филиалом Алтайского государственного технического университета имени И.И. Ползунова [1].

Объектами сушки являлась хлопчатобумажная ткань с поверхностной плотностью М= 250 г/м^2 и хлопчатобумажная ткань с поверхностной плотностью М= 295 г/м^2.

Экспериментальное исследование кинетики процесса сушки выбранных объектов без интенсификации проводилось при температуре 110 ºС, которая преимущественно используется при сушке хлопчатобумажных тканей. Кроме того, проводилось исследование кинетики сушки при пониженной температуре сушильного агента, равной 60 ºС, поскольку воздействие повышенных температур может ухудшать качественные показатели тканей. Скорость потока сушильного агента составляла 5 м/с.

Экспериментальные кривые кинетики сушки выбранных объектов при вышеназванных температурах приведены на рисунках 1 и 2.

Результаты исследования кинетики сушки при разных температурах показывают, что при низкотемпературной сушке тканей для ускорения процесса следует применять интенсифицирующее воздействие.

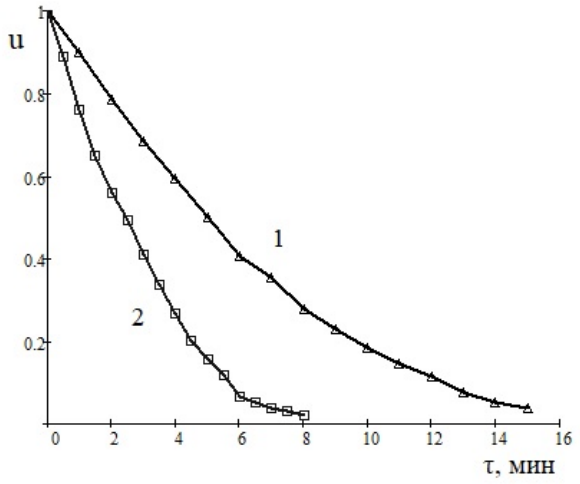


Рисунок 1 – Кривые кинетики сушки хлопчатобумажной ткани (плотность 295 г/м^2) при различных температурах сушильного агента: 1 (□) – t=60°C; 2 (Δ) – 110°C

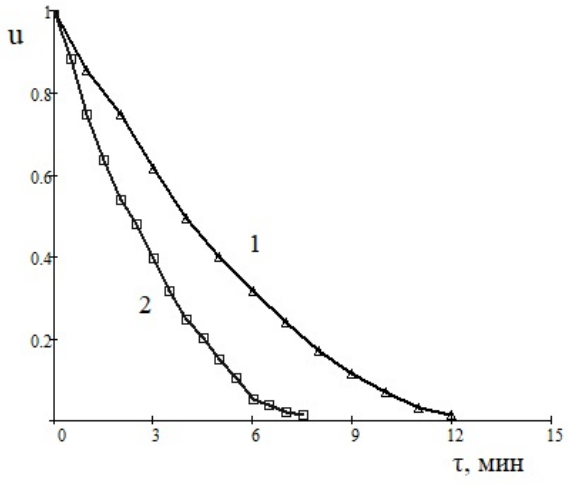


Рисунок 2 – Кривые кинетики сушки хлопчатобумажной ткани (плотность 250 г/м^2) при различных температурах сушильного агента: 1 (□) – t=60°C; 2 (Δ) – 110°C

На рисунке 3 приведены кривые кинетики сушки для одного из исследуемых объектов при температуре сушильного агента 60 ºС при УЗ воздействии и без него. УЗ воздействие осуществлялось через нерезонансный газовый промежуток размером 4 см (расстояние между поверхностью излучателя и высушиваемым образцом).

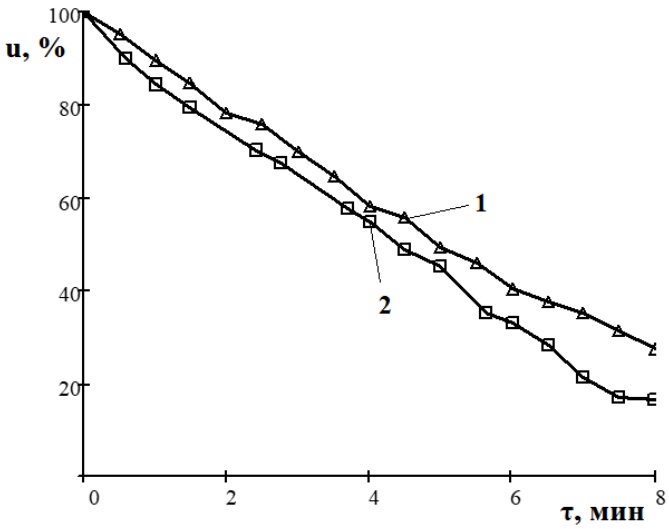


Рисунок 3 – Кривые кинетики сушки хлопчатобумажной ткани (плотность 295 г/м^2) при температуре сушильного агента 60°C без УЗ (кривая 1) и с УЗ (кривая 2)

Анализ полученных данных показал возможность 1,5-кратного ускорения процесса сушки хлопчатобумажных тканей с плотностью менее 300 г/м^2 при УЗ воздействии через нерезонансный газовый промежуток с уровнем звукового давления 150 дБ и частотой около 20 кГц. Температура сушильного агента при применении УЗ воздействия не превышала 60 °C, что позволит снизить общие затраты энергии и сохранить качественные показатели тканей, соответствующие требованиям ГОСТ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хмелев В.Н., Кошелева М.К., Доровских Р.С., Голых Р.Н., Шалунов А.В., Нестеров В.А., Новикова Т.А. Ультразвуковая сушка текстильных материалов// Химическая технология. – 2018. – №4. – С. 178–185.
2. Хмелев В.Н., Шалунов А.В., Хмелев С.С., Цыганок С.Н. Ультразвук. Аппараты и технологии / В.Н. Хмелев, Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2015. – 687 с.
3. Исследование кавитационной прочности защитных покрытий в аномальных условиях / В. Н. Хмелёв, Р. В. Барсуков, Р. Н. Голых, Д. В. Генне, Д. С. Абраменко, С. Н. Цыганок, А. Р. Барсуков // Промышленные процессы и технологии. 2021. No 1. С. 53 – 60.

УДК 504.06

TUNING SURFACE CHEMICAL PROPERTY IN THREE-DIMENSIONAL POROUS CARBON VIA NITROGEN AND PHOSPHORUS DOPING FORDEEP DESULFURIZATION

Ge Zhang, Fan Yang, Fengjiang Chen, Hongchen Liu

State Key Laboratory of Heavy Oil Processing, China University of Petroleum, Beijing, China
(e-mail: yangfan@cup.edu.cn)

Abstract: Sulfur compounds in petroleum are triggering global attention due to its excessive emission, which cause serious environment and human health problems. To solve these growing issue, the Environmental Protection Agency of USA (EPA) and the Council of the European Union has promulgated a series of regulations, limiting sulfur contents in fuel gradually.

The traditional process used for removing sulfur from oil is hydrodesulfurizatoin (HDS), the strict catalytic process of HDS, however, result in huge waste of energy. Moreover, it has a disadvantage in eliminating polycyclic aromatic sulfur compounds, (e.g. dibenzothiophene (DBT)), even saturates alkenes, leading to a low Octane Number. Within this context, alternative ways including adsorption desulfurization (ADS), oxidative desulfurization (ODS), extractive desulfurization (EDS) and biodesulfurization (BDS) were been introduced for efficient oil desulfurization. Among them, ADS attracts increasing attention due to its low equipment investment and energy consumption. Therefore, much research interest was paid to obtain high-performance adsorbents. Some materials, such as zeolites, activated carbons, metal oxides, and metal-organic frameworks (MOFs), were selected as adsorbents. Porous carbon possess high specific surface area, controllable physical and chemical properties, and shown great application prospects in the fields of energy storage, catalysis, separation and adsorption. Therefore, modification of porous carbon materials to enhance selectivity and expand sulfur capacity has become the focus of current research. The key factor for ADS adsorbents is surface chemistry, oxygen-containing functional groups are considered useful for adsorption desulfurization because they can bind to sulfides through acid-base interactions. However, oxygen functional groups have a drawback of poor heat-resistance, hence development of stable carbon adsorbent at high temperatures is required.

In this regard, carbon materials with substitutional heteroatom doping are attractive, because the electroneutrality easily broken by heteroatom that is favorable for molecule adsorption and they are generally stable at high temperatures. In addition, the electronic structures, functionalities and the adsorption energies can be controlled by a variety of dopant atoms. Nitrogen was usually used as p-type dopants, respectively, porous carbon with nitrogen are expected as adsoption because some researchers have reported an increase in adsorption activity. Nazmul et al. derived N-doped carbons by activating the polyaniline in the presence of KOH and increased its pore volume to improve ADS performance, Tan et al. fabricated hierarchical N-doped carbons from activation a polymerization,

estimated the adsorption energies of DBT using density functional theory calculations and predicted that abundant pyrrole-like/graphitic N and topological defects enhanced the adsorption. Zhao et al. tested the ADS performance of DBT by S, N -codoped porous carbons derived from novel polybenzoxazine and reported that the synergistic effect of S and N promoted selectivity. Additionally, elements with a larger atomic radius compared to carbon, such as phosphorus, could enlarge the carbon interlayer distance to enable insertion of more sulphide molecules. Mykola Seredych et al.studied the adsorption behaviors of DBT and 4,6- DMDBT on polymer-derived carbons with oxygen, sulfur and phosphorus, then concluded that the presence of phosphorus, increased the capacity and selectivity for removal of DBT. To sum up, when co-doping of N, S or N, P is adopted in the carbon frameworks, a "synergistic effect"containing the abovementioned benefits from singlet heteroatom doping can be exploited to achieve a superior sulfide adsorpion performance. Therefore, researchers are no longer simply pursuing the enhancement of doping content, but focus on the effect of double-doped porous carbon materials. Shimoyama et al. estimated the adsorption energies of thiophene on oriented pyrolytic graphite doped with P and N, using molecular orbital calculations interpret the difference between the effects of P and N doping along with the difference in adsorption properties between planar and curved structures. At present, however, only limited experimental studies have been conducted to confirm the influence of configurational interaction between dopant P and N sites heteroatom doping on the adsorption of sulfur compounds on carbon materials.

In this line, a novel N, P co-doped porous carbon network (NPCs) were prepared by carbonizing triphenylphosphine and 1,10- phenanthroline mixed with MgO template. The synthesized NPCs with a 3D mesoporous structure is found to exhibit sufficient pore defects for thiophene molecules accomodate on the surface. More importantly, the synergistic effect of N and P greatly promoted the reactivity of activity of carbon matrix, leading a high sulfide capacity (63.32 mg/g) than that of singly doped N (45.3mg/g) and P (47.8mg/g). The co-doped N and P results in a maximum adsorption energy for DBT, thus giving NPCs a higher selectivity of DBT than other materials, which was calculated by density function theory (DFT) analysis. The NPCs showed excellent stability of preserving 90% of initial performance after six ccycles. Based on a series of kinetic and thermodynamic analyses, it is found that NPCs could spontaneously adsorption desulfurization at room temperature. This work lay the foundatoin for the novel design and fabrication of highly efficient adsorption.

Keywords: porous carbon; adsorption desulfurization; heteroatomic doping; adsorption energy

УДК 628.34 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-51-54

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗДЕЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫХ ЭМУЛЬСИЙ В СТРУЙНОМ АППАРАТЕ
ANALYTICAL STUDIES OF SEPARATION OF STABLE EMULSIONS IN A JET APPARATUS

Тюрин Михаил Павлович, Бородина Елена Сергеевна, Первак Галина Ивановна
Mikhail P. Tyurin, Elena S. Borodina, Galina I. Pervak

Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Россия, Москва
Kosygin Russian State University, Russia, Moscow
(e-mail: borodina-es@rguk.ru)

Аннотация: В статье приводится математическая модель процесса разделения устойчивых эмульсий в струйном аппарате. Математическая модель гидродинамических течений и взаимодействий в струйном аппарате позволила получить распределение давлений и скоростей, изменение скоростей турбулентных пульсаций и турбулентной вязкости в струйном аппарате. Кроме того, на основе математической модели получен диапазон, в котором должна находиться длина камеры смешения струйного аппарата, составляющая 9÷12 диаметров камеры смешения (точное значение определяется исходя из состава эмульсии).

Abstract: The article presents a mathematical model of the process of separation of stable emulsions in a jet apparatus. The mathematical model of hydrodynamic flows and interactions in the jet apparatus made it possible to obtain the distribution of pressures and velocities, the change in the velocities of turbulent pulsations and turbulent viscosity in the jet apparatus. In addition, on the basis of a mathematical model, a range was obtained in which the length of the mixing chamber of the jet apparatus should be located, which should be 9 - 12 diameters of the mixing chamber (the exact value is determined based on the composition of the emulsion).

Ключевые слова: устойчивая эмульсия, математическая модель, струйный аппарат, разделение эмульсий

Keywords: stable emulsion, mathematical model, jet apparatus, emulsion separation

Рассмотренные ранее [1] вопросы образования и разрушения эмульсий, позволили разработать метод и установку для разделения агрегативно устойчивых эмульсий с использованием струйного аппарата. Ниже представлены результаты аналитических исследований гидродинамики в струйных аппаратах для регенерации исходных продуктов, содержащихся в устойчивых эмульсиях.

При моделировании турбулентности использовалась гипотеза Буссинеска, связывающая турбулентные напряжения с осреднёнными градиентами скоростей турбулентного потока:

$$\theta_{T(ij)} = -p\overline{u_i' u_j'} = \mu_T \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} \left(\rho k + \mu_T \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \delta_{ij} \quad , \qquad (1)$$

которая позволяет исследовать гидродинамические характеристики аппарата.

На основании данной гипотезы получено математическое описание турбулентного движения для осесимметричного случая, которое дополнено уравнением неразрывности для неустановившегося движения:

$$\left.\begin{aligned}
&\frac{\partial}{\partial\tau}(\rho\upsilon_x)+\quad\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial x}(r\rho\upsilon_x\upsilon_x)+\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}(r\rho\,\upsilon_r\upsilon_x)=\\
&=-\frac{dp}{dx}+\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial x}\left[r(\mu+\mu_T)2\frac{\partial\upsilon_x}{\partial x}\right]+\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left[r(\mu+\mu_T)(\frac{\partial\upsilon_x}{\partial r}+\frac{\partial\upsilon_r}{\partial r})\right]\\
&\frac{\partial}{\partial\tau}(\rho\upsilon_r)+\quad\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial x}(r\rho\upsilon_x\upsilon_r)+\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}(r\rho\,\upsilon_r\upsilon_r)=\\
&=-\frac{dp}{dr}+\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial x}\left[r(\mu+\mu_T)(\frac{\partial\upsilon_r}{\partial x}+\frac{\partial\upsilon_x}{\partial r})\right]+\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left[r(\mu+\mu_T)2\frac{\partial\upsilon_r}{\partial r}\right]-2\mu\frac{\upsilon_r}{r^2}\\
&\frac{\partial\rho}{\partial\tau}+div\,\rho\vec{v}=0
\end{aligned}\right\},\qquad(2)$$

где v_x – скорость потока вдоль оси X, v_r – скорость потока в радиальном направлении, ρ – плотность смеси, μ – коэффициент динамической вязкости, μ_T – коэффициент турбулентной вязкости, p – давление, $\vec{v}$ – вектор скорости, τ – время.

Эти уравнения записаны при условии, что осреднённая угловая скорость $v_\varphi = 0$, так как в данном случае отсутствует вращение потока вокруг оси X.

Уравнения (2) описывают движение смеси: устойчивой эмульсии, воды и конечного продукта, а также компоненты, получаемой в результате смешения этих веществ.

Для системы уравнений (2) использовались следующие граничные условия:

постоянство задаваемой скорости пассивного потока (устойчивая загрязнённая эмульсия) на входе в камеру смешения: $v_{уэ} = const$;

постоянство задаваемой скорости активного потока (вода) при выходе из сопла: $v_в = const$;

отсутствие кавитации;

равенство нулю скоростей активного ($v_{(гр)в}$) и пассивного ($v_{(гр)уэ}$) потоков, а также смеси ($v_{(гр)см}$) на стенке струйного устройства по всей его длине (условие прилипания) $v_{(гр)уэ} = v_{(гр)в} = v_{(гр)см} = 0$.

Для моделирования турбулентности использовалась k-ε модель, для неё решается два дополнительных уравнения переноса, для определения k – турбулентной кинетической энергии и ε – турбулентной энергия диссипации. Расчёт проводится в цилиндрических координатах с использованием значений компонент скоростей v_x и v_r, а также давления, получаемых из (2):

уравнение турбулентной кинетической энергии:

$$\begin{aligned}
&\frac{\partial}{\partial\tau}(\rho k)+\frac{\partial}{\partial r}(\rho\upsilon_r k)+\frac{\partial}{\partial x}(\rho\,\upsilon_x k)=\\
&=\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left[r(\mu+\mu_T)\frac{\partial k}{\partial r}\right]+\frac{\partial}{\partial x}\left[(\mu+\mu_T)\frac{\partial k}{\partial x}\right]+G_k+G_b-\rho\varepsilon+Y_M
\end{aligned},\qquad(3)$$

уравнение скорости диссипации:

$$\begin{aligned}
&\frac{\partial}{\partial\tau}(\rho\varepsilon)+\quad\frac{\partial}{\partial r}(\rho\upsilon_r\varepsilon)+\frac{\partial}{\partial x}(\rho\,\upsilon_x\varepsilon)=\\
&=\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left[r(\mu+\mu_T)\frac{\partial\varepsilon}{\partial r}\right]+\frac{\partial}{\partial x}\left[(\mu+\mu_T)\frac{\partial\varepsilon}{\partial x}\right]+C_{1\varepsilon}\frac{\varepsilon}{k}(G_k+C_{3\varepsilon}G_b)-C_{2\varepsilon}\rho\frac{\varepsilon^2}{k},
\end{aligned}\qquad(4)$$

где G_k – производство турбулентной кинетической энергии, вызванное градиентами осреднённого потока; G_b – производство турбулентной кинетической энергии, вызванное плавучестью; Y_M – параметр, характеризующий пульсации, вызванные расширением в сжимаемых турбулентных потоках; $C_{1\varepsilon}$, $C_{2\varepsilon}$, $C_{3\varepsilon}$ – эмпирические константы модели.

При этом предполагается изотропность турбулентной вязкости. Коэффициент турбулентной вязкости, являющийся характеристикой потока, вычисляется по формуле

Колмогорова-Прандтля как функция параметров турбулентности – кинетической энергии и скорости ее диссипации:

$$\mu_T = C_\mu \rho \frac{k^2}{\varepsilon} \tag{5}$$

При моделировании процесса взаимодействия веществ в струйном аппарате принималось, что этот процесс является результатом определённой ниже структурной реакции (образования конечного продукта в результате механического взаимодействия исходных веществ):

$$\nu_{уэ} + \nu_в = \nu_{кп} \quad , \tag{6}$$

где $\nu_{уэ}$, $\nu_в$, $\nu_{кп}$ – стехиометрические коэффициенты структурной реакции устойчивой эмульсии, воды и получаемой смеси веществ (задаются в зависимости от долей компонент, подаваемых в струйный аппарат).

Основной компонентой, участвующей во взаимодействии всех веществ, вступающих в структурную реакцию, является устойчивая эмульсия. Описание этого взаимодействия осуществляется уравнениями турбулентной диффузии. С учётом (3), (4) а также структурной реакции, уравнения турбулентной диффузии:

$$\left.\begin{aligned} &\frac{\partial}{\partial \tau}(\rho Y_в) + \nabla \cdot (\rho \vec{\upsilon} Y_в) = \nabla \cdot \left[\left(\rho D_в + \frac{\mu_T}{S_{ст}} \right) \nabla \cdot Y_в \right] - G_в \\ &\frac{\partial}{\partial \tau}(\rho Y_{кп}) + \nabla \cdot (\rho \vec{\upsilon} Y_{кп}) = \nabla \cdot \left[\left(\rho D_{кп} + \frac{\mu_T}{S_{кп}} \right) \nabla \cdot Y_{кп} \right] + G_{кп} \end{aligned}\right\}, \tag{7}$$

где $Y_в = \frac{\rho_в}{\rho_в + \rho_{уэ} + \rho_{кп}}$ – массовая доля воды, $Y_{уэ} = \frac{\rho_{уэ}}{\rho_в + \rho_{уэ} + \rho_{кп}}$ – массовая доля устойчивой эмульсии, $S_{кп}$ - турбулентное число Шмидта (принимается равным 0.7), $D_в$ и $D_{кп}$ - коэффициенты молекулярной диффузии воды и конечного продукта соответственно.

$G_в = \nu_в M_в \hat{R}$ – скорость вступления в структурную реакцию воды в единице объёма, $G_{кп} = \nu_{кп} M_{кп} \hat{R}$ – скорость вступления в структурную реакцию смеси веществ в единице объёма , $M_в$ и $M_{кп}$ – молярная масса воды и смеси веществ, $\hat{R}$ – условная скорость.

$$\hat{R} = A\rho \frac{\varepsilon}{k} \min_j \left(\frac{Y_j}{\nu_j M_j} \right), \tag{8}$$

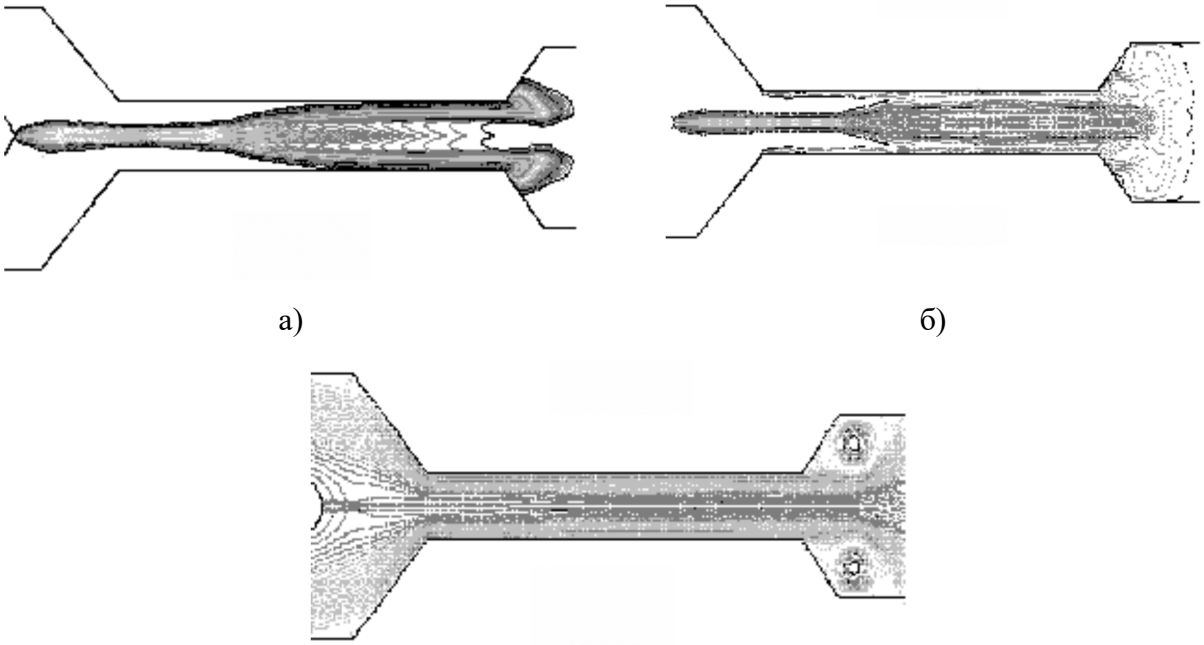
где A – эмпирическая константа, равная 4; j – индекс, определяющий вид компоненты, участвующей в структурной реакции; $\rho = \rho_{уэ}(1 - Y_p - Y_{кп}) + \rho_в Y_в + \rho_{кп} Y_{кп}$ – плотность смеси компонент.

Математическая модель гидродинамических течений и взаимодействий в струйном аппарате позволила получить распределение давлений и скоростей, изменение скоростей турбулентных пульсаций и турбулентной вязкости в струйном аппарате.

На рисунке 1 приведены распределения основных характеристик пассивных и активных потоков. Как видно из рисунков, в различных частях струйного аппарата наблюдается сложная картина течения. Происходит нарастание интенсивности перемешивания и взаимодействия потоков по длине камеры смешения, необходимое для разрушения устойчивых эмульсий (рис. 1а).

Физические процессы смешения активного и пассивного потоков в струйном аппарате, на начальном участке подобны процессам распространения затопленной турбулентной струи в неограниченном объёме. На границах этой струи образуется обширная зона турбулентного взаимодействия активного и пассивного потоков (рис. 1б); изменения интенсивности турбулентных пульсаций до 5000 м^2/с^2. По мере преобразования кинетической энергии струи в энергию давления поле скоростей становится всё более равномерным, и в диффузоре давление струи преобразуется до противодавления за эжектором, то есть происходит

затухание процессов, необходимое для окончательной коалесценции разложившихся составляющих эмульсии (рис 1в).



а) б)

в)

Рисунок 1 – Изолинии основных характеристик пассивного и активного потоков а) Изолинии массовой доли конечного продукта; б) Изолинии интенсивности турбулентных пульсаций $u_i' u_j'$; в) Линии тока.

Кроме того, на основе математической модели получен диапазон, в котором должна находиться длина камеры смешения струйного аппарата, составляющая 9÷12 диаметров камеры смешения (точное значение определяется исходя из состава эмульсии). Именно такая длина камеры смешения обеспечивает разрушение бронирующих оболочек капель воды, с целью её последующей коалесценции в транспортировочном трубопроводе и расслоение компонентов разрушенной эмульсии в отстойной аппаратуре.

Выводы

1. Рассмотрены процессы разрушения бронирующих оболочек и коалесценции глобул жидкости устойчивых эмульсий.

2. Предложена математическая модель гидродинамических процессов, протекающих в струйном аппарате, предназначенном для разделения устойчивых эмульсий.

3. На основании предложенной математической модели получены основные геометрические характеристики струйного аппарата для разделения устойчивых эмульсий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сажин Б.С., Сошенко М.В. и др. Процессы разрушения устойчивых эмульсий в струйном аппарате. Сбор. МКХТ «Успехи в химии и химической технологии», М. 2006г. Т.XX. № 6 (64).

2. Самойлов Н. А. Специфика математического моделирования сложных многокомпонентных химиче- ских процессов / Промышленные процессы и технологии.– 2021.– No 1.– С. 37 – 52

УДК 504.06

ONE-POT PREPARATION OF SURFACE SULFIDED BIMETALLIC COBALT-IRON AEROGELS FOR HIGH PERFORMANCE ACTIVATION OF PERSULFATE TO DEGRADE SULFADIAZINE

Fengjiang Chen, Hongchen Liu, Ge Zhang, Fan Yang

State Key Laboratory of Heavy Oil Processing, China University of Petroleum, Beijing, China
(e-mail: yangfan@cup.edu.cn)

Abstract: The antibiotic pollution is a global problem that poses a serious threat to human health and the environment. SDZ is considered as a threatening pollutant due to most of it was excreted into environments other than consumed. antibiotic residues in wastewater are usually difficult to be removed by ordinary wastewater treatment. Advanced oxidation processes (AOPs) based on persulfate (PS) activation is considered as a promising measure for wastewater treatment because the oxidation process follows well with the single-electron transfer characteristics, and $SO_4^{\cdot-}$ is easier to capture the paired electrons of the electron-donating groups (-NH_2, -OR, π electrons, and unsaturated bonds) in SDZ.

Recently, Transition metal-based catalysts have received increasing appreciation as activators of PDS due to their natural abundancy and great availability. Among them, Nanoscale zerovalent iron (NZVI) is widely used in the remediation of polluted water due to large surface area and low reduction potential ($E_0(Fe^{2+}/Fe^0)$=-0.44 V). However, NZVI is easy to agglomerate and passivate in solution due to inherent magnetism and high specific surface energy, which would result in diminished reactivity. Numerous efforts have been developed to improve the intrinsic activity of NZVI. One versatile strategy is surface vulcanization for preparation of S-NZVI. Compared with NZVI, SNZVI exhibited less hydrophilic and lower magnetic properties ascribed to the generation of iron sulfides (FeS_x) on its surface. the FeS_x flakes increased the surface roughness leading to higher surface area, which facilitated the adsorption of contaminants and restrained the water erosion. Besides, FeS_x layer, as a semiconductor or metallic conductor, had some delocalized electrons, which could facilitate electrons transferring from iron-core to the material surface. For example, The SNZVI prepared by Xu et al. showed excellent reactivity and selectivity in the removal of trichloroethylene, which was attributed to that sulfur incorporation extended the nano-Fe^0 BCC lattice parameter, reduced the Fe local vacancies, and lowered the resistance to electron transfer. In addition, it was reported that the increase of hydrophobicity and the expansion of the Fe^0 lattice constant caused by vulcanization significantly inhibited the evolution of hydrogen, thereby increasing the catalyst life by 58 times. Bimetal composite is another general strategy to achieve impressive catalytic performance. Recent studies show that a combination of transition metals such as Co/Fe, Mn/Fe, and Ag/Fe to form binary metallic complex can significantly enhance PS/PMS activation. A common explanation for such synergistic effects is that the acceleration of electron cycling within the redox couples between the two metals in composites. In addition, the electronic modulation induced by alloying optimized the interactions with reaction intermediates as well as the reaction thermodynamics via weaking the energy barrier. For instance, Fang et. al reported a zero-valent bimetal FeCu nanowires, and it exhibited high performance in PS activation, which was ascribed to Fe-Cu band accelerated the electron transfer in the activation process as well as the regeneration of Cu (I) active species.

Morphology engineering is another general strategy to achieve impressive catalytic activities, which usually involves active sites exposure and optimal channel structures for mass transport. Noble metal aerogels (NMAs) not only perform excellent electron transport efficiency and catalytic activity, but also present high specific surface areas and self-supporting layered porous architectures. Except for retaining the corresponding metal characteristics, the unique 3D porous network structure composed of interconnected pores can realize the free diffusion of solute molecules and ions in order to guarantee full contact between the 3D cross-linked in internal structure. Benefit from the advantages of stable structure and composition, NMAs is widely used in the electrochemical field,

such as hydrogen evolution reaction, oxygen evolution reaction, methanol oxidation reaction, oxygen reduction reaction. However, as far as we know that these structural properties of MAs have not been fully studied, and this type of aerogels have not been applied to any wastewater treatment fields, especially in the process of PS activation. Their reactivity and the feasibility of the activation process are still to be studied.

In this work, a novel magnetically sulfide-modified cobalt-iron aerogels (CoFe-S MAs) with a self-supporting, bimetallic nanowire cross-linked structure was fabricated via $NaBH_4$ gel self-assembly process followed by in-situ vulcanization with Na_2S solution, which was used for the degradation of sulfadiazine (SDZ) by activating peroxodisulfate (PDS). The optimized CoFe-0.2S aerogels exhibited best degradation performance (99.8%) for SDZ (10 mg/L, 100 mL) within 15 min, and the total organic carbon (TOC) removal efficiency reached 53%. The excellent degradation performance was attributed to the synergy bimetal for acceleration electron cycle of the redox process and rapid formation of sulfate radical ($SO_4^{\cdot-}$), as well as the sufficient active sites provided by the self-supporting hierarchical porous structure of the aerogel. Compared with CoFe-MAs, electrochemical impedance spectroscopy (EIS) demonstrated the lower resistance and more rapid charge transfer of CoFe-S MAs, which was ascribed to the presence of delocalized electrons in iron sulfides layer. The turnover frequency (TOF) was as high as 8×10^{-3} min^{-1} due to that the reduction effect of S^{2-} on the surface promoted the regeneration of Fe and Co active species. EPR and quenching experiments demonstrated that the main oxidation involved to $SO_4^{\cdot-}$, ·OH and Fe (IV), and $SO_4^{\cdot-}$ was dominant ROS in reaction process. This work Paved the way for the application of metal aerogels to the field of advanced oxidation process based on sulfate radical (AR-AOP).

УДК 504.064.47 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-56-59

ПОИСК РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ФЛЕКСОПОЛИМЕРНЫХ ПЛАСТИН
SEARCH FOR A SOLUTION TO THE PROBLEM OF RECYCLING WASTE FROM THE PRODUCTION OF FLEXOPOLYMER PLATES

Тришина Оксана Александровна, Громова Кристина Алексеевна, Отрубянников Егор Владимирович, Седляров Олег Иванович
Oksana A. Trishina, Kristina A. Gromova, Egor V. Otrubyannikov, Oleg I. Sedlyarov

Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Россия, Москва
The Kosygin State University of Russia, Russia, Moscow
(e-mail: trischina.ok@yandex.ru)

Аннотация: Рассмотрены некоторые особенности флексографической печати, приведены результаты экспериментального исследования. Проведен поиск путей решения проблемы переработки отходов производства флексополимерных пластин.

Abstract: Some features of flexographic printing are considered, the results of an experimental study are presented. A search for ways to solve the problem of processing waste from the production of flexopolymer plates has been carried out.

Ключевые слова: флексография, флексополимер, пластины, отходы, пластик.
Keywords: flexography, flexopolymer, plates, waste, plastic.

Флексографская печать применяется в основном в качестве экономичного и быстрого способа печати, но зачастую для нее используются миллионы галлонов растворителя. Такие организации как Аркон консалтинг и NuPro Technologies, Inc разработали наиболее безопасную систему химической обработки, которая исключает использование

опасных растворителей, снижает вероятность взрыва и выбросы, а также повышает безопасность работников в отрасли флексографской печати [1].

Флексографическая печать используется на всем, от пищевой упаковки до вторичной тары, например, от коробок для хлопьев до транспортных картонных коробок. Фотополимеризуемый материал на пластине для флексографской печати сшивается под воздействием света и захватывает изображение. После экспонирования флексографические печатные формы погружаются в растворитель для удаления неполимеризованного материала. Проявляющий или вымывающий растворитель обычно представляет собой смесь хлора, насыщенных циклических или ациклических углеводородов. Ксилол - самый распространенный растворитель. Большинство традиционных вымывающих растворителей представляют собой опасные загрязнители воздуха, в отношении которых предъявляются строгие требования к отчетности; они также поднимают вопросы безопасности работников и создают проблемы с переработкой и утилизацией. Многие небольшие типографии также используют эти растворители.

Утилизация и вторичное применение полимерных материалов является проблемой, не решенной и по сей день. В промышленности только 30% полимерных отходов перерабатывается в качестве потенциальных источников химических веществ и энергии. Ежегодно в России потребляется около 700 тысяч тонн этого полимера. Большая часть которого производится внутри страны и еще около 100 тысяч импортируется. В 2018 году производство и потребление вторичного полиэтилентерефталата составило примерно 150 тысяч тонн. Таким образом можно прийти к выводу, что перерабатывается уже свыше 20% от общего объема потребления. Согласно исследованию Фонда Эллен МакАртур, в Мировой океан ежегодно попадают 5 – 13 миллионов тонн пластика. В таких темпах к 2050 году океан будет содержать больше пластика, чем рыбы (по весу).

Большое количество фотополимеризованных материалов применяется в индустрии флексографских печатных форм. Они используются в качестве листов, защищающих чистую поверхность фотополимерных пластин. Свойства таких пластин во многом зависят от состава материала и условий обработки.

NuPro и Аркон разработали более безопасную систему химической обработки, включая несколько новых классов вымывающих растворителей с метиловыми эфирами, производными терпена и высокозамещенными циклическими углеводородами. К преимуществам такой системы относятся более высокие температуры воспламенения и более низкая токсичность, что снижает вероятность взрыва, воздействие на рабочих и положительно отражается в нормативной отчетности. Сложные метиловые эфиры и производные терпена являются биоразлагаемыми и могут производиться из возобновляемых источников. Все их растворители предназначены для повторного использования в системе холодного восстановления™. В отличие от традиционной вакуумной перегонки, эта комбинация фильтрации и центрифугирования снижает экспозицию, снижает необходимость в обслуживании и сокращает количество отходов. Отходы представляют собой твердый неопасный полимерный материал.

На рынке США NuPro / Arkon в настоящее время продают растворители для вымывания на основе терпенового эфира и сложного эфира или изготовленные из малоопасных циклических соединений, а также продают свой растворитель на основе метилового эфира в Китае и Японии. Их первая система холодного восстановления™ на основе фильтрации в настоящее время используется в штате Висконсин, и продается более крупным пользователям в США. Их система рекуперации центрифугированием для небольших пользователей находится на завершающей стадии разработки.

Использование этих растворителей и систем не вредит как здоровью человека, так и окружающей среде, поскольку снижает воздействие опасных материалов, снижает вероятность взрыва, снижает выбросы и, в случае растворителей на основе терпена и метилового эфира, использует возобновляемые ресурсы. Эти растворители и оборудование для утилизации представляют собой основные инновации в области безопасности обращения,

воздействия и восстановления. Снижение взрывоопасности, сокращение выбросов, уменьшение воздействия на рабочих и снижение затрат на транспортировку и техническое обслуживание приводят к снижению затрат и повышению безопасности во многих аспектах процессов флексографской печати.

Заменяя потребность в ксилоле, хлоре, насыщенных циклических или ациклических углеводородных растворителях и предлагая новые, более безопасные альтернативы для этой отрасли, такая технология также снижает вероятность того, что эти объекты могут стать жизнеспособными.

Но вместе с тем, большое количество отходов на типографских предприятиях накапливается в виде неиспользуемых в дальнейшем форм. Такие отходы в настоящее время либо сжигаются, либо размещаются на свалках [2].

На сегодняшний день в литературе отсутствуют соответствующие публикации, касающиеся последующего потребления или вторичного использования флексографских печатных форм. Однако известно, что при добавлении повторно используемого бутадиен-стирольного каучука к другой смоле (в небольших количествах) делает материал более хрупким. Физические и механические свойства смешанного бутадиен-стирольного каучука чувствительны к небольшим изменениям количества отдельных компонентов, а сополимеры этиленвинилацетата представляют собой хорошие аналоги для смесей с ненасыщенными эластомерами.

В магистерской диссертации Кордейро [3] были проанализированы методы переработки отходов на основе смесей цельных фотополимеров (ЦФП)/полипропилена (ПП) и цельных фотополимеров (ЦФП)/ этиленвинилацетата (ЭВА). С помощью сканирующей электронной микроскопии оценивались механические, химические и термические свойства образцов.

Фотополимеры собирали в местной промышленности и использованы в неизмененном виде. ЦФП разрезали на мелкие кусочки и микронизировали криогенным способом в жидком азоте при температуре 180 °C с получением порошка размером частиц менее 0,5 мм. Перед приготовлением для использования в смесях частицы были высушены до постоянной массы при температуре 90 °C.

Путем добавления пластинок высушенного микронизированного полимера к ЦФП или ПП с различными процентными долями были приготовлены необходимые смеси.

Были отрегулированы в соответствии с составом смеси и оставались постоянными для каждой смеси такие параметры обработки, как скорость вращения шпинделя и температура.

Стойкость к химическому воздействию определялась с использованием стандарта ASTM D543, и суммарно отображена в Таблице 1.

Таблица 1

Массовое изменение смесей после химической атаки								
Реагент	Изменение массы							
	Вес ЦФП в ЭВА (%)				Вес ЦФП в ПП (%)			
	0	5	10	15	0	5	10	15
NaOH (10%)	0.40	0.10	0.20	0.30	0.07	0.08	0.04	0.03
HCl	0.10	0.10	0.20	0.20	0.10	0.40	0.30	0.30
HNO_3	9.30	13.60	15.40	16.50	0.20	0.20	0.30	1.00
H_2SO_4	16.40	13.70	14.90	30.60	0.30	0.30	0.40	0.40
CH_3COOH	6.20	6.70	6.60	7.10	0.10	0.06	0.10	0.20
Ацетон	7.20	3.10	7.20	30.30	0.40	0.40	0.06	0.07
Метанол	1.40	1.40	1.50	1.50	0.20	0.10	0.10	0.10
Этанол	1.80	1.70	1.60	1.50	0.20	0.04	0.06	0.20
Диметилформамид	2.00	2.00	1.30	0.30	0.20	0.40	0.50	0.60
Толуол	66.10	70.00	78.50	66.30	5.60	14.50	15.70	20.60

Можно сделать вывод, что наименьшее взаимодействие со смесями имеют неорганические реагенты; после контакта с сильными кислотами (азотной и серной) материалы ЭВА получили наибольший процент. Таким образом мы видим, что лучше всего смеси взаимодействуют с органическими реагентами. Кроме того, материалы ЭВА выдерживают наибольшее увеличение массового процента после обработки. Толуол - единственный органический реагент, который имеет важное взаимодействие со смесями полипропилена.

В целом, смеси обладают высокой стойкостью к химическим веществам, об этом свидетельствует слабое взаимодействие с большинством реагентов. После 24 часов обработки не обнаружено никаких визуальных или оптических изменений в смесях, указывавших на химическое воздействие.

Таким образом мы видим, что добавление фотополимерных пластин в качестве обычного наполнителя мало влияет на механические свойства ПП и ЭВА. Никаких различий в химической функциональности с помощью Фурье спектроскопии не обнаружено, однако температура разложения была изменена. Влияние на тепловые переходы матричных смол указывает на их смешиваемость с переработанными фотополимерными пластинами, особенно с ЭВА. Химическая стойкость смесей высокая для большинства тестируемых реагентов, особенно неорганических поэтому ЭВА не получил серьезных визуальных повреждений. Таким образом, фотополимерные пластины возможно переработать, добавив их к обычным смолам, таким как полипропилен и этиленвинилацетат. Такие смеси можно легко приготовить обычными методами обработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Paul T. Anastas, David G. Hammond, Inherent Safety at Chemical Sites: Reducing Vulnerability to Accidents and Terrorism Through Green Chemistry// language: english, published: 19th October, copyright: © Elsevier 2015, 79-80

2. U.S. Patent № 5,552,261 // RECYCLING THE RECORDING LAYER OF FLEXOGRAPHIC PRINTNG PLATES, Ursula A. Kraska, Weiterstadt, Udo Weikart, Obernburg; Reimund Simon, Bierstein, all of Germany, Date of Patent: Sep. 3, 1996.

3. Cordeiro, C. C. MSc Thesis, Universidade do Extremo Sul Catarinense: 1v. Criciuma: Brazil, 2008; 110 p.

4. О возможности использования керамических высокопористых блочно-ячеистых материалов в качестве контактных сорбционно-фильтрующих элементов/ М.Д. Гаспарян, В.Н. Грунский, М.Г. Давидханова, Р.И. Григоренко// Промышленные процессы и технологии. 2021. No1. С.17–27. DOI: 10.37816/2713-0789-2021-1-1-17-27

УДК 504.06

ALUMINIZATION OF AMINO-MODIFIED MESOPOROUS SILICON-BASED MATERIALS AND ITS NAPHTHALENE HYDROGENATION PERFORMANCE

Enhua Wang, Yidong Song, Yutong Zou, Dongze Li, Aijun Duan

State Key Laboratory of Heavy Oil Processing, China University of Petroleum, Beijing, People's Republic of China
(e-mail: duanaijun@cup.edu.cn)

Abstract: The development of the world economy has led to the increasing demand of transportation fuels, resulting in the more and more serious environmental pollution caused by oil combustion. This requires limiting the content of sulfur, nitrogen compounds and aromatics in the oil. So the production of ultra-clean oil is essential. At present, hydrogenation technology is still an effective method to produce clean diesel and the crucial point of producing high-quality clean diesel is developing high-efficiency hydrotreating catalysts.

Keywords: Naphthalene hydrogenation, Amino modification, Mesoporous silica, Chemical grafting

Introduction

With the intensification of the deterioration and requalification of crude oil resources in worldwide and the increasingly stringent environmental regulations, the production of clean diesel has become an issue of increasing concern. Aromatics in diesel are prone to produce hydrocarbon (HC) emission and particle matter (PM)[1].In order to protect the environment, hydrogenation of aromatic hydrocarbon in fuel would be one of the main approaches to decrease the toxic contents of aromatics. Therefore, the key to the production of clean diesel is to develop a hydrogenation catalyst with high activity and high selectivity for polycyclic aromatic hydrocarbons.

As a typical aromatic hydrocarbon compound, naphthalene is widely used as a model compound for the study of hydrogenation reaction of polycyclic aromatic hydrocarbons. Hydrogenation of naphthalene is a reversible parallel-consecutive reaction, of which the main catalytic hydrogenation products are tetralin and decalin (cis- and trans- isomers)[2]. Among the complex reactions, naphthalene hydrogenating to tetralin is one of the relatively easy step. However, it is extremely difficult for naphthalene deeply hydrogenating to produce decalin due to the reversibility of the consecutive reaction and the stability of aromatic rings.Therefore, it is necessary to develop a carrier with suitable acidity and pore structure to improve the activity and selectivity of the catalyst.

Commercial alumina is a common support material used in hydrogenation catalysts but it was found to be unfavorable for metal dispersion and large sulfide molecules reaction due to its low surface area, non-uniform pore size and irregular pore channel, moreover, the carrier only contains the L acid center and cannot deeply remove the macromolecular aromatic compounds. Mesoporous silica nanoparticles have received considerable attraction owing to their advantageous structural properties[3], but its acidity is weak, and metals tend to agglomerate when scattered on the surface.The silicon-based materials modified by the amino group have a larger specific surface area and pore size, and have good metal dispersibility. In order to further improve the acidity, it can be modified by post doped aluminum.

Noble metal-based catalysts have strong activity and selectivity, and are widely used in aromatic hydrocarbon hydrogenation catalysts. Huang et al[4] prepared a Pt-based precious metal catalyst Pt/AAP using phosphorous aluminum molecular sieve (AAP) as a carrier, and selected naphthalene as a probe molecule for hydrogenation reaction to reduce the content of aromatic hydrocarbons in the oil, and compared with Pt/γ-Al2O3. The results show that when the Al/P ratio in the phospho-aluminum molecular sieve is 6<Al/P<10, the Pt/AAP catalyst exhibits better naphthalene

hydrogenation conversion rate and trans-decalin selectivity than Pt/γ-Al2O3. This can be attributed to the stronger acidity of the phosphorus-aluminum molecular sieve carrier, which improves the catalytic performance.Du et al[5] prepared Pd-Pt catalysts with adding different molecular sieves (ZSM-5, Beta, USY, and SAPO-11) to alumina as supports, and studied the naphthalene hydrogenation reaction performance of the series of catalysts. The results showed that by mixing appropriate molecular sieves in the alumina support, the acidity of the support, the properties of the pore structure, the interaction force between the metal and the support, and the dispersion of the Pd-Pt active components can be well adjusted, thereby influencing the performance of the catalyst for the hydrogenation of naphthalene. The Pd-Pt catalyst supported on the Al_2O_3-SAPO-11 two-component carriers has large pores, suitable acid properties and well-dispersed metals, so it exhibits excellent performance in the hydrogenation of naphthalene. (Naphthalene is completely converted, and the selectivity to decalin at 260-300 °C exceeds 90%).Hao et al[6] synthesised amine-functionalized hollow mesoporous silica nanoparticles(HMSNs) with an average diameter of 100 nm an shell thickness of 20 nm which were prepared by an one-step process.These HMSNs have abundant amino groups for further functionalization, large hollow interior that can be used as a reservoir, and a well-defined mesoporous shell that could act as accessible channels for the reagents to diffuse in and out of the interior.

Herein, we synthesized an amino-modified mesoporous silicon-based material(AS) by introducing an organosilicon source with amino groups (3-(aminopropyl)triethoxysilane, APTES), and introduced an aluminum source for modification by post-doping to improve the acidity of the carrier(AS-X, X=5/10/25/40). Furthermore, supported precious metal catalysts are used for naphthalene hydrogenation reaction.

Experimental section

Materials: The chemicals were of analytical standard and used as obtained without subsequent treatment. deionized water; $NH_3 \cdot H_2O$(25 wt%-28 wt%); hexadecyl trimethyl ammonium bromide (CTAB); silicon tetraacetate (TEOS); 3-(aminopropyl)triethoxysilane(APTES); absolute ethanol; anhydrous aluminum chloride (AlCl3); hydrochloric acid(HCl).

Characterization: Wide-angle XRD patterns of supports and catalysts were measured on a Japan Shimadzu X-6000 diffractometer with Cu Kα radiation (40 kV, 30 mA, λ=0.1540598 nm). Nitrogen adsorption-desorption isotherms were collected using Micromeritics Tristar 3020 at 77 K. The specific surface areas were calculated by Brunauer-Emmett-Teller (BET) method.Scanning electron microscopy (SEM) measurements were conducted on a Hitachi SU-8010 instrument operating at 5.0 kV. The silica-based samples were coated with gold before SEM measurement.The microstructures of the samples and sulfided active phases were collected by transmission electron microscopy (TEM) on a Philips Tecnai F20 instrument. The samples were first grounded and dispersed in ethanol under ultrasonic condition, and then deposited on carbon support films for measuring. X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) measurements were progressed on a PerkinElmer PHI-1600 ESCA spectrometer. ^{27}Al MAS nuclear magnetic resonance (NMR) spectra of materials were conducted on a Bruker AdvanceIII 600WB spectrometer using a MAS probe. The acidities of catalysts were assessed by Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) with pyridine molecule as the probe using MAGNAIR 560 FTIR instrument.

Catalytic Tests: The hydrotreating activities of the catalysts were evaluated in a fixed bed reactor. Before the measurement, the calcined catalysts were in situ reduced in flowing pure H_2 (150 mL/min). The hydrogenation reactions evaluation was carried out at 4.0 MPa, a H_2/oil of 400 (v/v), WHSVs of 10 h^{-1} and temperature in the range of 220 to 300 °C. The collected products were analyzed by gas chromatograph-mass spectrometer (GC-MS) to study the product compositions and reaction pathways.

Results

Wide-Angle XRD of AS supports

Figure 1 displayed the wide-angle XRD of AS-Al-X samples with various molar ratios of Si/Al. It can be observed that there are no characteristic peaks corresponding to Al_2O_3 over AS

supports, revealing the homogeneous distribution of extra-framework Al on the material AS surface. Moreover, all catalysts display a broad peak located at around 23° of 2θ, ascribed to the amorphous silica of AS supports.

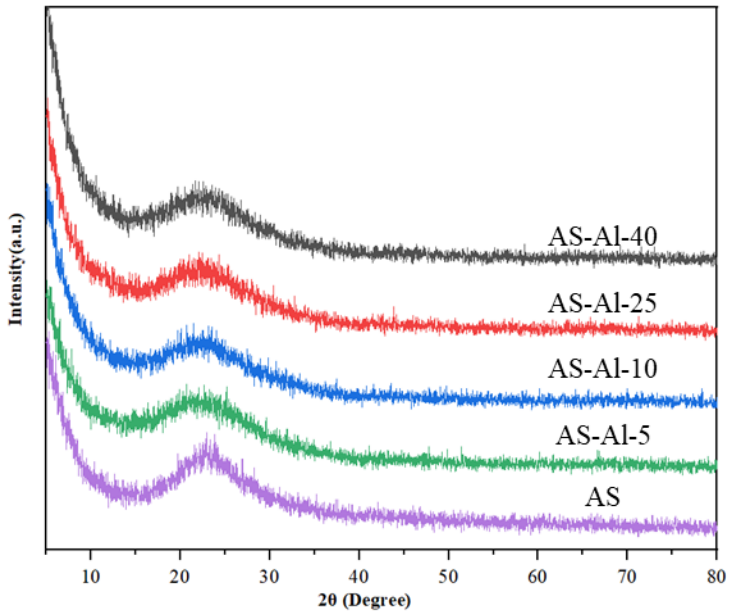


Figure 1 – Powder XRD patterns of AS-Al-X samples

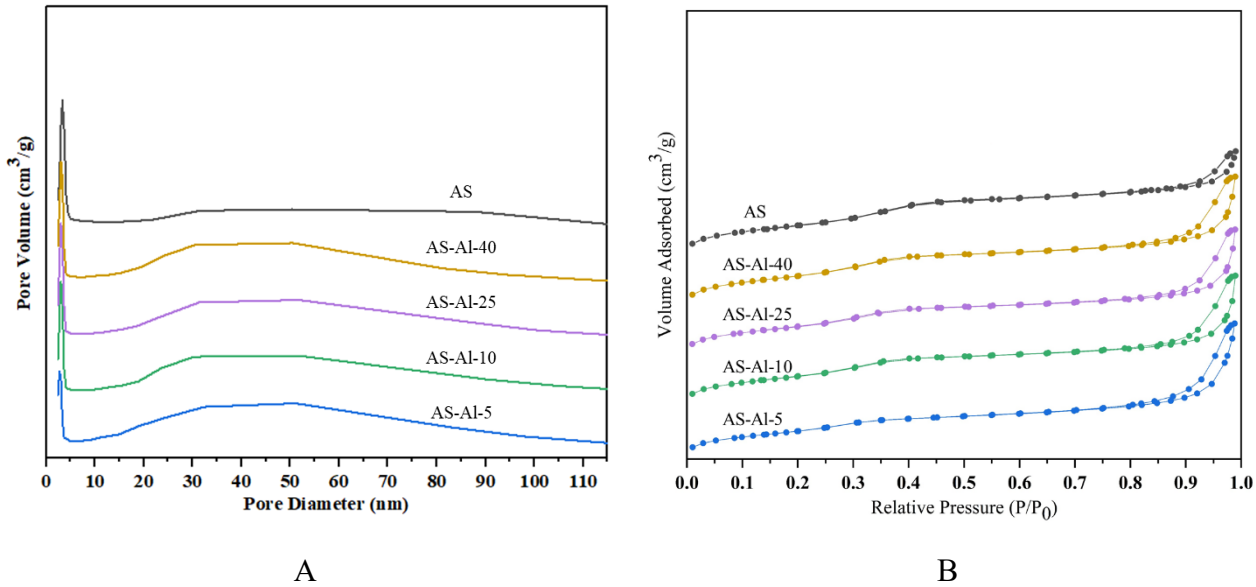
N_2 Adsorption−Desorption of the Series Supports

The pore structure characters of the AS-Al-X supports and NiMo/Al-CMS-x catalysts were analyzed by the N_2 adsorption-desorption as presented in Figure 2(a) and Figure 2(b). The corresponding textural parameters (S_{BET}, V_t, and D_p) are given in Table 1. All of the AS-Al-X materials exhibit typical IV isotherms with H_2 hysteresis loop, which present capillary condensation steps at the P/P_0 ranging from 0.8 to 1.0, manifesting that all of the materials possess ordered pore structures with uniform mesopores. The pore size distributions of AS-Al-X also reflect the uniformity of mesopores and show slight decreases in pore sizes with the increasing incorporation of aluminum as displayed in Figure 2(b).

Furthermore, the results in Table 1 showed pure AS possessed a high surface area that can reach up to 684 m^2/g, and the S_{BET}, V_t, and D_p suffer decreased tendencies with the Si/Al ratios reducing. That is because the incorporated framework Al species into AS increase, and the pore channels of the supports may be plugged to some degree with the further increase of Al additions, thus causing the reduction of pore structure parameters.

Table 1 – Textural Characters of Series AS-Al-X Supports

	S_{BET} (m^2/g)	D_p (nm)	V_t (cm^3/g)
S	587	5.17	0.69
AS	684	5.32	0.73
AS-Al-40	659	6.558	0.88
AS-Al-25	598	6.62	0.74
AS-Al-10	587	6.97	0.87
AS-Al-5	584	6.788	0.87669



A B

Figure 2 – (A)N_2 adsorption-desorption and (B) pore size distribution patterns of AS-Al-X supports

The results of naphthalene selective hydrogenation

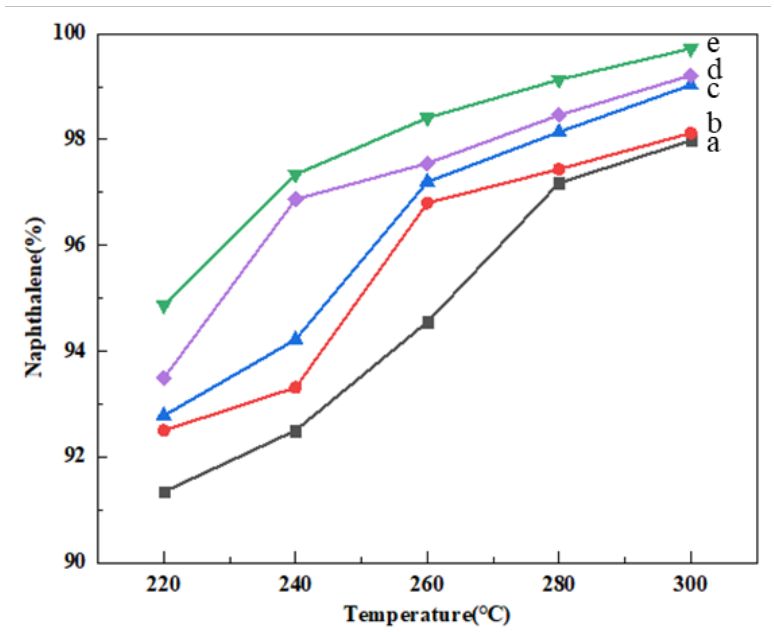


Figure 3 – The naphthalene conversions of Pt/AS-Al-X series catalysts. （a: Pt/AS-Al b: Pt/AS-Al-40 c: Pt/AS-Al-25 d: Pt/AS-Al-5 e: Pt/AS-Al-10）

The catalytic performances of Pt/AS-Al-X catalysts were examined in the selective hydrogenation of naphthalene. Figure 3 depicts the conversion rates of naphthalene and all the assynthesized catalysts exhibit high conversion rates in the sequence of Pt/AS-Al-10 > Pt/AS-Al-5 > Pt/AS-Al-25 > Pt/AS-Al-40 > Pt/AS-Al. The Pt/AS-Al-10 catalyst had the highest conversion rate of naphthalene. During the same temperature region, the conversion rates of naphthalene on other catalysts increase with the reaction temperature rising from 220 to 300 °C, and it is the highest at 300°C.At the same temperature, as the SiO_2/Al_2O_3 ratio decreases ($SiO_2/Al2O_3$=10-40), the conversion rate increases, but if the SiO_2/Al_2O_3 ratio is too low(SiO_2/Al_2O_3=5), the conversion rate decreases. It indicates that the amount of aluminum source added should be appropriate, otherwise

the catalyst pores will be blocked, and it is difficult for the macromolecular reactants to diffuse into the pores. This matches the BET result.

Conclusions

By introducing an organosilicon source with amino groups, the specific surface area and pores of the catalyst are increased. Modification of the support by post-doping aluminum increases the pore diameter and specific surface area of the catalyst. As the SiO_2/Al_2O_3=5 ratio decreases, the pore diameter first increases and then decreases. When the SiO_2/Al_2O_3=5 ratio is 10, the pore diameter is the largest, and the corresponding naphthalene hydrogenation conversion rate highest. Therefore, in order to obtain higher naphthalene hydrogenation activity, a catalyst with suitable acidity and pore structure should be prepared.

REFERENCES

1. Wang Z, Pokhrel S, Chen M, et al. Palladium-doped silica-alumina catalysts obtained from double-flame FSP for chemoselective hydrogenation of the model aromatic ketone acetophenone[J]. Journal of Catalysis, 2013, 302: 10-19. doi 10.1016/j.jcat.2013.02.017

2. Kirumakki S R, Shpeizer B G, Sagar G V, et al. Hydrogenation of Naphthalene over NiO/SiO_2-Al_2O_3 catalysts: Structure‐activity correlation[J]. Journal of Catalysis, 2006, 242(2): 319-331. doi 10.1016/j.jcat.2006.06.014

3. Bernardos A, Piacenza E, Sancenón F, Hamidi M, et al. Mesoporous Silica-Based Materials with Bactericidal Properties[J]. Small, 2019, 15(24): 1900669-1900703. doi 10.1002/ smll. 201900669

4. Huang T C, Kang B C. The Hydrogenation of Naphthalene with Platinum/Alumina-Aluminum Phosphate Catalysts[J]. Industrial & Engineering Chemistry Research, 1995, 34(9): 2955-2963. doi 10.1021/ie00048a005

5. Du M, Qin Z, Hui G, et al. Enhancement of Pd-Pt/Al_2O_3 catalyst performance in naphthalene hydrogenation by mixing different molecular sieves in the support[J]. Fuel Processing Technology, 2010, 91(11): 1655-1661. doi 10.1016/j.fuproc.2010.07.001

6. Hao N, Jayawardana K W, Chen X, et al. One-Step Synthesis of Amine-Functionalized Hollow Mesoporous Silica Nanoparticles as Efficient Antibacterial and Anticancer Materials[J]. Acs Applied Materials & Interfaces, 2015, 7(2): 1040-1046. doi 10.1021/am508219g

СЕКЦИЯ 4. «ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГОРЕСУРСОЭФФЕКТИВНЫХ ПРОЦЕССАХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ»

УДК 681.5.013 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-65-69

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ КАПРОЛАКТАМА В РЕАКТОРЕ ТВЕРДОФАЗНОГО ДОПОЛИАМИДИРОВАНИЯ
CONTROL ALGORITHM OF CAPROLACTAM CONCENTRATION AT PREPOLYAMIDATION TANK

Алексеев Евгений Алексеевич, Лабутин Александр Николаевич, Головушкин Борис Анатольевич
Eugene A. Alekseev, Alexander N. Labutin, Boris A. Golovushkin

Ивановский государственный химико-технологический университет, Россия, Иваново
Ivanovo state university of chemistry and technology, Russia, Ivanovo
(e-mail: alekseev_ea@isuct.ru, lan@isuct.ru, golovushkin@isuct.ru)

Аннотация: Предложен алгоритм регулирования концентрацией мономера в гранулах на выходе из реактора и определены его параметры. Проведена серия вычислительных экспериментов, подтвердившая работоспособность предложенного алгоритма.

Abstract: Control algorithm of caprolactam concentration at pellets of polymer at tank outlet was suggested, parameters of control algorithm were determined. Results of series of numerical experiments carried out using of simulation model of tank confirmed efficiency of proposed control algorithm.

Ключевые слова: математическое моделирование; реактор-дополимеризатор; полиамид-6; алгоритм управления.

Keywords: math modeling; prepolyamidation tank; polyamide-6; control algorithm.

Традиционно полиамид-6 получают путём полимеризации капролактама в расплаве при температуре 250÷270 °С. С целью существенного снижения содержания низкомолекулярных соединений в полимере авторами [1-2] предложено введение в технологическую схему дополнительной стадии твердофазного дополиамидирования в токе азота при температуре ≈180 °С.

Стадия дополиамидирования является сложным гетерофазным процессом. Авторами [3-4] были проведены исследования кинетики реакции дополиамидирования в твёрдой фазе, экспериментальные и теоретические исследования пилотного реактора для реализации процесса, который представляет собой аппарат типа «труба в трубе». Твёрдая фаза перемещается по длине аппарата посредством вращающегося шнека-ворошителя, который содержит ряд лопастей, равномерно распределённых по длине вала. Таким образом, аппарат получается «разделённым» на ячейки одинакового размера. В рубашку (внешняя труба) подаётся жидкофазный теплоноситель.

Технологическими параметрами, характеризующими состояние процесса и определяющими его эффективность, являются концентрация мономера в гранулах и температура твёрдых частиц.

Необходимым условием повышения энерго- и ресурсоэффективности процессов является синтез работоспособных алгоритмов управления объектом [6]. Основная цель и задача системы управления дополимеризатором заключается в поддержании концентрации мономера в гранулах и температуры гранул на выходе на заданном уровне. Синтез алгоритмов управления предполагает наличие математической модели объекта.

С учётом конструктивных особенностей пилотного реактора разработана математическая модель процесса, отражающая структуру гидродинамических потоков,

процессы в твёрдых частицах полимера, взаимодействие твёрдой и парогазовой фаз [4]. Ячеечная математическая модель представляет собой систему обыкновенных нелинейных дифференциальных уравнений и состоит из 490 уравнений. Использование данной математической модели для решения задач синтеза системы управления невозможно ввиду её высокой размерности.

В результате проведения вычислительных экспериментов с использованием данной модели определены динамические каналы регулирования и возмущения, а также получена формализованная математическая модель объекта по указанным каналам в форме передаточных функций. Передаточная функция по каналу регулирования концентрации: «расход гранул (*u*) – концентрация мономера в гранулах на выходе (*y*)» имеет вид:

$$W_{об}(s) = \frac{\hat{y}}{\hat{u}} = \frac{k_{об}}{(T_{об}s+1)^2} = \frac{7.24}{(12.14s+1)^2}, \quad (1)$$

где $k_{об}$ – коэффициент передачи, масс. % / [кг/ч]; $T_{об}$ – постоянная времени объекта, ч.

Формализованная модель отражает поведение объекта в окрестности состояния статики.

Наиболее перспективными с точки зрения качества и эффективности управления считаются алгоритмы на базе регуляторов состояния (РС) с интегральной составляющей [5-6].

Для решения задачи синтеза алгоритма управления преобразуем математическую модель реактора по каналу управления (1) в модель пространства состояний:

$$\frac{dx_1}{d\tau} = x_2, \qquad \frac{dx_2}{d\tau} = -0.007x_1 - 0.165x_2 + 0.05u, \quad (2)$$

где $x_1 = y$ – концентрация мономера в гранулах на выходе; x_2 – скорость изменения концентрации мономера в гранулах.

Чтобы синтезировать астатический закон регулирования, обладающий свойством робастности, необходимо ввести интегральную составляющую в алгоритм управления [8-9]. Для этого расширим исходное пространство состояния объекта дополнительной переменной, подчиняющейся уравнению [7, 10-12]

$$\frac{dx_3}{d\tau} = x_1, \quad (3)$$

где x_1 –текущее значение концентрации мономера в готовом полимере.

Из (3) следует, что $x_3 = \int_0^\infty x_1 d\tau$. Векторно-матричное представление объекта (2), (3) имеет вид

$$\frac{d\bar{x}}{d\tau} = A\bar{x} + Bu, \qquad y = C\bar{x}, \quad (4)$$

где $\bar{x} = (x_1, x_2, x_3)^T$, $A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -0.007 & -0.165 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$, $B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0.05 \\ 0 \end{bmatrix}$, $C = [1\ 0\ 0]$.

Управляющее воздействие на объект, формируемое регулятором состояния, является линейной функцией переменных состояния [7]:

$$u = -K\bar{x} = -(k_1x_1 + k_2x_2 + k_3x_3), \quad (5)$$

Одним из эффективных методов параметрического синтеза регуляторов состояния является метод модального управления, который обеспечивает желаемое расположение корней характеристического уравнения системы стабилизации [13] и, следовательно, желаемый характер и показатели качества переходного процесса управления.

Параметры (k_1, k_2, k_3) алгоритма управления (5) могут быть определены различными способами [5, 7, 13]. В настоящей работе использован следующий подход. Матричная передаточная функция объекта (4) имеет вид

$$W_{об}(s) = \frac{\bar{x}(s)}{u(s)} = (sI - A)^{-1}B = \frac{L(s)}{F(s)} = \frac{1}{s^3 + 0.165s^2 + 0.007s}\begin{bmatrix} 0.05s \\ 0.05s^2 \\ 0.05 \end{bmatrix}, \quad (6)$$

где I – единичная матрица; $F(s)$ – характеристический полином объекта; $L(s)$ – матрица-столбец $n\times 1$, n – количество переменных состояния.

Записав передаточную функцию замкнутой системы управления с регулятором состояния в цепи обратной связи

$$W_{зс}(s) = \frac{W_{об}(s)}{1 + k \cdot W_{об}(s)},$$

получим выражение для характеристического уравнения системы

$$KL(s) + F(s) = 0. \quad (7)$$

Элементы вектор-строки $K=(k_1,\ k_2,\ k_3)$ определяются из условия равенства характеристического уравнения системы эталонному (желаемому) характеристическому полиному $H(s)$

$$KL(s) + F(s) = H(s). \quad (8)$$

В качестве желаемого характеристического полинома используем биномиальную стандартную форму третьего порядка $H(s)=(s+\omega_0)^3$. Подставляя полученные выражения для $H(s)$, $L(s)$ и $F(s)$ в (7), и перемножая k и $L(s)$ получим:

$$0.05k_1s + 0.05k_2s^2 + 0.05k_3 = (3\omega_0-0.165)s^2 + (3\omega_0^2-0.007)s + \omega_0^3.$$

Приравняв коэффициенты при одинаковых степенях s в левой и правой частях этого выражения, определим элементы матрицы k_1, k_2, k_3 как функции ω_0. Значение параметра ω_0 (среднегеометрический корень) для выбранного типа и порядка эталонного полинома и заданного времени переходного процесса регулирования $\tau_р$ вычисляется по соотношению [5]:

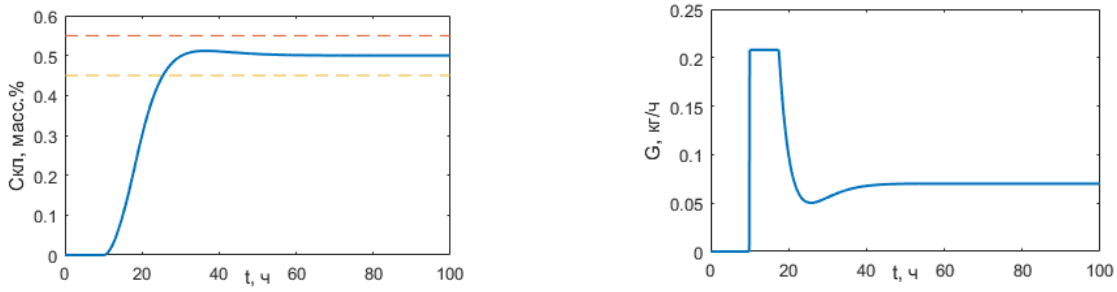
$$\omega_0 = \frac{\tau_0}{\tau_р}, \quad (9)$$

где τ_0 – безразмерное время регулирования, определённое для нормированной стандартной переходной функции системы при $\omega_0 = 1$ и единичном входном воздействии.

Примем $\tau_0 = 4.8$ [5], $\tau_р \approx 25$ ч. Таким образом $\omega_0 = 0.2$ ($ч^{-1}$). Параметры астатического регулятора имеют значения: $k_1 = 2.26$, $k_2 = 8.7$, $k_3 = 0.16$.

Исследование работоспособности предложенного алгоритма регулирования заключалось в исследовании свойств инвариантности системы к возмущениям и ковариантности с заданием при сформированных требованиях к точности в статике и динамике, а также к времени регулирования.

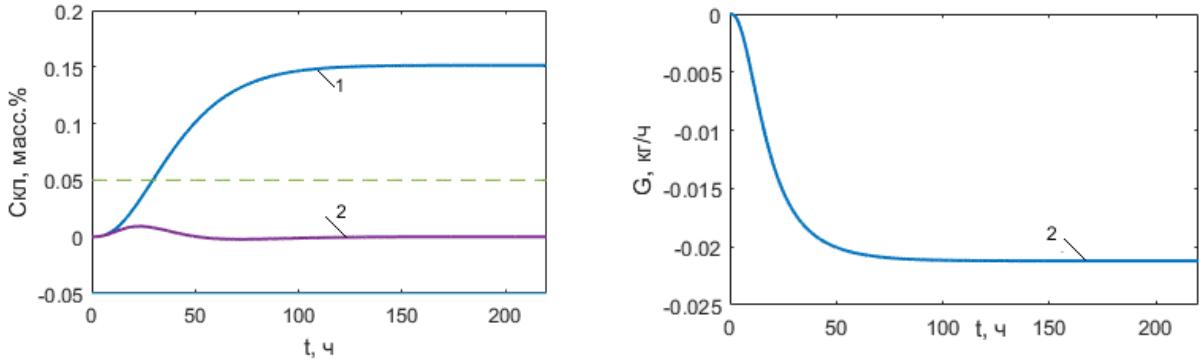
На рисунке 1 представлены результаты исследования замкнутой системы на ковариантность с заданием при изменении задания на величину $\Delta C_{кл}^{зад} = 0.5$ масс.% при τ=10 ч. Как видно на рисунке 1 замкнутая система с астатическим алгоритмом регулирования на базе регулятора состояния является ковариантной с задающим воздействием – переходный процесс управления имеет апериодический характер, время регулирования $\tau_р \approx 17$ ч не превышает заданного значения.



а) б)

Рисунок 1 – Переходные процессы выходной координаты (а) и управления (б) при изменении задания регулятору $\Delta C_{кл}^{зад} = 0.5$ масс.%

На рисунке 2 приведены результаты исследования системы на инвариантность к действию внешнего возмущения. При моделировании математическая модель в форме (4) была дополнена уравнениями, описывающими объект по каналу возмущения.



а) б)

Рисунок 2 – Переходные процессы выходной координаты и управления при действии внешнего возмущения $\Delta C_{кл,вх}$ = + 0.5 масс. %: 1 – объект; 2 – замкнутая система с астатическим алгоритмом.

Объект без регулятора под воздействием внешнего возмущения выходит на новое установившееся значение. Применение алгоритма регулирования позволяет скомпенсировать влияние изменения начального содержания мономера в гранулах. Система регулирования с астатическим алгоритмом регулирования компенсирует воздействие внешнего возмущения без статической ошибки и, следовательно, является инвариантной к действию возмущения.

Таким образом, алгоритм управления концентрацией капролактама в гранулах полимера на базе регулятора состояния является работоспособным и может быть рекомендован к практическому применению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мизеровский, Л.Н. Перспективы совершенствования технологии получения поликапроамида, используемого в производстве текстильных и технических нитей. Часть 1 / Л.Н. Мизеровский, Ю.М. Базаров, М.Г. Павлов // Хим. Волокна. – 2003. – № 5. – С. 15-19.

2. Мизеровский, Л.Н. Перспективы совершенствования технологии получения поликапроамида, используемого в производстве текстильных и технических нитей. Часть 2 / Л.Н. Мизеровский, Ю.М. Базаров, М.Г. Павлов // Хим. Волокна. – 2003. – № 6. – С. 9-14.

3. Мизеровский, Л.Н. Твердофазный синтез полиамида-6 / Л.Н. Мизеровский, Ю.М. Базаров // Хим. волокна. – 2006. - № 4. – С. 40-48.

4. Алексеев, Е.А. Моделирование процесса получения полиамида-6 / Е.А. Алексеев, Б.А. Головушкин, А.Н. Лабутин, Е.В. Ерофеева // Изв. вузов. Химия и хим. технология. – 2015. – Т.58. – Вып. 1. – С. 65-68.

5. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5-и тт.; 2-е изд., перераб. и доп. Т.3:Синтез регуляторов систем автоматического управления / Под ред. К.А. Пупкова и Н.Д. Егупова. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 616 с.

6. Мешалкин, В.П. Модели управления энергоэффективностью сложных химико-технологических систем / В.П. Мешалкин, В.И. Бобков, В.И. Борисов, М.И. Дли. – Смоленск: Универсум, 2017. – 204 с.

7. Кузовков, Н.Т. Модальное управление и наблюдающие устройства / Н.Т. Кузовков. – М.: «Машиностроение», 1976. – 184 с.

8. Лабутин, А.Н. Аналитический синтез системы управления химическим реактором / А.Н. Лабутин, В.Ю. Невиницын // Теорет. основы хим. технологии. – 2014. – Т. 48, № 3. – С. 318-322.

9. Ротач, В.Я. Теория автоматического управления: учебник для студентов вузов / В.Я. Ротач. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 396 с.

10. Chia-Chi Tsui. Robust control system design. Advanced state space techniques / Chia-Chi Tsui. – 2-nd edition, rev. and exp. – CRC Press, 2003. – 500 pp.

11. Randy A. Freeman. Robust nonlinear control design. State-space and Lyapunov techniques / Randy A. Freeman, Petar V. Kokotovic. – Birkhäuser, 2008. – 257 pp.

12. B. Friedland. Control system design. An introduction to state-space methods / Bernard Friedland. – Dover Publications, 2005. – 528 pp.

13. Григорьев, В.В. Синтез систем управления методом модального управления / В.В. Григорьев, Н.В, Журавлёва, Г.В. Лукьянова, К.А. Сергеев. – С-Пб: СПбГУ ИТМО, 2007. – 108 с.

УДК 677.024:519.876.5 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-69-71

ФРАКТАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ЗАДАЧИ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ
FRACTAL MODEL FOR THE PROBLEM OF MIXING THE COMPONENTS

Севостьянов Петр Алексеевич, Самойлова Татьяна Алексеевна
Petr A. Sevostyanov, Tatyana A. Samoilova

Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство), Россия, Москва
The Kosygin State University of Russia, Russia, Moscow
(e-mail: petrsev46@yandex.ru, tasamo89@yandex.ru)

Аннотация: В статье рассматриваются вопросы перемешивания компонентов при изготовлении смеси. Предложены критерии для оценки качества перемешивания. Установлено, что процесс перемешивания является фрактальным процессом.

Abstract: The article deals with the mixing of components in the manufacture of a mixture. Criteria for assessing the quality of mixing are proposed. It has been established that the mixing process is a fractal process.

Ключевые слова: фрактальная модель, перемешивание, геометрическая модель.

Keywords: fractal model, mixing, geometric model.

Проблема хорошего перемешивания компонентов является актуальной для многих производств: смешиваются компоненты руды для плавки металла; смешиваются компоненты жидкого топлива для оптимизации его характеристик; смешиваются краски для получения нужного цвета; смешиваются компоненты при изготовлении хлебного теста; смешиваются волокнистые массы для получения текстильных продуктов с требуемыми свойствами [1, 2, 3, 4, 5].

Выделяют две составляющие в задаче смешивания: подбор подходящего рецепта смеси; возможно более полное и качественное перемешивание компонентов в пределах определённого объема или массы смеси. Рассмотрим более подробно особенности второго процесса [6, 7, 8]. Перемешивание предполагает, что каждый из компонентов состоит из отдельных элементов, которые могут быть перемещены в пределах некоторого объема пространства (объема перемешивания). Задача перемешивания - распределить элементы каждого компонента равномерно по всему этому объёму [9]. Препятствием такому распределению является присутствие элементов другого компонента, которые занимают часть объёма и препятствуют перемещению как других элементов того же компонента, так и перемещениям элементов другого (или других в случае нескольких, а не двух компонентов) смешиваемого компонента.

На рисунке 1 показана простейшая геометрическая модель перемешивания двух компонентов в прямоугольном объёме двумерного пространства. Компоненты присутствуют

в смеси в равных долях, а элементы обоих компонентов занимают одинаковые объемы в виде квадратов чёрного или белого цвета. Видно, что при одинаковых объемах и долях каждого из компонентов качество перемешивания нарастает на схемах от №1 к №6.

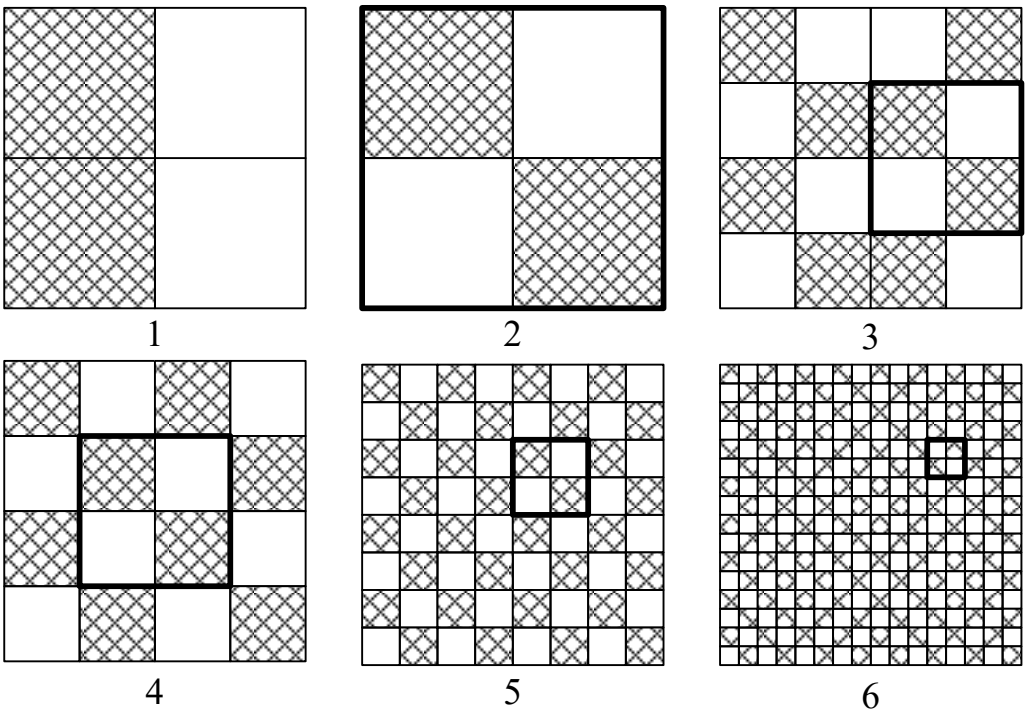


Рисунок 1 - Геометрическая модель перемешивания двух компонентов в прямоугольном объёме двумерного пространства.

Для оценки качества перемешивания компонентов предложено несколько критериев. Это характеристики, основанные на понятии дисперсии и на понятии энтропии. Применяют их к доле компонентов в целом по всему объёму перемешивания или к его части. В последнем случае строят так называемые градиенты перемешивания, показывающие, как соответствующая дисперсионная или энтропийная характеристика меняется при изменении объёма. В простейших случаях эти градиенты удаётся найти аналитически. В большинстве случаев динамику изменения градиентов перемешивания во времени удаётся оценить численно методами компьютерного статистического моделирования.

Важным аспектом в таком моделировании является фрактальная природа перемешивания, на которую и хотелось бы обратить внимание разработчиков моделей перемешивания. Размеры областей перемешивания на рисунке 1 условны. На вариантах №3 - №6 перемешивания выделена квадратная область, которая совпадает с вариантом №2, но в другом масштабе. Это обстоятельство является общим свойством задачи перемешивания и означает, что процесс перемешивания наряду со многими другими процессами является фрактальным процессом. Следовательно, эта фрактальность должна присутствовать не только в моделях, но и входить как необходимая составляющая в любой из критериев качества перемешивания. Более того, именно на соблюдении эффекта фрактальности следует строить эти критерии.

Чем точнее и на большем диапазоне объёмов соблюдается условие фрактальности в распределении элементов компонентов при перемешивании, тем качественнее выполнено перемешивание и тем однороднее пропускная смесь. Примером такого критерия может быть размер границ между разными компонентами на единицу объема. К сожалению, практически рассчитать этот показатель не представляется возможным. Поэтому необходимо установить взаимосвязь между измеримыми показателями и этим топологической мерой перемешивания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Севостьянов, А.Г.* Составление смесок и смешивание в хлопкопрядильном производстве [Текст]: (Теория и практика). - Москва: Гизлегпром, 1954. - 192 с.: ил.; 23 см.

2. *Винтер, Ю.М.* Прогнозирование и оценка результатов процесса смешивания в прядении: автореф. дис. на соиск. учен. степ. д-ра техн. наук. (05.9.03). – Кострома, 1980. – 44 с.

3. *Севостьянов, П.А.* Методы исследования и моделирования неровноты продуктов прядения / Севостьянов П. А. ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)". - Москва : РГУ им. А. Н. Косыгина, 2019. - 240 с. : ил., табл.; 21 см.; ISBN 978-5-87055-809-7 : 500 экз.

4. *Севостьянов, П.А.* Динамика и модели основных процессов прядения. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)". - Москва: РГУ им. А. Н. Косыгина, 2020. - 264 с. : ил., табл.; ISBN 978-5-87055-964-3 : 500 экз.

5. *Севостьянов, П.А., Самойлова, Т.А.* Статистическая динамика смешивания волокнистой массы при кардочесании // Современные технологии хранения, обработки и анализа больших данных: сборник научных трудов кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2020. – 121 с. – с. 89-93.

6. *Разумеев, К.Э., Севостьянов, П.А., Самойлова, Т.А., Байчоров, Т.М.* Повышение эффективности выравнивания и смешивания на кардочесальных машинах с использованием вероятностных факторов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности – 2019. - № 4 (382). – с. 80-83.

7. *Гришин, А.Н., Митихин, В.Г., Севостьянов, П.А.* Статистическая имитация переработки двухкомпонентных смесей на АП-18 и смесовых машинах непрерывного действия. Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. - 1987. - № 5. - с. 33.

8. *Севостьянов, П.А.* Оценка эффективности выравнивания потока и смешивания волокон в смесовой машине периодического действия. Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. - 1968. - № 2. - с. 48.

9. *Севостьянов, П.А., Самойлова, Т.А., Монахов, В.В., Воробьев, И.Н.* Фрактальная модель статистической динамики старения одномерных полимерных материалов // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2018): сборник материалов Международной научно-технической конференции. Часть 2. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2018. – 282 с. – с. 242-245.

УДК 66.011:681.5 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-72-74

НЕЛИНЕЙНЫЕ АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫМ РЕЖИМОМ ХИМИЧЕСКОГО РЕАКТОРА
NONLINEAR CONTROL ALGORITHMS OF A CHEMICAL REACTOR THERMAL OPERATION MODE

Лабутин Александр Николаевич, Невиницын Владимир Юрьевич, Волкова Галина Витальевна, Загаринская Юлия Николаевна
Alexander N. Labutin, Vladimir Yu. Nevinitsyn, Galina V. Volkova, Yulia N. Zagarinskaya

Ивановский государственный химико-технологический университет, Россия, Иваново
Ivanovo State University of Chemistry and Technology, Russia, Ivanovo
(e-mail: lan@isuct.ru, nevinitsyn@isuct.ru, konf_gv@mail.ru, julia-zagarinskaya@yandex.ru)

Аннотация: В работе методом аналитического конструирования агрегированных регуляторов решена задача синтеза нелинейной каскадно-связанной системы управления температурой в жидкофазном химическом реакторе.

Abstract: The article deals with a nonlinear cascade temperature control system design for a liquid-phase chemical reactor using the method of analytical design of aggregated regulators.

Ключевые слова: химический реактор, каскадное управление, аналитическое конструирование агрегированных регуляторов, компьютерное моделирование.

Keywords: chemical reactor, cascade control, analytical design of aggregated regulators, computer simulation.

Целью функционирования химического реактора является обеспечение заданного регламентом значения концентрации целевого продукта на выходе, которая определяет качество продукции. При фиксированной нагрузке по исходным реагентам значение концентрации продукта определяется температурой процесса, так как она определяет скорость превращения исходных веществ в продукты реакции. По этой причине, и в силу сложности оперативного измерения концентраций компонентов, на практике часто процесс ведут по температуре, и задача системы автоматического управления заключается в стабилизации теплового режима объекта в условиях действия возмущений, а также при переводе объекта с одного режима на другой [1].

Основной особенностью химических реакторов как объектов управления является их нелинейность и многосвязность, а также параметрическая неопределенность математической модели реактора на стадии проектирования. В большинстве случаев управление тепловым режимом реакторов осуществляется с помощью одноконтурных или каскадных систем автоматического регулирования на основе линейных ПИД-алгоритмов. Основным недостатком таких систем является проблема сохранения устойчивости и показателей качества управления при действии параметрических возмущений и переходе с одного режима на другой [2], так как при синтезе этих систем не учитывается нелинейность математической модели объекта.

На наш взгляд, перспективным в этом плане представляется метод аналитического конструирования агрегированных регуляторов (АКАР), разработанный в рамках синергетической теории управления [3], обеспечивающий асимптотическую устойчивость системы автоматического управления в целом в широком диапазоне изменения переменных состояния и входных переменных.

Ранее в работах [4, 5] решена задача синтеза нелинейного алгоритма стабилизации температурного режима в жидкофазном химическом реакторе методом АКАР на основе последовательной совокупности инвариантных многообразий (каскадный синтез алгоритма управления температурой). В настоящей работе рассмотрен вариант синтеза нелинейной системы каскадно-связанного управления тепловым режимом методом АКАР.

Жидкофазный химический реактор представляет собой емкостной аппарат непрерывного действия, работающий в политропическом режиме (рис. 1). В аппарате протекает бимолекулярная экзотермическая реакция: $A + B \xrightarrow{k_1} P$, где A, B – исходные вещества; P – продукт реакции; k_1 – константа скорости. Исходные реагенты A и B подаются в аппарат раздельными потоками. Смесь из реактора забирается насосом. Для отвода тепла и стабилизации температуры в реакторе аппарат снабжен рубашкой, в которую поступает хладагент.

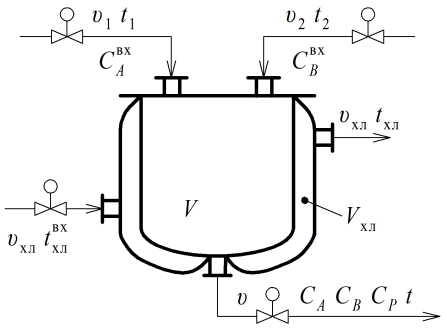


Рисунок 1 – Принципиальная схема химического реактора

Математическая модель реактора имеет вид:

$$V\frac{dC_A}{d\tau} = \upsilon_1 C_A^{вх} - (\upsilon_1 + \upsilon_2)C_A - Vk_1C_AC_B,\ V\frac{dC_B}{d\tau} = \upsilon_2 C_B^{вх} - (\upsilon_1 + \upsilon_2)C_B - Vk_1C_AC_B,$$

$$V\frac{dC_P}{d\tau} = Vk_1C_AC_B - (\upsilon_1 + \upsilon_2)C_P,\ V\frac{dt}{d\tau} = \upsilon_1 t_1 + \upsilon_2 t_2 + \frac{V\Delta Hk_1C_AC_B}{\rho C_T} - (\upsilon_1 + \upsilon_2)t - \frac{K_T F_T(t - t_{хл})}{\rho C_T}, \quad (1)$$

$$V_{хл}\frac{dt_{хл}}{d\tau} = \upsilon_{хл}(t_{хл}^{вх} - t_{хл}) + \frac{K_T F_T(t - t_{хл})}{\rho_{хл} C_{хл}},$$

где $C_A^{вх}$, $C_B^{вх}$ – концентрации исходных реагентов; υ_1, υ_2 – расход исходных реагентов; t_1, t_2 – температуры потоков исходных реагентов; $t_{хл}^{вх}$, $t_{хл}$ – температуры хладоагента на входе и выходе из аппарата; $\upsilon_{хл}$ – расход хладоагента на входе и выходе из аппарата; t – температура реакционной смеси в аппарате; υ – расход реакционной смеси на выходе из аппарата; C_A, C_B, C_P – концентрации компонентов A, B, P в реакторе; V – объем реакционной смеси в аппарате; $V_{хл}$ – объем хладоагента в рубашке; $k_1 = k_1^0 \cdot \exp[-E_1/(R(t+273))]$ – константа скорости; k_1^0 – постоянный множитель (предэкспонента) константы скорости; E_1 – энергия активации; R – универсальная газовая постоянная; ΔH – тепловой эффект реакции; ρ, C_T – плотность и теплоемкость реакционной смеси; $\rho_{хл}$, $C_{хл}$ – плотность и теплоемкость хладоагента; K_T – коэффициент теплопередачи; F_T – поверхность теплообмена.

Общая задача управления химическим реактором заключается в стабилизации температуры смеси в аппарате на заданном уровне $\bar{t}$ в условиях действия возмущений. Управляющим воздействием является расход хладоагента, подаваемый в рубашку.

Для рассматриваемого объекта структура каскадно-связанной системы управления без учета параметрических возмущений может быть представлена следующим образом (рис. 2).

На рис. 2 введены обозначения: $u_1 = \bar{t}_{хл}$ – заданное значение температуры хладоагента; $u_2 = \Delta\upsilon_{хл}$ – внешнее управляющее воздействие; $\psi_1 = t - \bar{t}$, $\psi_2 = t_{хл} - u_1$.

Используя метод АКАР [3], получены алгоритмы управления для главного и вспомогательного регуляторов каскадной системы:

$$u_1 = -\frac{V}{T_1\beta_1}(t - \bar{t}) - \frac{f_4 V}{\beta_1},\ u_2 = -\frac{V_{хл}}{T_2(t_{хл}^{вх} - t_{хл})}(t_{хл} - u_1) - \frac{f_5 V_{хл}}{(t_{хл}^{вх} - t_{хл})}, \quad (2)$$

где f_4, f_5 – нелинейные функции переменных состояния; T_1, T_2 – параметры настройки регуляторов.

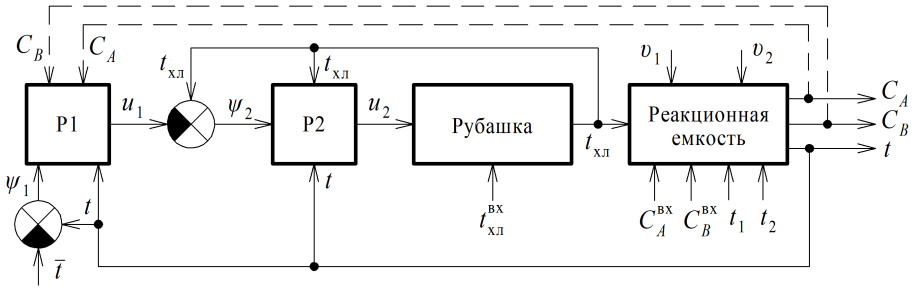


Рисунок 2 – Структура каскадно-связанной системы управления тепловым режимом реактора: P1 – главный регулятор; P2 – вспомогательный

Методами компьютерного моделирования проведено исследование работоспособности каскадно-связанной системы управления тепловым режимом химического реактора. На рис. 3 приведены примеры переходных процессов управления в замкнутой системе при ступенчатом изменении задающего воздействия $\Delta\bar{t} = -10$ °C в момент времени τ=50 мин.

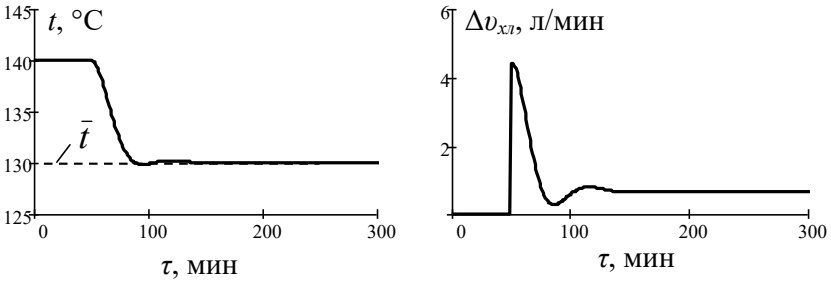


Рисунок 3 – Переходные процессы в замкнутой системе при ступенчатом изменении заданного значения температуры на – 10 °C

Таким образом, предложен вариант синтеза системы управления тепловым режимом химического реактора с применением структуры системы каскадного типа. Методом аналитического конструирования агрегированных регуляторов получены нелинейные алгоритмы управления для главного и вспомогательного регуляторов каскадной системы с использованием нелинейной математической модели объекта без применения процедуры линеаризации. Данное обстоятельство является существенным преимуществом при синтезе системы автоматического управления на стадии проектирования при отсутствии физического объекта управления. Компьютерное моделирование замкнутой системы управления показало ее работоспособность: инвариантность к внутренним и внешним возмущениям, ковариантность с задающими воздействиями и асимптотическую устойчивость при условии полной наблюдаемости объекта управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматическое управление в химической промышленности: Учебник для вузов / Под ред. Е.Г. Дудникова. М.: Химия, 1987. 368 с.

2. Анисимов А.А., Тарарыкин С.В. Итерационный метод структурно-параметрического синтеза робастных систем с регуляторами состояния // Известия РАН. Теория и системы управления. 2018. № 4. С. 42-56.

3. Колесников А.А. Синергетические методы управления сложными системами: теория системного синтеза. М.: Едиториал УРСС, 2005. 240 с.

4. Лабутин А.Н., Невиницын В.Ю., Волкова Г.В. Робастное управление температурным режимом химического реактора // Информатика и системы управления. 2018. № 3. С. 115-123.

5. Невиницын В.Ю., Лабутин А.Н., Волкова Г.В. Управление температурным режимом химического реактора // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. 2018. №2. С. 41-48.

УДК 66.011 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-75-78

РАСЧЕТ СТРУКТУР ДВИЖЕНИЯ ПЛОТНЫХ ЧАСТИЦ В ВИХРЕВЫХ ПОТОКАХ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
CALCULATION OF STRUCTURES OF MOTION OF DENSE PARTICLES IN VORTEX FLOWS BASED ON DIGITAL TECHNOLOGIES

Белоусов Александр Сергеевич, Абрамин Владислав Юрьевич
Alexander S. Belousov, Wladislav Iu. Abramin

Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Россия, Москва
The Kosygin State University of Russia, Russia, Moscow
(as.belousov-2@yandex.ru)

Аннотация: Предложена и апробирована методика пространственного моделирования структур вихревых потоков плотных частиц. Установлены закономерности структур потоков, характерные для циклонов.

Abstract: A technique for spatial modeling of the structures of vortex flows of dense particles is proposed and tested. The patterns of flow structures typical for cyclones have been established.

Ключевые слова: структуры потоков, циклоны.
Keywords: cyclone, flow structures.

Во многих процессах химической технологии наблюдается тенденция к обработке материалов в дисперсном виде [1-3]. При этом для интенсификации процессов в аппаратах часто используются закрученные потоки. Двухфазная среда в таких аппаратах отличается, в первую очередь, размером частиц, например, от размеров частиц в пылеулавливающих центробежных циклонах. В рассматриваемых аппаратах это обычно это довольно крупные частицы примерно 200-500 мкм. Исследование движения среды в этих аппаратах проводилось в основном для приближенных структур полей скоростей и упрощенных моделей движения частиц [1,3,4]. Известны экспериментальные данные, обработанные с помощью теории подобия [5], в которых лишь отмечено, что структура потоков в циклоне близка к идеальному вытеснению. В работах [1,3] в основном теоретически исследуются единичные траектории частиц, без статистического обобщения. Для анализа аппаратов и расчета процессов желательно иметь основные характеристики макрогидродинамики потоков – среднее время пребывания и дисперсию спектра распределения времени пребывания.

В данной работе рассматриваются возможности расчета этих характеристик на основе системы вычислительной гидродинамики, а также уточнение характеристик сложных структур с помощью математического пакета. Рассматривается система с низкой концентрацией плотной фазы, что позволяет разделить расчет газовой фазы, и в полученном поле скоростей газа исследовать движение частиц.

Рассмотрим действительные значения скорости и давления газа *(V, P)* в виде суммы осредненных $(\bar{V}, \bar{P})$ и пульсационных (V', P') величин: $V = \bar{V} + V', P = \bar{P} + P'$. Путем осреднения и преобразований из уравнений Навье-Стокса получаем уравнения движения в форме Рейнольдса и дополнительные уравнения для напряжений Рейнольдса:

$$\rho\overline{V_k}\frac{\partial\overline{V_i'V_j'}}{\partial X_k} = -\rho\left(V_i'V_k'\frac{\partial\overline{V_j}}{\partial X_k} + \overline{V_j'V_k'}\frac{\partial\overline{V_i}}{\partial X_k}\right) + \overline{P'\left(\frac{\partial V_i'}{\partial X_j} + \frac{\partial V_j'}{\partial X_i}\right)} -$$
$$-\rho\frac{\partial}{\partial X_k}(\overline{V_i'V_j'V_k'}) - \left[\frac{\partial}{\partial X_i}(\overline{P'V_j'}) + \frac{\partial}{\partial X_j}(\overline{P'V_i'})\right] + \mu\overline{\left(V_i'\frac{\partial^2 V_j'}{\partial X_k^2} + V_j'\frac{\partial^2 V_i'}{\partial X_k^2}\right)} \quad (1)$$

В системе ANSYS 2020-R2 различные члены системы (1) представлены в виде модельных уравнений RMS-LPS и описывают перенос напряжений средним течением, пульсациями давления и скорости, вязкими напряжениями; описывается возникновение или разрушение напряжений в результате взаимодействия с другими компонентами течения.

Уравнение движения частиц определяется действием закона Ньютона, в котором учитывается действие сил инерции, аэродинамической силы сопротивления и силы тяжести. В векторной форме это уравнение примет вид:

$$m \cdot \frac{d\vec{W}}{dt} = C_d \cdot S_d \cdot \rho_i / 2 \cdot \left|\vec{V} - \vec{W}\right| \cdot (\vec{V} - \vec{W}) + mg, \qquad (2)$$

где m – масса частицы, $\vec{W}$ – вектор скорости частицы, $\vec{V}$ – вектор скорости газа, C_d– коэффициент аэродинамического сопротивления, S_d– сечение частицы. Расчетные уравнения далее получаются проектированием уравнения (2) на оси цилиндрической системы координат. В данном случае влиянием турбулентных пульсаций на движение частиц пренебрегаем, так как в работе [6] показано, что пульсации существенно влияют лишь на частицы значительно меньших размеров. Алгоритм статистического моделирования заключался в следующем: в равномерно распределенных 48 точках плоскости входного тангенциального патрубка инжектировались частицы, размером 210 мкм; далее рассчитывалось движение частиц до момента попадания в бункер для аппарата относительной длины $\bar{H} = H/D = 8$. Для представительности осреднения рассчитывалось около трех тысяч траекторий для каждого из четырех значений расходов газа в циклоне. По конечным результатам траекторий рассчитывалось среднее время пребывания частиц в аппарате. Так как обработка полного распределения времени пребывания в системе не предусмотрена, то рассчитывался параметр Pe^* в виде аналога критерия Пекле $Pe^* = 2/\sigma_S$, где σ_S – среднеквадратичное отклонение, рассчитанное по массиву траекторий. На рисунках 1,2 представлены рассчитанные данные по среднему времени пребывания и структурному параметру Pe^*, а также обработанные методом моментов экспериментальные данные из [7] для аппаратов с относительной длиной $H/D = 4{,}4$; 8. Для сравнительного анализа приведены также линейные тренды по данным расчетов.

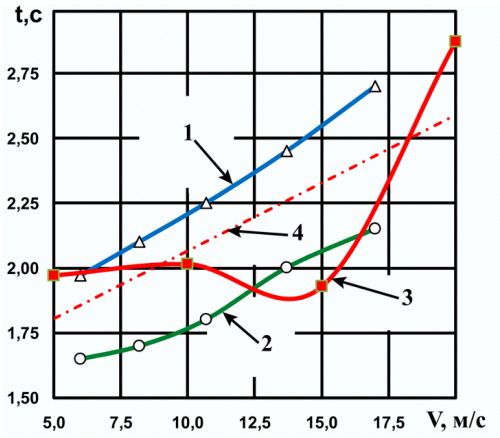


Рисунок 1 – Среднее время пребывания дисперсной фазы в зависимости от скорости во входном патрубке аппарата:
1 – эксперимент, $\bar{H}$ =8; 2 – эксперимент, $\bar{H}$ =4,4; 3 - расчет, $\bar{H}$ =8;
4 – линейный тренд расчета.

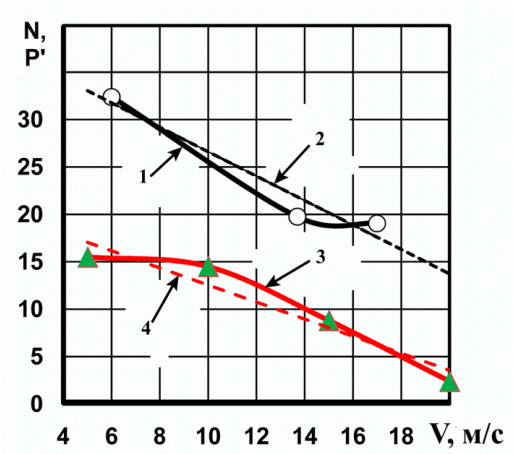


Рисунок 2 – Параметры структуры потоков дисперсной фазы в зависимости от скорости во входном патрубке аппарата:
1 – эксперимент, N – число ячеек;
2 – линейный тренд эксперимента;
3 – расчет - Pe^*; 4 – линейный тренд расчета.

Как видно из рисунков 1 и 2 тренды расчетных данных и линии экспериментальных данных достаточно согласованно описывают общие тенденции: рост времени пребывания и увеличение дисперсии распределения времени пребывания (РВП) с увеличением расхода. Из данных рисунка 1 следует, что характер времени пребывания частиц в циклонах отличается от обычных проточных аппаратов, в которых с увеличением расхода среды время пребывания ее частиц уменьшается. Как следует из экспериментальных данных рис. 2 характер структур потоков при повышенных расходах газа в циклоне ($V_{in} \geq 14$ м/с) также может меняться.

Для уточнения данных в области повышенных расходов газа использование метода моментов недостаточно, и, как показано в работах [4,8] необходимо применение специальной методики. Методика включает обработку *C(θ)* – кривой отклика с помощью пошагового применения к функции РВП цепочки постепенно усложняющихся моделей. Для каждой модели строились функции интенсивности $L(\theta) = -d\left[\ln\left(1 - F^*(\theta)\right)\right]/d\theta$, где θ - безразмерное время, а интегральная функция $F^*(\theta)$ определялась через сплайн-интерполяцию исходной кривой РВП. Поиск параметров моделей проводился с помощью численной оптимизации, для отсева локальных экстремумов задавался случайный наброс начальных условий поиска.

На рисунке 3 приведены расчетные и экспериментальные кривые *L* – функций для различных вариантов моделей.

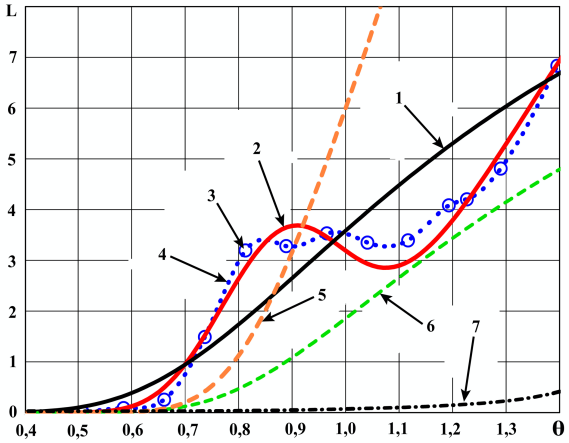


Рисунок 3 – Структура потоков, выраженная через функции интенсивности *L(θ)* при повышенной скорости в циклоне: 1–ячеечная модель; 2 – двухпоточная ячеечная модель; 3– экспериментальная *L(θ)* – функция интенсивности в точках замеров; 4– сплайн-интерполяция экспериментальной *L(θ)* – функции; 5,6 – отдельные потоки секционной модели; 7– относительная ошибка функции интенсивности L_Δ .

Как видно из данных на рис. 3 адекватной эксперименту оказалась двухпоточная ячеечная модель. Исследования локальной гидродинамики течения в районе узла выгрузки материала [10], показывают, что здесь возникают сложные структурные образования, которые могут по-разному влиять на характеристики траекторий. Скорее всего, именно они вызывают разделение потока на две ветви с различными параметрами.

Таким образом, применение цифровых технологий позволяет прогнозировать тенденции структур движения частиц, выявлять трудно измеряемые явления, оказывающие влияние на технологические характеристики аппарата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Муштаев В.И., Тимонин А.С., Лебедев В.Я Конструирование и расчет аппаратов со взвешенным слоем. М.: Химия, 1991. 344 с.

2. Гупта А., Лилли Д., и др. Закрученные потоки: Пер. с англ. М.: Мир, 1987. 588 с.

3. Сажин В.Б., Сажин Б.С. Научные основы стратегии выбора эффективного сушильного оборудования. М.: Химия, 2013. 544 с.

4. Сажин Б.С., Кочетов Л.М., Белоусов А.С. Удерживающая способность и структура потоков в вихревых аппаратах // Теоретические основы хим. технологии. 2008. т. 42. №2. С. 125–135.

5. Миклин Ю.А., Романков П.Г., Фролов В.Ф. Время пребывания сыпучего материала в аппарате циклонного типа//Журнал прикладной химии. 1969, т. 42, №5. с.1081–1084.

6. Белоусов А.С., Виноградов А.А., Голованов В.В. Влияние турбулентности потока на характеристику циклона // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2018): сборник материалов Международной научно-технич. конференции. Часть 3. М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2018. С. 86-89.

7. Kang S. K., Kwon T. W., Kim S. D. Hydrodynamic Characteristics of Cyclone Reactors//Powder Technology, 1989, v.58, № 3, p. 211-220.

8. Белоусов А.С., Сажин Б.С., Отрубянников Е.В. Структура потоков в аппаратах со взвешенным слоем // Химическая технология. 2008. т. 9. №7. С. 332–336.

9. Hoffmann A.C., Stein L.E. Gas Cyclones and Swirl Tubes. Berlin Heidelberg New York: Springer. 2008. 422 P.

10. Белоусов А.С., Абрамин В.Ю., Овсянников Д.А. Идентификация локальных явлений в технологических аппаратах // Концепции, теория, методики фундаментальных и прикладных научных исследований в области инклюзивного дизайна и технологий: сб. научных трудов. Часть 2. М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2020. с. 47 – 51.

УДК 677.024:519.876.5 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-78-82

МЕТОД АДАПТИВНОГО СЛУЧАЙНОГО ПОИСКА ПРИ ОБУЧЕНИИ НЕЙРОННОЙ СЕТИ
THE METHOD OF ADAPTIVE RANDOM SEARCH FOR TRAINING THE NEURAL NETWORK

Севостьянов Петр Алексеевич, Самойлова Татьяна Алексеевна, Маркова Мария Львовна
Petr A. Sevostyanov, Tatyana A. Samoilova, Maria L. Markova

Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Россия, Москва
The Kosygin State University of Russia, Russia, Moscow
(e-mail: petrsev46@yandex.ru, tasamo89@yandex.ru, mary.tikhomirova@mail.ru)

Аннотация: Рассмотрены вопросы обучения нейронной сети. Авторами предложен и опробован на задачах распознавания образов алгоритм глобальной оптимизации, являющегося одним из вариантов адаптивного случайного поиска.

Abstract: The issues of neural network training are considered. The authors have proposed and tested on problems of pattern recognition a global optimization algorithm, which is one of the variants of adaptive random search.

Ключевые слова: адаптивный случайный поиск, метод Монте-Карло, нейронная сеть.
Keywords: adaptive random search, Monte Carlo method, neural network.

Решение задач с применением искусственных нейронных сетей предполагает осуществление следующих этапов: 1) выбор типа и структуры сети; 2) выбор функций активации; 3)подбор данных, которые будут использованы в качестве обучающей и контрольной выборок; 4) построение алгоритма реализации сети; 5) выбор алгоритма настройки (обучения) сети; 6) проверка качества настройки по контрольной выборке: 7) эксплуатация сети – решение с ее помощью поставленной задачи.

Одним из наиболее трудоемких и в то же время, формализуемых этапов является 5-й этап. Обычно на этом этапе рекомендуется использовать метод обратного распространения

ошибок, который представляет собой адаптацию метода наискорейшего спуска для функций активации. Более того сами функции активации предпочитают выбирать таким образом, чтобы они позволяли максимально упростить вычисления для оценки весовых коэффициентов нейронов при обучении нейронной сети [1, 2, 3, 4].

Нами был предложен и опробован на задачах распознавания образов алгоритм глобальной оптимизации, который свободен от требований к аналитическим свойствам функций активации, слабо (как квадратный корень из размерности) зависит от размерности задачи, удобен для реализации и вполне пригоден в случаях, не требующих скоростной, в режиме реального времени, адаптации решающей нейронной сети к меняющимся условиям управления системой. Это один из вариантов адаптивного глобального случайного поиска, который и описан ниже [5, 6, 7].

В большинстве случаев задачей оптимизации является поиск глобального экстремума целевой функции. Для нейронных сетей – это задача подбора весовых коэффициентов нейронов с целью минимизации ошибки обучения. Исследуемый ниже алгоритм позволяет решить эту задачу. Его важными преимуществами являются: 1) простая реализация; 2) универсальность алгоритма; 3) нарастающая эффективность алгоритма с увеличением числа переменных и размерности пространства поиска.

К недостаткам алгоритма следует отнести: 1) невысокую скорость поиска, что для многих задач не критично; 2) проблему учёта функциональных ограничений; 3) негарантированную успешность решения «жёстких» задач.

Рассмотрим в качестве базовой задачу оптимизации в нелинейном регрессионном анализе. Регрессионная модель описывает зависимость Y от X функцией $\mathbf{Y} = f(\mathbf{X} \mid \mathbf{C})$ с вектором $\mathbf{C} = [C_1, ..., C_k]$ неизвестных параметров - коэффициентов регрессии. В качестве критерия качества подбора коэффициентов используем традиционный критерий наименьших квадратов (НК) $W(\mathbf{C})$, критерий минимума абсолютных разности $Wa(\mathbf{C})$ и минимаксный критерий $Wm(\mathbf{C})$

$$W(C_1,...,C_k) = \sum_{j=1}^{n} \left(y(j) - f(x(j) \mid C_1,...,C_k)\right)^2 \to \min_{C_1,...,C_k}, \quad (1)$$

$$Wa(C_1,...,C_k) = \sum_{j=1}^{n} \left|\left(y(j) - f(x(j) \mid C_1,...,C_k)\right)\right| \to \min_{C_1,...,C_k} \quad (2)$$

$$Wm(C_1,...,C_k) = \max_{j=1,...,n} \left| \left(y(j) - f(x(j) \mid C_1,...,C_k)\right) \right| \to \min_{C_1,...,C_k} \quad (3)$$

Рассматриваемый алгоритм поиска минимума основан на методе Монте-Карло со случайными многократными пробными решениями и включает следующие шаги:

Wopt = + *infinity.* Повторить *R* раз:

Повторить *Np* раз:

Генерация значений пробного решения **C** - случайного вектора значений параметров, распределенных по нормальному закону со средним **M** и среднеквадратическим отклонением **S**. Вычисление значения критерия $W(\mathbf{C})$ для сгенерированного пробного вектора параметров.

Если $W(\mathbf{C}) < Wopt$, то $Wopt = W(\mathbf{C})$, **Copt** = **C.**

Сжатие области поиска и перенос центра поиска в наилучшую найденную на текущем этапе точку: **S** = **S** / *r;* **M** = **C.**

Завершение поиска. Решение: **Copt**, *Wopt*.

Использование нормального распределения для генерации пробных решений позволяет получать их во всём пространстве поиска. При этом в соответствии с п.1.2 алгоритма центр нормального распределения всегда находится в точке с наилучшим текущим решением. Эта особенность, а также неоднократное (*R* раз) сжатие области поиска за счет уменьшения **S** адаптирует поиск с учетом ранее достигнутых успехов. Адаптация позволяет существенно сократить число пробных решений, общее число которых равно $Np \cdot R$, а значит, и затраты времени на поиск.

Для проверки эффективности алгоритма были выбраны две зависимости **Y** от **X** с нелинейно входящими в них параметрами. Одна из них (пример 1) - монотонная функция из суммы постоянного слагаемого и экспонент с сильно отличающимися скоростями убывания

$$Y_1 = 10 - 7\,exp(-0{,}3\,x_1) - 3\,exp(-0{,}01\,x_1) + z$$
$$x_1 = 0;\ 4;\ 8;\ 12;\ 16;\ 20;\ 24;\ 28;\ 32;\ 36 \qquad (4)$$

Здесь z – равномерно распределенная в пределах от -0,5 до +0,5 случайная величина, имитирующая ошибки в результатах наблюдения переменной Y.

В качестве подбираемой регрессионной модели выбрана та же самая функция с неизвестными, подбираемыми методом оптимизации по перечисленным критериям, коэффициентами регрессии

$$Y_1 = C1 + C2\,exp(-C3\,x_1) + C4\,exp(-C5\,x_1) \qquad (5)$$

На рисунке 1 показан результат оценки оптимальной модели для примера 1 по критерию наименьших квадратов. Маркерами обозначены точки А с координатами [**X; Y**], по которым подбиралась регрессионная модель.

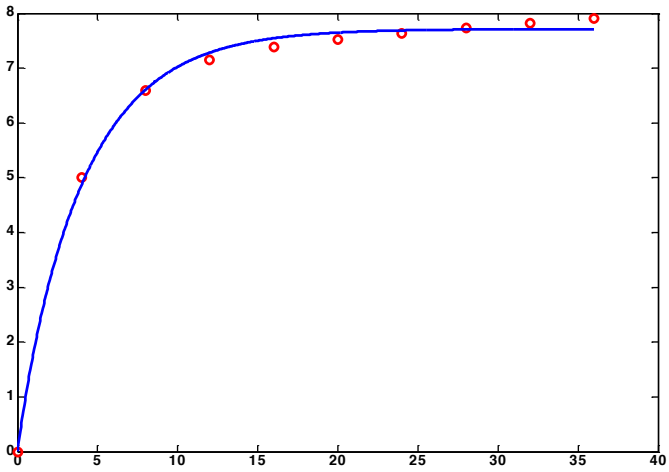


Рисунок 1 - Модельные данные (маркеры) для примера 1 и регрессия с наилучшим подбором коэффициентов по критерию НК.

В таблице 1 приведены оценки коэффициентов модели, полученные для разных критериев оптимизации. Заметим, что найденные оценки существенно отличаются от точных значений, заданных в модели и приведенных в первой строке таблицы, причем оценки $C1$, $C2$, $C4$ и $C5$ по всем критериям близки друг к другу. Поэтому вид критерия, по-видимому, не играет принципиальной роли в поиске решения, по крайней мере, классе рассматриваемых тесовых задач. Решение, описывающее регрессионную зависимость, может быть неоднозначным, что является обычным для регрессионного анализа. Отметим также, что в силу применения метода Монте-Карло, предусматривающего умышленное внесение случайности в процесс поиска, оптимизация не гарантирует получение решения. Поэтому зачастую требуются повторения процедуры поиска до получения приемлемого результата.

Таблица 1 - Оценки коэффициентов модели, полученные для разных критериев оптимизации

Коэф.	$C1$	$C2$	$C3$	$C4$	$C5$
Значения	10	-7	0,3	-3	0,01
Оценки по W (**C**)	7,71	-0,445	0,978	-7,260	0,235
Оценки по Wa (**C**)	7.78	-2.254	2.855	-5.520	0,173
Оценки по Wm (**C**)	7,78	-1,365	5,750	-6,314	0,196

На рисунке 2 и в таблице 2 приведены результаты решения той же задачи для модельной функции, описывающей зависимость (пример 2) в виде экспоненциально убывающей косинусоиды

$$Y_2 = 10\,exp(-0{,}1\,x_2)\,*cos(2\pi x_2\,/\,10)\,+z,$$

$$x_2 = [0;\ 5.26;\ 10.53;\ 15.7895;\ 21.05;\ 26.32;\ 31.58;\ 36.84;\ 42.11;\ 47.37;\ldots$$
$$52.63;\ 57.89;\ 63.16;\ 68.42;\ 73.68;\ 78.95;\ 84.21;\ 89.47;\ 94.74;\ 100.0]; \qquad (6)$$
$$Y_2 = [5.00;\ -3.99;\ 3.10;\ -2.34;\ 1.70;\ -1.18;\ 0.77;\ -0.46;\ 0.23;\ -0.06;\ -0.05;\ldots$$
$$0.12;\ -0.16;\ 0.18;\ -0.18;\ 0.17;\ -0.15;\ 0.13;\ -0.11;\ 0.09\ ];$$

В качестве регрессионной модели выбрана функция с тремя неизвестными коэффициентами регрессии

$$Y_2 = C1 \cdot exp\,(-\,C2 \cdot x_2)\,*\,cos\,(2\cdot\pi\,x_2\,/\,C3) \qquad (7)$$

На рисунке видно, что и в «жестком» случае осциллирующих значений зависимой переменной при удачном подборе аналитического выражения регрессии удается построить аппроксимацию зависимости с хорошей точностью.

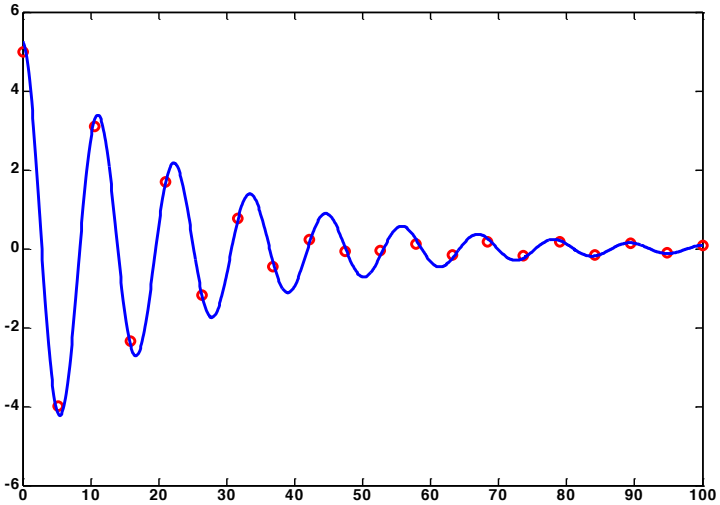


Рисунок 2 – Модельные данные (маркеры) для примера 2 и регрессия наилучшим подбором коэффициентов по критерию НК.

Таблица 2 - Оценки коэффициентов модели для примера 2

Коэф.	*C*1	*C*2	*C*3
Значения	10	-0,1	10
Оценки по *W* (**C**)	5,268	0,040	11,176
Оценки по *Wa* (**C**)	5,000	0,046	11,169
Оценки по *Wm* (**C**)	4,753	0,044	11,351

Анализ рисунка и таблицы приводит к тем же выводам, которые были сделаны по примеру 1.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А.* Оптимизация технологических процессов текстильной промышленности. Учебник для вузов. Гриф УМО Минвуза СССР. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1991. – 20 п.л.

2. *Растригин, Л.А.* Статистические методы поиска. – М.: Наука, 1968.

3. *Жиглявский, А.А. Жилинская, А.Г.* Методы поиска глобального экстремума. – М.: Наука, 1991.

4. *Чипига, А.Ф., Колков, Д.А.* Анализ методов случайного поиска глобальных экстремумов многомерных функций // Фундаментальные исследования. – 2006. - №2. – С.24 – 26. ISSN 1812-7339

5. *Севостьянов П.А., Самойлова Т.А., Тихомирова М.Л.* Обнаружение «выбросов» в свойствах одномерных полимерных материалов. // Химические волокна – №6. 2019. С.44 – 46. ISSN 0023-1118

6. *Севостьянов П.А., Ордов К.В., Битус Е.И., Самойлова Т.А., Монахов В.В.* Компьютерное моделирование длины и тонины волокон шерсти в топсе и ленте на основе данных натурных экспериментов. Известия вузов. Технология текстильной промышленности – 2015. - №6, С.185-189

7. *Севостьянов, А.Г., Севостьянов, П.А.* Анализ применимости, работоспособности и адекватности регрессионных моделей технологических систем текстильного производства. Известия вузов. Технология текстильной промышленности, 5, 1999.

УДК 536. 12.64 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-82-84

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЫХ ФАКТОРОВ НА ПОВЕДЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ СПЛАВОВ ДЛЯ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ
INFLUENCE OF EXTERNAL FACTORS ON THE BEHAVIOR OF THERMAL CONDUCTIVITY OF ALLOYS FOR SOLAR COLLECTORS

Сафаров Махмадали Махмадиевич*, Умар Шарифмурод Умарзода, Неъматов Голиб Нуралиевич****
Mahmadali M.Safarov*,Sharifmurod U.Umarzoda, Golib N.Nevatov****

**Таджикский технический университет имени акад. М.С.Осими, Душанбе, Таджикистан*
**Tajik technical university by named akad.M.S.Osimi,Dushanbe,Tajikistan*
(e-mail:mahmad1@list.ru), (e-mail:mohira@list.ru)
***Таджикский государственный педагогический университет им. С. Айни, Душанбе, Таджикистан*
***Tajik developmad pedagogical university named S.Aini, Dushanbe,Tajikistan*
(e-mail:zafar@mail.ru)

Аннотация: В статье приводится результаты экспериментального исследование теплопроводности сплавов для солнечных коллекторов. Для измерения теплопроводности исследуемых сплавов системы титана, молибдена, ванадия и др. с учетом их изменение концентрации нанонапольнителей фуллеренов C_{60} и C_{70}. Образцы в виде таблеток и цилиндр имеющий внешней диаметр-15 мм, высотой 5 и 10 мм. Образцы до проведения опытов было изготовлены методом прикалыванием с определенным концентрации фуллеренов C_{60} и C_{70}**.** Средный размер фракции для фуллеренов составляет 50нм.

Abstracts: The article presents the results of an experimental study of the thermal conductivity of alloys for solar collectors. To measure the thermal conductivity of the studied alloys of the titanium, molybdenum, vanadium, etc. systems, taking into account their change in the concentration of nanofillers of fullerenes C_{60} and C_{70}. Samples in the form of tablets and a cylinder with an outer diameter of 15 mm, a height of 5 and 10 mm. Before the experiments, the samples were prepared by the pinning method with a certain concentration of fullerenes C_{60} and C_{70}. The average size of the fraction for fullerenes is 50 nm.

Ключевые слова. титан, молибден, ванадия, фуллерен C_{60} и C_{70}, теплопроводность, метод монотонного разогрева.

Keywords. titanium, molybdenum, vanadium, fullerene C_{60} and C_{70}, thermal conductivity, monotonic heating method.

Разработка новой высокоэффективной техники, технологии и материалов с заранее заданными свойствами для различных отраслей народного хозяйства, в том числе получение их как и в целом для ускорения научно-технического прогресса, невозможна без знания свойств веществ и материалов.

Исследование теплофизических свойств технически важных композиционных материалов (и их сплавов) в твердой фазе в широком интервале температур имеет большое научное и прикладное значение.

Систематические исследования теплофизических свойствах (теплопроводность, температуропроводность, теплоемкость) дают полезные сведения о природе материалов, позволяют определить практическое их использование, а также служат основой для дальней-шего развития физики твердого тела. Знание теплофизических параметров особенно важно при конструировании промышленных тепловых установок самых разнообразных типов, а также для расчета кинетики исследуемых образцов. Теоретическому изучению процесса теплопереноса в зернистых и твердых (монолит) материалах посвящен ряд работ. Мы рассмотрим некоторые экспериментальные работы по исследованию теплофизических свойств зернистых материалов, а также твердых монолитов с целью описания современного состояния данной проблемы. Для измерения теплопроводности сплавов системы титан, молибден, ванадия, фуллерен C_{60} и C_{70} использована метод монотонного разогрева (уста-новка Платунова Е.С.).

Выводы

Установлено, что с увеличением температуры теплопроводность гранулированных материалов возрастает, но слабо зависит от теплопроводности исходного материала и его плотности. Это объясняется ростом теплопроводности газовой среды и теплопроводностью излучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алтунин В.А., Давлатов Н.Б., Зарипова М.А., Сафаров М.М., Платонов Е.Н., Яновская М. Л.* Способы повышения эффективности теплофизических и термодинамических свойств жидких углеводородных и азотосодержащих горючих для двигателей и энергоустановок космического применения. В сборнике: Труды LIII чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Секция «Проблемы ракетной и космической техники». отв. ред.: В.А. Алтунин, В.В. Балашов, М.Ю. Беляев, Т.Н. Тян. 2019.- С. 138-148.

2. *Сафаров М.М., Сафаров Ш.Р., Махмадалии К.* Влияние температуры, давления, концен-трации МСУНТ, ОСУНТ, OCSIAL и композитных материалов на изменение теплопровод-ности хладагентов. В сборнике: Энергосбережение и эффективность в технических сис-темах. Материалы VI Международной научно-технической конференции студентов, моло-дых учёных и специалистов. 2019. -С. 188-189.

3. *Сафаров Ш.Р.,Ойматова Х.Х.,Нажмиддинов Ш.З.,Сафаров М.М., Рафиев С.С.* Влияние нанопорошка гидразина на изменение энтропии тернарных систем кремниевой кислоты, многослойных углеродных нанотрубок. В сборнике: Вопросы физической и коллоидной химий. Материалы IV Международной конференции, посвященной памяти докторов химических наук, профессоров Хамида Мухсиновича Якубова и Зухуриддина Нуриддиновича Юсуфова. 2019. -С. 195-202.

4. *Мухаммадалии К., Ойматова Х.Х., Зарипова М.А., Сафаров М.М.* Влияние углерода-подобные наночастиц на изменение теплоемкости и теплопроводности растворов полимера. В сборнике: Вопросы физической и коллоидной химий. Материалы IV Международной конференции, посвященной памяти докторов химических наук, профессоров Хамида Мухсиновича Якубова и Зухуриддина Нуриддиновича Юсуфова. 2019. -С. 213-221.

5. *Хакимов Д.Ш., Сафаров М.М., Гуломов М.М., Тимеркаев Б.А., Раджабов А.Р., Давлатов Р. Д.* Влияние одностенных углеродных нанотрубок (OCSIAL) на измените плотности раст-воров системы бензол - диизопропиловый эфир при нормальном состоянии. В сборнике: Вопросы физической и коллоидной химий. Материалы IV Международной конференции, посвященной памяти докторов химических наук, профессоров Хамида Мухсиновича Яку-бова и Зухуриддина Нуриддиновича Юсуфова. 2019. -С. 221-227.

6. *Алтунин В.А., Абдуллин М.Р., Платонов Е.Н., Давлатов Н.Б., Зарипова М.А., Сафаров М. М.,Яновская М.Л.* Разработка способов повышения эффективности теплофизических и тер-модинамических свойств жидких углеводородных и азотосодержащих горючих и охла-дителей для двигателей гиперзвуковых, аэрокосмических и космических летательных аппа-ратов. В книге: XLIII Академические чтения по космонавтике. Сборник

тезисов по кос-монавтике, посвященные памяти академика С.П. Королёва и других выдающихся отечест-венных ученых - пионеров освоения космического пространства. В 2-х томах. 2019. -С. 71-72.

7. *Рафиев С.С., Сафаров М.М., Нажмудинов Ш.З.* Коэффициент адсорбции нанопорошка гидразина в адсорбенте воды при различном времени увлажнения. Вестник Технологи-ческого университета Таджикистана. 2019. № 2 (37). -С. 23-29.

8. *Холиков М.М., Сафаров М.М., Джураев Д.С.* Изучение кинетики платинного катализа-тора цилиндрической формы (AlO_3+1% pt, (2-3) мм), на основе пористого гранулированного оксида алюминия. Вестник Таджикского национального университета. серия естественных наук. 2018. № 1.- С. 61-69.

9. *Мирзомамадов А.Г., Сафаров М.М., Неьматов А., Абдуназаров С.С.*Влияние концентра-ции металла на изменение суммарного объема пор и теплопроводность пористой грану-лированной окиси алюминия. В сборнике: Современные задачи инженерных наук. Сборник научных трудов VI-ого Международного научно-технического Симпозиума, Междуна-родного научно-технического Форума. 2017. -С. 219-221.

9. *Собиров Д.Ф., Сафаров М.М.* Тепло- и температуропроводность полупроводника GeTe в сегнетоэлектрическом состоянии. В сборнике: Современные задачи инженерных наук. Сборник научных трудов VI-ого Международного научно-технического Симпозиума, Международного научно-технического форума. 2017.- С. 280-282.

УДК 677.024:519.876.5 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-84-88

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЗАПОЛНЕНИЯ ПАМЯТИ КОМПЬЮТЕРА
MODELING OF THE DYNAMICS OF COMPUTER MEMORY FILLING

Севостьянов Петр Алексеевич, Самойлова Татьяна Алексеевна, Вахромеева Екатерина Николаевна
Petr A. Sevostyanov, Tatyana A. Samoilova, Ekaterina N. Vakhromeeva

Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Россия, Москва
The Kosygin State University of Russia, Russia, Moscow
(e-mail: petrsev46@yandex.ru, tasamo89@yandex.ru, 1860712@mail.ru)

Аннотация: Рассмотрены вопросы изучения задач «случайного блуждания» с помощью инструмента компьютерного моделирования. Приведен алгоритм компьютерной имитации динамики заполнения дисковой памяти компьютера.

Abstract: The issues of studying the problems of "random walk" using a computer modeling tool are considered. An algorithm for computer simulation of the dynamics of filling computer disk memory is presented.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, теория вероятности, динамика.
Keywords: computer modeling, probability theory, dynamics.

Вероятностная схема теории вероятностей, получившая название «случайные блуждания», оказалась весьма общей и в той или иной степени пригодной для моделирования самых разных процессов и явлений: от биржевых игр до распространения эпидемий, от надежности технических устройств до задач распознавания образов. Базовая теория вероятностных процессов случайного блуждания была разработана в течение 20 века. Компьютерное моделирование явилось мощным инструментом изучения конкретных задач «типа случайного блуждания» [1, 2, 3, 4]. Рассмотрим пример модели такого типа для задачи о заполнении дисковой памяти компьютера. Каждые сутки на диск записываются и с него стираются некоторые объемы информации. Величины этих объемов – заранее не предсказуемые, случайные величины. Требуется оценить динамику изменения заполнения

диска, в частности, ответить на вопросы: каков интервал времени до первого переполнения; каков средний объем заполнения; какова вариабельность заполнения.

Обозначим: $Xmax$ – рабочая емкость дисковой памяти, мгб; y – количество информации, поступающей на диск за сутки, мгб; z – количество информации, стираемой с диска за сутки, мгб; t – номер суток от начального момента, $t = 0, 1, 2, \ldots$; $x(t)$ - количество информации к концу t суток; $x(0)$ – количество информации на диске в начальный момент времени, мгб.

Числовые значения y и z – случайные, не предсказуемые с достоверностью. Обозначим математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение (СКО) этих величин соответственно my, sy, mz и sz.

Базовое условие, используемое для построения модели – условие баланса (аналог - задача о бассейне и двух трубах – заполняющей и опорожняющей бассейн)

$$x(t) = x(t - 1) + y(t) - z(t), \quad t = 1,2,\ldots \tag{1}$$

Пренебрежем случайными вариациями величин y и z, что равносильно условиям $sy = sz = 0$. Тогда в условии баланса случайные величины y и z можно заменить их математическими ожиданиями. Условие баланса приобретает вид

$$x(t) = x(t - 1) + my(t) - mz(t) \tag{2}$$

Предположим теперь, что математические ожидания - постоянные, не меняющиеся день ото дня значения, т.е. $my(t) = my = \text{const}$ и $mz(t) = mz = \text{const}$. При этих условиях балансовое равенство приобретает вид

$$x(t) = x(t - 1) + my - mz \tag{3}$$

которое легко преобразуется к виду (Здесь $\Delta = my - mz$)

$$\mathrm{x(t) = x(0) + \Delta\, t = x(0) + (my - mz)\, t} \tag{4}$$

Если $\Delta = my - mz > 0$, то занятый объем памяти нарастает пропорционально времени от $x(0)$ до $Xmax$. Следовательно, время заполнения диска равно

$$Tm = \frac{X\max - x(0)}{\Delta(= my - mz > 0)} \tag{5}$$

Если $\Delta = my - mz < 0$, то занятый объем памяти убывает пропорционально времени от $x(0)$ до нуля. Следовательно, время освобождения диска от информации равно

$$To = \frac{x(0)}{-\Delta(= my - mz < 0)} \tag{6}$$

Если $\Delta = my - mz = 0$, то занятый объем памяти не изменяется во времени. Следовательно, время освобождения или время заполнения диска равно бесконечности.

Учтем случайные вариации величин y и z : $sy \neq 0$ и $sz \neq 0$. Значения $x(t)$ также будут случайными. Используем знания из математической теории вероятностей:

$$\begin{aligned} &M\{x(t)\} = M\{x(t-1)\} + M\{x(t)\} - M\{z(t)\} \Rightarrow \\ &\Rightarrow mx(t) = mx(t-1) + my(t) - mz(t), \quad t = 1,2,\ldots \end{aligned} \tag{7}$$

Символом $M\{\ldots\}$ обозначена операция вычисления математического ожидания. Для квадратов среднеквадратических отклонений (дисперсий) получим

$$\begin{aligned} &D\{x(t)\} = D\{x(t-1)\} + D\{y(t)\} + D\{z(t)\} \Rightarrow \\ &\Rightarrow sx^2(t) = sx^2(t-1) + sy^2(t) + sz^2(t) \end{aligned} \tag{8}$$

Символом $D\{\ldots\}$ обозначена операция вычисления дисперсии. Полученное выражение верно, если значения величин $y(t)$ и $z(t)$ независимы. Сравнивая рекуррентную формулу предыдущей модели и полученную для математических ожиданий, видим их полное совпадение.

Если средние $my(t) = my = \text{const}$ и $mz(t) = mz = \text{const}$, то для средних $mx(t)$ сохраняются те же выводы, что и при отсутствии случайных вариаций y и z. Предположим, что $sy(t) = sy =$ const и $sz(t) = sz =$ const. Преобразуем в соответствии с этими упрощающими предположениями рекуррентное уравнение для дисперсий

$$sx^2(t) = sx^2(t-1) + S^2 \tag{9}$$

Символом S^2 обозначена сумма $sy^2 + sz^2$. Перед решением этого уравнения учтем, что занятый информацией объем диска в момент $t = 0$ известен. Поэтому $sx^2(0) = 0$. Решение уравнения приводит к формуле

$$sx^2(t) = S^2 \cdot t \tag{10}$$

Поскольку СКО любой величины равно квадратному корню из ее дисперсии, то для рассматриваемого случая зависимость СКО объема занятой дисковой памяти от времени равна

$$sx(t) = S \cdot \sqrt{t} \tag{11}$$

т.е. нарастает со временем пропорционально корню из продолжительности интервала времени t (формула и результат А. Эйнштейна).

Учтем в модели случайную природу объема записываемой на диск и стираемой с диска в течение информации. В этом случае модель просто реализует исходное условие баланса, а значения случайных величин генерируются с помощью генераторов псевдослучайных чисел.

Построим имитирующий алгоритм для задачи случайных блужданий.

1. Задание числовых значений параметрам модели: $Xmax$, my, sy, mz и sz
2. Задание начальных значений переменным модели: $x(0)$ и моделируемого интервала времени $Tmod$
3. Переменная времени $t = 0$.
4. Пока $t < Tmod$ и $0 < x(t) < Xmax$
   a) $t = t + 1$ моделирование очередных суток работы диска
   b) Генерация значений y и z согласно выбранным для них законам распределения, средним значениям и СКО
   c) Главная итерация : $x(t) = x(t - 1) + y - z$; запоминание результата в массиве
   d) Возврат к п.4.
5. Обработка результатов одного прогона модели

Наиболее очевидными вопросами, на которые можно получить ответы с помощью этой модели, являются: каково среднее время до первого переполнения диска; в каких пределах лежит разброс этого времени в зависимости от средней интенсивности внесения и удаления записей на диск и разброса этих значений.

На рисунке 1 показана реализация постепенного накопления информации на диске.

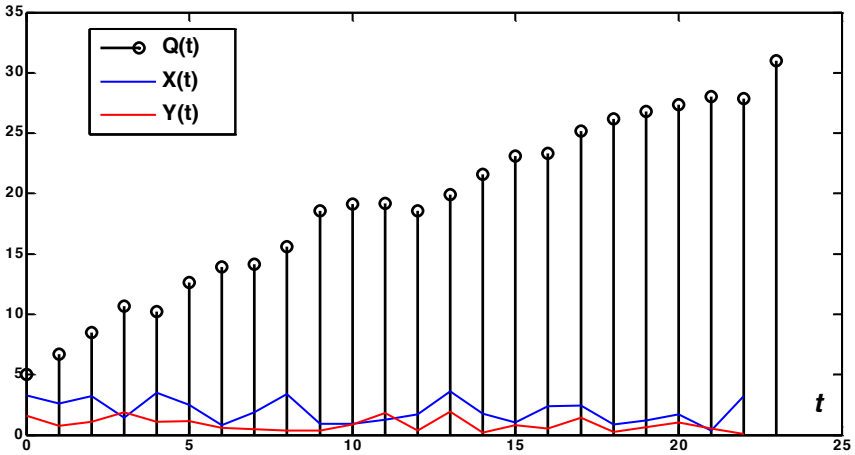


Рисунок 1 - Динамика заполнения диска. Одна реализация.

Поскольку время заполнения – случайное, то и ответ должен формулироваться в терминах теории вероятностей, например: с вероятностью 0.95 время заполнения не превысит 20 суток. Для получения ответа в таком виде необходимо иметь распределение случайной величины – времени первого достижения объема дисковой памяти. При одном прогоне модели мы к концу получаем лишь одно - единственное значение этого времени *t*.

Поэтому для накопления «статистики» выполним много повторных независимых прогонов – 1000, 10000, 100000… - сколько позволит производительность вашего компьютера, и накопим получаемые при каждом прогоне значения *t* в массиве.

Построим гистограмму для массива tMas (рисунок 3). Ответ на вопрос: время заполнения диска *Tp* с вероятностью *P* = 0.95 можно определить теперь и по гистограмме, но лучше представить решение в более наглядном виде. Для этого:

1. Построим оценку интегральной (кумулятивной) функции распределения времени t:
2. Ts = sort(tMas); m = length(tMas); F = (0 : (m - 1)) / m; plot(Ts,F);
3. Перестроим график интегральной функции распределения в других координатах plot (Ts, 1 – F).

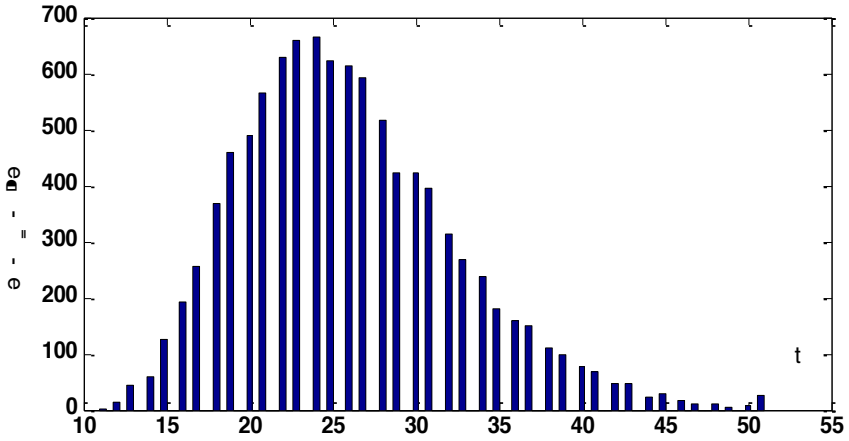


Рисунок 3 - Оценка распределения времени до первого заполнения рабочего объема диска.

На рисунке 4 показана полученная таким образом зависимость *P* = 1 – *F* от значений *Tp*. Из графика видно, что с гарантией 0.95 (95%) время заполнения дисковой памяти не превысит 2 суток. Например, оно может составить и 20 суток, но вероятность этого не более 0.2. Вероятность того, что это время будет больше 26 суток, практически равна нулю.

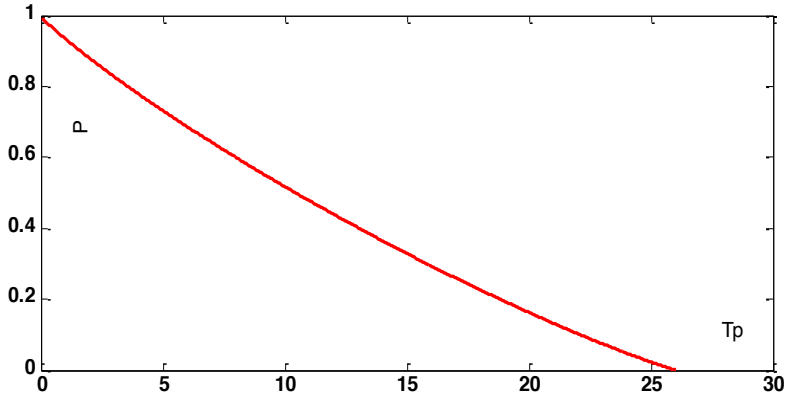


Рисунок 4 - Вероятность того, что время заполнения диска превысит выбранное на оси абсцисс значение *Tp*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Севостьянов П.А., Самойлова Т.А.* Моделирование многоканальной системы обработки документов // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2020): сборник материалов Международной научно-технической конференции. Часть 2. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2020. – 313 с. – с. 221-224.

2. *Севостьянов П.А., Самойлова Т.А.* Компьютерная модель статистической динамики разрыва тканого полотна при одноосном удлинении // Известия вузов. Технология текстильной промышленности – 2020. - № 1 (385) – с. 197-201.

3. *Севостьянов П.А., Самойлова Т.А.* Анализ загруженности компьютерного центра по обслуживанию населения // Современные технологии хранения, обработки и анализа больших данных: сборник научных трудов кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2020. – 121 с. – с. 100-104.

4. *Севостьянов П.А., Самойлова Т.А.* Компьютерное моделирование статистической динамики удлинения и разрыва тканого полотна // Современные инженерные проблемы ключевых отраслей промышленности: сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума «Современные инженерные проблемы ключевых отраслей промышленности» Международного Косыгинского Форума «Современные задачи инженерных наук» (16 октября 2019 г.). – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2019. – 225 с. – с. 58-62.

УДК 621.6.04 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-88-92

ПРИМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РОТАЦИОННОГО СМЕСИТЕЛЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ
APPLICATION OF PARAMETRIC 3D MODELING IN DESIGNING A ROTARY MIXER FOR BULK MATERIALS

Стенько Дмитрий Владимирович, Капранова Анна Борисовна,
Бахаева Дарья Дмитриевна, Федорова Дарья Владимировна
Dmitry V. Stenko, Anna B. Kapranova, Darya D. Bahaeva, Daria V. Fedorova

Ярославский государственный технический университет, Россия, Ярославль
Yaroslavl State Technical University, Russia, Yaroslavl
(email: dvs3d@yandex.ru, kapranova_anna@mail.ru, bakhaevadd@mail.ru, darij30@rambler.ru)

Аннотация: Выполнено имитационное моделирование компоновки узла для распыла сыпучих компонентов в ротационном смесителе с касательными упругими лопатками. Получена система уравнений для параметрического 3D-моделирования нового аппарата.

Abstract: Simulation modeling of the arrangement of the unit for spraying bulk components in a rotary mixer with tangential elastic blades has been carried out. A system of equations for parametric 3D modeling of the new apparatus is obtained.

Ключевые слова: смешение, ротационный смеситель, сыпучие компоненты, смесь, 3D-моделирование, САПР.

Keywords: mixing, rotary mixer, loose components, mix, 3D modeling, CAD.

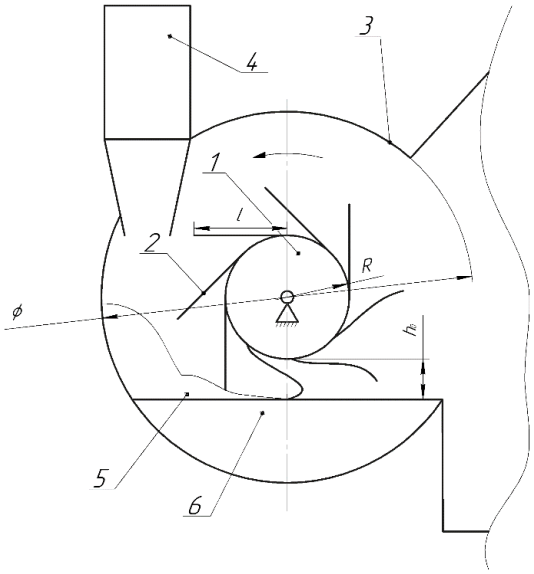
Применение смешения твердых дисперсных компонентов при производстве: продовольственных, сельскохозяйственных, фармацевтических, строительных товаров и полуфабрикатов, является одним из основных технологических процессов на современных производствах. Первостепенная цель при проектировании новых аппаратов - удовлетворение условиям получения готовой качественной смеси с регламентным составом входящих в нее компонентов. Современные методы оценки доли ключевого компонента в получаемой сыпучей смеси в большинстве случаев предполагают использование стохастического подхода

к моделированию процесса смешения [1]. Энергетический метод, который был описан в работах Ю.Л. Климонтовича [2], успешно применен при моделировании процессов смешения, например, в аппаратах гравитационного действия на лотках с дополнительными смесительными эффектами [3, 4]. К последним относятся два вспомогательных этапа: (1) получение разреженных потоков смешиваемых компонентов за счет разбрасывания упругими элементами; (2) ударное смешение компонентов после столкновения данных потоков с отбойной поверхностью [5]. В проектируемом новом ротационном смесителе зернистых сред указанные стадии являются основными. Опираясь на системно-структурный анализ [6], при проектировании данного аппарата необходимо выявить наиболее значимые параметры (конструктивные, режимные и физико-механические) [7], влияющие на ожидаемый результат технологической операции.

В рамках первого этапа смешения можно выделить следующие основные конструктивные параметры (R, L, l, p, h_0), где R и L – радиус и длина вала, на котором установлены упругие лопатки; l – длина упругих лопаток с закреплением в касательной плоскости к поверхности вала; n – число лопаток; h_0 – высота зазора между валом и корпусом распылителя.

Проблема получения качественной смеси с регламентным составом и требуемым значением производительности проектируемого аппарата связана с оценкой: технологической трудоемкости изготовления; универсальности и унифицированности устройства; ресурса деталей и узлов, подверженных износу.

Привлечение имитационных моделей к решению указанной многофакторной задачи оптимизации является наиболее перспективным способом при недостаточной изученности объекта-оригинала. В частности, параметрическое 3D-моделирование позволяет сопоставить выделенные наиболее значимые конструктивные параметры исследуемого процесса с параметрами имитационной модели. Назначение последней связано с разработкой конструкторской документации управляющей программы для станков с числовым программным управлением в целях изготовления спроектированного смесительного оборудования.



1 – вал, 2 – упругая лопатка, 3 – корпус ротационного смесителя, 4 – бункер для подачи компонентов, 5 – сыпучий компонент, 6 – лоток.
Рисунок 1 – Схема распылителя нового ротационного смесителя.

В данной работе предпринята попытка получения системы уравнений параметрического 3D-моделирования в САПР для автоматического проектирования нового аппарата ротационного действия. Входными данными являются значения радиуса и длины вала лабораторного барабанно-ленточного смесителя с винтовой навивкой бил [8]. Применение указанных уравнений при проектирования нового ротационного смесителя сыпучих материалов с касательным расположением лопаток позволяет: а) автоматизировать компоновку основных узлов; 2) ускорить прочностные расчеты для деталей, подверженных нагрузкам. Переход к 3D-моделированию на этапе проектирования нового аппарата реализует генеративный дизайн для его элементов, что позволяет снизить материалоемкость и оптимизировать затраты на соответствующее производство оборудования специального назначения. При построении упрощенной компоновки набор входных конструктивных параметров расширен за счет введения характеристик, влияющих на форм-фактор корпуса проектируемого узла.

Предложенная методика автоматического построения компоновки узла распылителя нового ротационного смесителя сыпучих материалов включает: 1) задание набора входных глобальных переменных (например, радиуса R и длины L вала, на который, устанавливаются упругие лопатки); 2) расчет базисных глобальных переменных согласно системе уравнений из таблицы 1.

Таблица 1 – Основные уравнения для моделирования узла распыления смешиваемых компонентов

Наименование	Значение/Уравнение	Числовое значение, размерность
Глобальные переменные		
Радиус вала «R»	«R»	40 мм
Длина вала «L»	«L»	100 мм
Длина лопатки «l»	«l»	
Ширина лопатки «b»	«b»	
Толщина лопатки «k»	«k»	
Минимальный зазор между лопатками «t_{min}»	4	4 мм
Число лопаток «n»	= int (360 / "2*R")	
Расстояние от поверхности лотка до внутренней стенки корпуса «c»	«c»	
Диаметр корпуса внутренний «$D_в$»	«$D_в$»	
Диаметр корпуса наружный «$D_н$»	«$D_н$»	
Расстояние от вала до поверхности лотка «h_0»		
Ширина корпуса «B»	«B»	
Высота бункера «E»	«E»	
Диаметр бункера «$D_б$»		
Высота выреза для вылета частиц «H»	«H»	
Глубина выреза для вылета частиц «U»	«U»	
Уравнения		
«l»	=”1.2* «R»”	48 мм
«b»	= “«L»-10 мм”	90 мм
«k»	=”if 0.1*«l» ≤2 «k»=2”	4,8 мм
круговой массив лопаток	= “«n»”	8 шт.
«c»	= “«$D_в$»/2 - «h0»”	56 мм
«$D_в$»	= “2*«R»+ 2*«l» + 30”	176 мм

Наименование	Значение/Уравнение	Числовое значение, размерность
«$D_н$»	=”«$D_в$» + 5”	181 мм
«h_0»	= “«l»/1,5”	32 мм
«B»	=”«L»+5”	105 мм
«E»	=”«B»”	105 мм
«$D_б$»	= “«$D_в$»/2”	88 мм
«H»	=”2*«R»+ «l»”	128 мм
«U»	=”«b»”	90 мм

Для определения расстояния от вала до поверхности лотка «h_0» использован комплексный параметр $\delta = L/h_0$, характеризующий степень деформирования лопаток. За основу выбрано одно из оптимальных значений δ^* для барабанно-ленточного смесителя с винтовой навивкой бил [8].

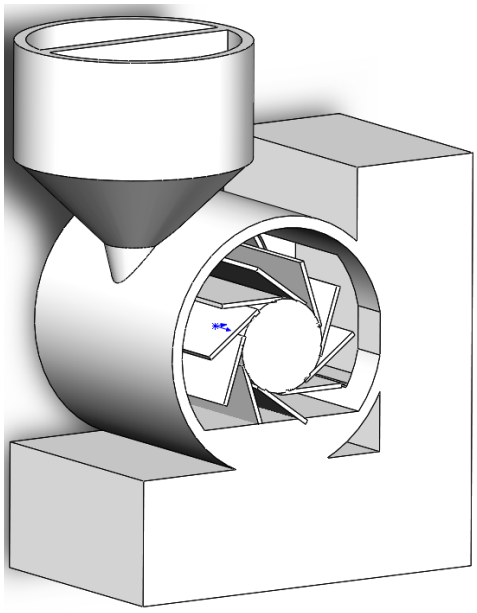


Рисунок 2 – 3D-модель компоновки основных узлов распылителя

Построение уравнения для расчета максимального числа лопаток при изменении радиуса вала выполнено при условии соблюдения минимального зазора между соседними лопатками. Кроме того, сформировано уравнение для вычисления минимальной толщины прямоугольной лопатки в зависимости от ее длины.

Выводы

На основе предложенной системы уравнений получена 3D-модель компоновки распылителя нового ротационного смесителя сыпучих материалов (Рис. 2). Рассчитаны предварительные значения набора конструктивных параметров $(R_1, L_1, l_1, n_1, h_{0_1})$ для заданного узла проектируемого аппарата с касательным расположением упругих лопаток. Практическая направленность результатов предложенной имитационной модели - использование при дальнейшем проектировании других узлов аппарата, функционально связанных с элементами конструкции, моделируемыми в данной работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kapranova A., Bahaeva D., Stenko D., Verloka I., Lebedev A., Tarshis M. Methods of nonequilibrium statistical mechanics in models for mixing bulk components // Modeling and Simulation in Engineering. IntechOpen. 2020. P. 20. doi.org/10.5772/intechopen.93137
2. Климонтович Ю.Л. Турбулентное движение и структура хаоса: Новый подход к статистической теории открытых систем. М.: ЛЕНАНД, 2014. 328 с.
3. Капранова А.Б., Верлока И.И., Яковлев П.А., Бахаева Д.Д. Исследование качества смеси на первой стадии работы аппарата гравитационного типа // Российский химический журнал (Журнал химического общества им. Д. И. Менделеева). 2018. Т. LXII. № 4. С. 48-50.
4. Kapranova A.B., Verloka I.I., Bahaeva D.D., Tarshis M.Yu., Cherpitsky S. N. To the calculation of the average value of the volume fraction of the key bulk component at the intermediate

stage of mixing with an inclined bump // Frontiers in Energy Research: Process and Energy Systems. August 2020. Vol. 8. article 135. P. 1-11. doi: 10.3389/fenrg.2020.00135.

5. Kapranova A., Bahaeva D., Stenko D., Vatagin A., Lebedev A., Lichak D., E3s Web of Conference. 2020. 220. 01060. doi: 10.1051/e3sconf/202022001060

6. Кафаров В. В., Дорохов И. Н., Арутюнов С. Ю. Системный анализ процессов химической технологии: измельчение и смешение. М: Издательство Юрайт. 2019. 440 с. https://urait.ru/bcode/442144

7. Kapranova A.B., Verloka I.I., Bahaeva D.D. About Preparation of the Analytical Platform for Creation of a Cyber-Physical System of Industrial Mixture of Loose Components // In monograph: Cyber-Physical Systems: Advances in Design & Modelling. Studies in Systems, Decision and Control / eds. A. Kravets, A. Bolshakov, M. Shcherbakov. V. 259. Springer, Cham, 2020. P. 81-91. Doi: 10.1007/978-3-030-32579-4_7

8. Капранова А.Б., Верлока И.И. Стохастическое описание процесса формирования потоков сыпучих компонентов в аппаратах со щеточными элементами // Теор. основы хим. Технологии. 2018. Т. 52, № 6. С. 707-721

УДК 66.011:681.5 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-92-95

ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИМИ РЕАКТОРАМИ
SOFTWARE-HARDWARE SYSTEM FOR CHEMICAL REACTOR CONTROL SYSTEMS DESIGN

Невиницын Владимир Юрьевич, Лабутин Александр Николаевич
Vladimir Yu. Nevinitsyn, Alexander N. Labutin

Ивановский государственный химико-технологический университет, Россия, Иваново
Ivanovo State University of Chemistry and Technology, Russia, Ivanovo
(e-mail: nevinitsyn@isuct.ru, lan@isuct.ru)

Аннотация: В работе исследована методика синтеза, полунатурного моделирования и отладки систем управления химическими реакторами с применением программно-технического комплекса на базе программируемых логических контроллеров.

Abstract: The paper studies the methodology of synthesis, hardware in the loop simulation and debugging of chemical reactor control systems using software-hardware system based on programmable logic controllers.

Ключевые слова: система автоматического управления, химический реактор, проектирование, моделирование, контроллер, синтез, алгоритм управления, синергетическая теория управления.

Keywords: automatic control system, chemical reactor, engineering, simulation, controller, synthesis, control algorithm, synergetic control theory.

Согласно концепции кибернетически организованных химико-технологических процессов и систем, на стадии проектирования химического производства решается задача оптимального синтеза реакторного узла и задача синтеза алгоритмов управления процессом, а на стадии эксплуатации подзадача организации оптимального функционирования объекта в условиях действия параметрических и сигнальных возмущений.

Главной особенностью химических реакторов как объектов управления и автоматизации является их многомерность, нелинейность и многосвязность. В настоящее время в отечественной литературе представлено мало публикаций по синтезу алгоритмов управления химическими реакторами на стадии проектирования. В зарубежной литературе публикаций существенно больше, однако основным подходом к разработке систем управления реакторами остается подход, основанный на использовании теории линейных

систем. Один из путей преодоления данной трудности заключается в развитии физической теории управления, в максимальной степени учитывающей особенности объекта, и в частности – синергетической теории управления [1].

Эффективность метода аналитического синтеза алгоритмов управления нелинейными объектами с использованием принципов синергетики (метод аналитического конструирования агрегированных регуляторов – АКАР) показана в ряде работ [2-4]. Имитационное моделирование систем управления показало эффективность синтезированных законов управления. Практическое использование алгоритмов предполагает их программную реализацию и отладку на промышленных контроллерах.

В основу работы программно-технического комплекса (ПТК) положен принцип полунатурного моделирования, что предполагает использование компьютерных имитационных математических моделей для воспроизведения работы технологических объектов (процессов), а алгоритмы управления этими объектами реализуются на реальных технических устройствах – программируемых логических контроллерах (ПЛК).

Описываемый подход в последнее время широко используется в процессе создания АСУТП на этапе ее проектирования с целью тестирования и отладки управляющих программ ПЛК. Тестирование системы с применением имитационной модели технологического процесса позволяет выявить возможные недостатки и провести корректировку как самих алгоритмов управления, так и их программной реализации на языках стандарта IEC 61131-3.

В состав ПТК входят: автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора (инженера-исследователя); АРМ разработчика (программиста); отладочный модуль «ТеконУС 410-02» (на базе контроллера ТКМ410) или модуль на базе контроллера ОВЕН ПЛК154. Общая структура ПТК на базе контроллера ТКМ410 представлена на рис. 1.

Отладочный модуль «ТеконУС 410-02» включает в себя следующие основные компоненты: многофункциональный программируемый контроллер ТКМ410; панель оператора V04M; модули вывода аналоговых сигналов Т3501 (модули расширения); блок питания (DR-4524) для модулей Т3501.

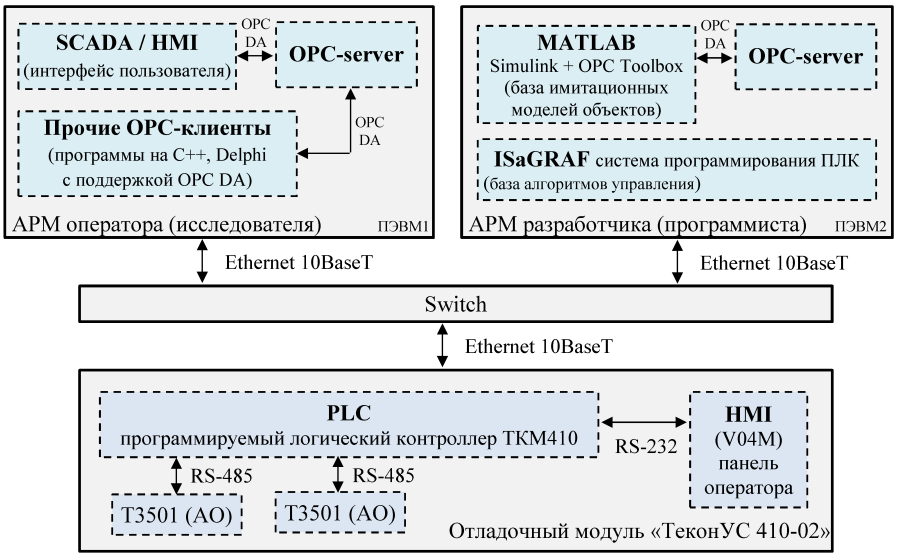


Рисунок 1 – Структурная схема программно-технического комплекса

Для организации работы ПТК использовано следующее программное обеспечение: MATLAB; TeconOPC-сервер; MasterSCADA; ISaGRAF PRO, CoDeSys.

Реализация процесса полунатурного моделирования системы управления предполагает решение следующих задач: разработка программы имитационного моделирования технологического процесса (объекта); конфигурирование и реализация алгоритмов управления для конкретного ПЛК; разработка интерфейса пользователя для диспетчерского контроля и управления процессом (SCADA, HMI); конфигурирование OPC-сервера для

организации доступа к данным ПЛК со стороны OPC-клиентов; настройка и конфигурирование OPC-клиентов (настройка тэгов чтения и записи).

Разработана база имитационных математических моделей объектов химической технологии, которая является неотъемлемой частью ПТК. В качестве класса объектов выступают жидкофазные химические реакторы непрерывного типа. Программная реализация моделей выполнена в расширении Simulink пакета прикладных программ математического моделирования MATLAB.

Алгоритмы управления технологическими объектами реализуются на многофункциональном контроллере ТКМ410, программирование которого осуществляется с помощью системы ISaGRAF PRO. В случае использования модуля на базе контроллера ОВЕН ПЛК154 используется среда разработки приложений CoDeSys.

Для диспетчерского управления, сбора и отображения данных в ходе процесса полунатурного моделирования используется современная объектно-ориентированная SCADA и soft-logic система MasterSCADA фирмы InSat.

Интеграция компонентов системы и организация обмена данными обеспечивается посредством OPC-серверов TeconOPC и CoDeSys OPC.

Для проведения полунатурного моделирования и тестирования разрабатываемых программ управления необходима замена технологического процесса (объекта) его адекватной имитационной моделью. MATLAB Simulink является мощным инструментом для исследования и моделирования сложных динамических систем, следовательно, с его помощью можно имитировать реальный процесс либо производство в целом.

Используя библиотеку OPC Toolbox расширения Simulink, организована связь имитационной модели технологического процесса с управляющей программой, загруженной в ПЛК.

Для обеспечения обмена данными между MATLAB Simulink и TeconOPC-сервером используются функциональные блоки «OPC Configuration», «OPC Read» и «OPC Write», которые находятся в разделе «OPC Toolbox» библиотеки объектов Simulink.

Процесс выполнения полунатурного моделирования происходит в режиме реального времени, что позволяет оператору-исследователю проводить мониторинг всех происходящих процессов и оказывать воздействия как на имитационную модель технологического процесса, так и на управляющую программу контроллера, что является существенным преимуществом данного подхода.

Адекватность реализации алгоритмов управления на ПЛК и их работоспособность определялась путем проведения полунатурного моделирования с последующим исследованием свойств асимптотической устойчивости замкнутой системы в целом, инвариантности к возмущениям, ковариантности с задающими воздействиями и грубости.

Результаты полунатурного моделирования на базе ПТК полностью согласуются с результатами имитационного моделирования системы управления на ЭВМ, что подтверждает корректность управляющих программ контроллера.

Разработанная методика может использоваться для проведения полунатурного моделирования, алгоритмического и параметрического синтеза, а также отладки систем автоматического управления технологическими объектами на этапе проектирования АСУТП.

Еще одним вариантом использования данной методики является использование ее в качестве базы для построения стендов обучения обслуживающего персонала в ходе наладки и ввода в эксплуатацию новых установок либо проведения курсов повышения квалификации работников на действующих установках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Красовский А.А. Развитие и становление современной теории управления // Синергетика и проблемы теории управления / Под ред. А.А. Колесникова. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. С. 13-34.

2. Невиницын В. Ю., Загаринская Ю. Н., Волкова Г. В., Лабутин А. Н. Аналитический синтез нелинейных алгоритмов управления тепловым режимом химического реактора // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). 2019. № 50 (76). С. 115-120.

3. Невиницын В. Ю., Лабутин А. Н., Волкова Г. В., Зайцев В. А., Бодров А. А. Совершенствование алгоритмов управления химическими реакторами // Известия высших учебных заведений. Серия: Экономика, финансы и управление производством. 2019. № 4 (42). С. 158-164.

4. Лабутин А.Н., Невиницын В.Ю., Волкова Г.В. Робастное управление температурным режимом химического реактора // Информатика и системы управления. 2018. № 3. С. 115-123.

УДК 681.3.062 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-95-98

РАЗРАБОТКА ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЗНАНИЙ В АЛГОРИТМАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ СПЕЦОДЕЖДЫ ДЛЯ РАБОТЫ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ
DEVELOPMENT OF ONTOLOGICAL KNOWLEDGE MODEL IN THE ALGORITHMS OF DESIGNING AUTOMATIC THERMAL PROTECTION SYSTEMS FOR WORK IN EXTREME CONDITIONS

Казначеева Анастасия Александровна, Власенко Ольга Михайловна
Anastacia A. Kaznacheeva, Olga M. Vlasenko

Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Россия, Москва
The Kosygin State University of Russia, Russia, Moscow
(e-mail: Kaznacheeva-aa@rguk.ru, Vlasenko-om@rguk.ru)

Аннотация: В статье рассмотрен процесс разработки онтологической модели знаний специалиста в области автоматического регулирования температуры в спецодеждах водолазов. Полученная модель положена в основу создания системы проектирования автоматической тепловой защиты спецодежды для работы в экстремальных условиях.

Abstract: The article discusses the process of developing an ontological model of a specialist's knowledge in the field of automatic temperature control in divers' overalls. The resulting model is the basis for the creation of a design system for automatic thermal protection of workwear for work in extreme conditions.

Ключевые слова: модель знаний, автоматическая система тепловой защиты, спецодежда водолазов, онтология, автоматизированное проектирование.

Keywords: knowledge model, automatic thermal protection system, divers' overalls, ontology, computer-aided design.

На сегодняшний день становится все более актуальной необходимость систематизации, формализации и повторного использования накопленных знаний специалистов различных областей, в том числе и в области проектирования автоматических систем тепловой защиты (АСТЗ) спецодежды для работы в экстремальных условиях. При реализации идей искусственного интеллекта появившиеся методы представления модели знаний (на основе систем продукций, предикатов, семантических сетей, фреймов) позволили сделать первые шаги на пути формирования баз знаний. Основным недостатком указанных методов является фрагментарность описываемых знаний [1].

Для преодоления данного недостатка в решении задач проектирования АСТЗ спецодежды нами предложен онтологический подход к представлению модели знаний специалиста, применение которого в отечественных автоматических системах исследовано

недостаточно полно. Онтология – это описание некоторой предметной области, которая представляется набором смысловых конструкций, соединенных различными связями. Она разрабатывается для совместного доступа к общей информации, возможности повторного использования знаний, отделения знаний в предметной области от оперативных знаний.

Компоненты онтологии зависят от способа представления [2]. Все ее модели в той или иной степени включают: классы (понятия), свойства (слоты), отношения между классами (связи) и дополнительные ограничения (аксиомы). Формально онтологию можно представить в виде множества <S, P, M, N, O, G>, где S – подмножество классов, описывающих понятия некоторой предметной области; P – подмножество атрибутов, описывающих свойства понятий; M – подмножество типов значений атрибутов; N – подмножество доменов; O – подмножество отношений, заданных на классах; G – подмножество ограничений на значения атрибутов.

В онтологическом инжиниринге существуют основные направления, которые помогут принять правильные проектные решения [3]:

1) понятия предметной области в онтологии должны быть близки к физическим или логическим объектам и отношениям;

2) процесс разработки онтологии может быть итеративным;

3) онтология разрабатывается, затем проверяется и уточняется с целью определить, будет ли она наглядной, расширяемой и простой в обслуживании.

В настоящее время на кафедре Автоматики и промышленной электроники Российского государственного университета им. А. Н. Косыгина проводятся работы по созданию экспертной системы, предназначенной для проектирования автоматической тепловой защиты спецодежды для работы в экстремальных условиях. Первым этапом является разработка онтологии автоматического регулирования температуры в спецодеждах водолазов, в программной среде Protégé. Система базируется на следующих классификационных признаках: виды теплозащитных и теплоизолирующих одежд; типы обогреваемых одежд; состав систем обогрева; теплозащитные средства [4].

В общем случае разработка онтологии включает: определение классов; расположение классов в иерархическую структуру (класс – подкласс); определение свойств классов и описание их допустимых значений; формирование экземпляров классов; заполнение значений свойств экземпляров.

Одним из основных понятий при разработке онтологии является таксономия классов, которая представляет собой дерево описываемых терминов, имеющих иерархическую структуру (рисунок 1). Каждый класс имеет несколько подклассов. Например, класс «Типы обогреваемых одежд» содержит: подклассы «Водообогреваемые», «Газообогреваемые», «Электрообогреваемые» и «Обогреваемые химическими грелками», а класс «Виды теплозащитных и теплоизолирующих одежд» – «Гидрокомбинезоны» и «Гидрокостюмы» [5]. Подклассами класса «Состав систем обогрева» являются такие устройства, как «Нагреватель», «Насос», «Орган управления», «Регулятор температуры», «Теплообменник» и др.

Классы в онтологии описываются свойствами. Например, класс «Виды теплозащитных и теплоизолирующих одежд» характеризуется производителем, описанием, составом, материалом, массой, применением, расположением нагревательных элементов, наличием фартука для закрытия. Класс «Типы обогреваемых одежд» имеет такие характеристики как тип костюма, глубина погружения, состав устройства для обогрева, способ подвода тепла, температура окружающей среды, температура теплоносителя [6]. На некоторые свойства имеет смысл назначить ограничения. Например, свойство «Тип костюма» имеет только два значения: «Сухой» или «Мокрый» и характеризуется типом String. Слот «Наличие фартука для закрытия» может иметь значение: «True» или «False» и характеризуется типом Boolean [7].

На рисунке 2 изображено автоматическое построение и отображение графа онтологии и взаимосвязей между классами.

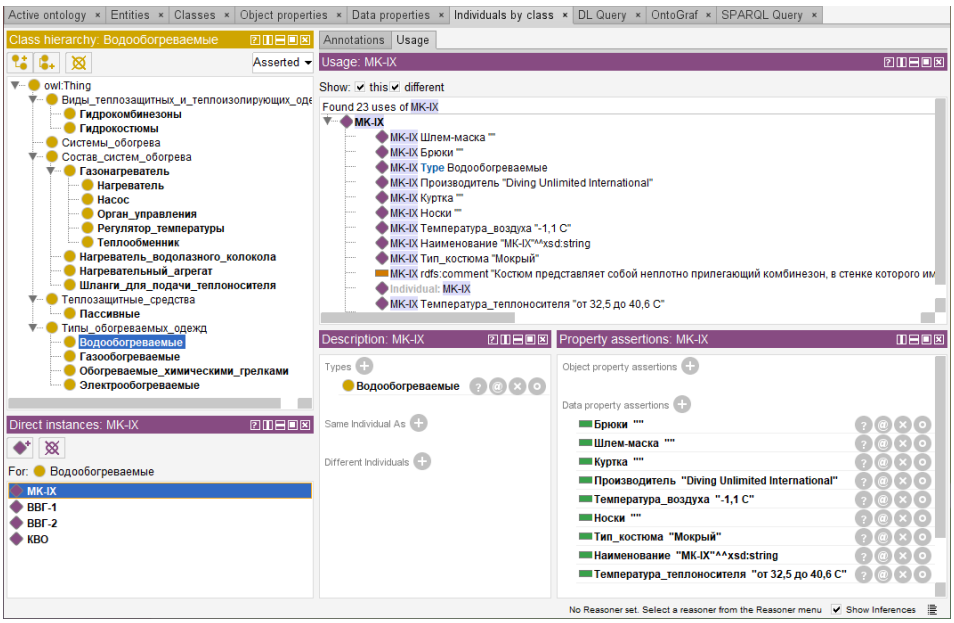


Рисунок 1 – Иерархия классов онтологии и свойства, характеризующие водообогреваемые одежды

После заполнения онтологии экземплярами для каждого класса можно перейти к заключительному этапу – формированию простых или объединенных по нескольким критериям запросов, которые можно создавать одним из трех следующих способов. Во-первых, можно указать класс, выбрать один из слотов, прикрепленных к классу, а потом указать критерий, основанный на типе слота. После запуска запроса будут найдены все экземпляры, которые удовлетворяют заданному критерию. Во-вторых, можно создать запрос, основанный исключительно на слоте, не выбирая класс. После запуска запроса будут найдены все экземпляры, которые удовлетворяют заданному критерию. В-третьих, можно создать запрос, основанный исключительно на классе, не выбирая слот или критерий. После запуска запроса будут найдены все экземпляры выбранного класса и все экземпляры его подклассов.

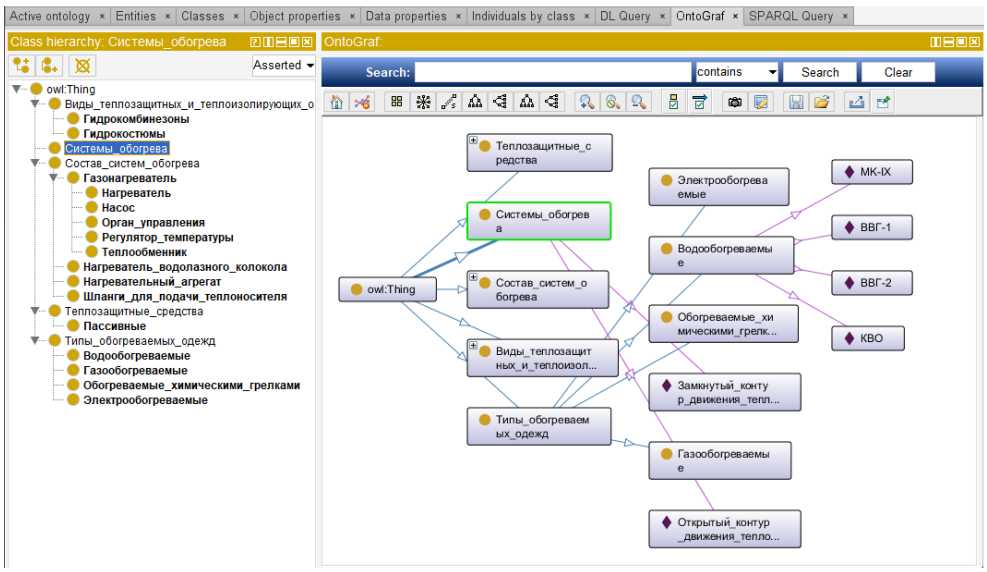


Рисунок 2 – Вариант графического отображения онтологии

В зависимости от условий поиска данная онтология может выводить интересующую информацию о видах, типах и характеристиках теплозащитных и теплоизолирующих одежд водолазов при помощи выполнения запроса (рисунок 3).

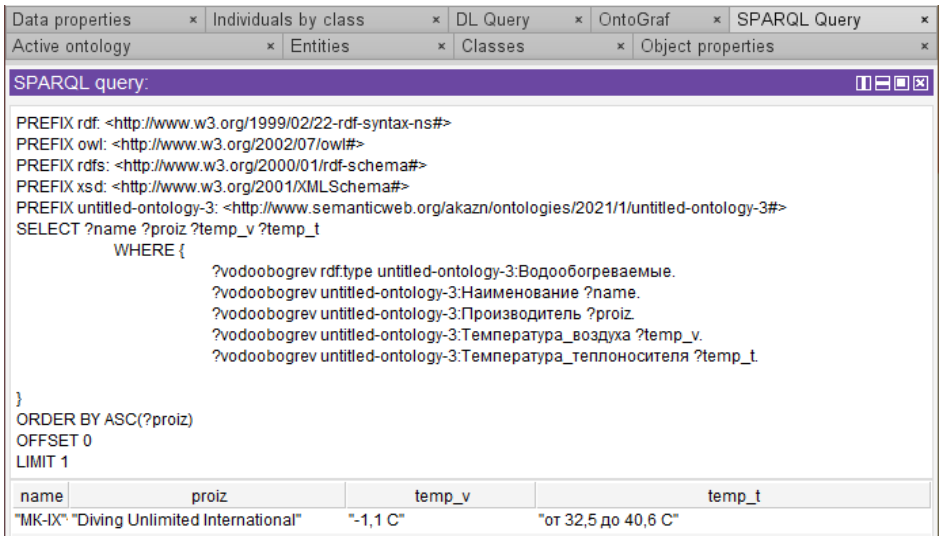


Рисунок 3 – Выполнение запроса.

Выводы

В результате выполненной работы была не только создана онтология для использования в задачах проектирования автоматической тепловой защиты спецодежды для работы в экстремальных условиях, но и получено системное представление, целостный взгляд на предметную область; хорошо представленный в единой форме и гораздо лучше воспринимаемый и воспроизводимый материал; восстановлены недостающие логические связи предметной области во всей их полноте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кочеткова О. В., Казначеева А.А. Представление модели знаний в автоматизированных системах проектирования / Новые направления в решении проблем АПК на основе современных ресурсосберегающих, инновационных технологий. Материалы международной научно-практической конференции, г. Волгоград Т.4. – Волгоград, 2010. – С. 236-239.

2. Noy N., McGuinness D. L. Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology. // Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05 and Stanford Medical Informatics Technical Report SMI-2001-0880, March 2001. //URL:http://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101.ht ml

3. Гаврилова Т.А., Лещева И.А., Лещев Д.В., 2000. Использование онтологий в качестве дидактического средства // Ж. «Искусственный интеллект» №3. – С.34-39.

4. Ефремов В.В. Автоматическое регулирование температуры в спецодеждах водолазов. Монография. – Москва: Изд-во МГУТД, 2013.

5. Власенко О.М., Ефремов В.В. Экспериментальное исследование водонагревателя дыхательной смеси в спецодежде глубоководных водолазов. // Научный журнал МГУДТ «Дизайн и технологии». №11 (53). -М.: ИИЦ МГУДТ, 2009. С.109-113.

6. Власенко О.М., Казначеева А.А. Методика организации систем автоматизированного измерения с использованием функциональных возможностей SCADA GENESIS64. // Современные инженерные проблемы в производстве товаров народного потребления: сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума, Международного Косыгинского форума. 2019. С. 13-20.

7. Власенко О.М. Разработка автоматической системы регулирования температуры дыхательной смеси для обогреваемой спецодежды глубоководных водолазов. // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук -М.: МГУДТ, 2009, - 24 с.

УДК 001.83 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-99-101

СОТРУДНИЧЕСТВО РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК И ПАО «РОСНЕФТЬ» НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ
COOPERATION OF RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES AND ROSNEFT ON THE EXAMPLE OF PROJECTING AND DEVELOPMENT OF DIGITAL INTELLECTUAL ENTERPRISES

Раткин Леонид Сергеевич
Leonid S. Rathkeen

Совет ветеранов Российской академии наук, Россия, Москва
Veteran's Council of Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow
(e-mail: Rathkeen@bk.ru)

Аннотация: Рассматривается сотрудничество Российской академии наук и ПАО «Роснефть» на примере проектирования и развития цифровых интеллектуальных предприятий. Особое внимание уделяется внедрению отраслевых инновационных технологий и кооперации с ведущими научными и производственными предприятиями и организациями.

Abstract: The cooperation of Russian Academy of Sciences and ROSNEFT on the example of projecting and development of digital intellectual enterprises are discussed in the article. Much attention is paid for implementation of the brunch innovative technologies and cooperation with the leading scientific and industrial enterprises and organizations.

Ключевые слова: Российская академия наук, ПАО «Роснефть», проектирование, цифровые интеллектуальные предприятия, инновационные технологии, кооперация.

Keywords: Russian Academy of Sciences, ROSNEFT, projecting, digital intellectual enterprises, innovative technologies, cooperation.

Современные концепция развития цифрового интеллектуального предприятия [1-2], реализуемая в ПАО «Роснефть» при участии Российской академии наук (РАН), в частности, включает дооснащение АСУТП для сбора, обработки и передачи данных системами дистанционного мониторинга и управления оборудованием в автоматическом режиме. Интегрированная модель газового промысла предусматривает комплекс цифровых двойников с моделированием процессов, многовариантными расчетами для поиска оптимального решения в соответствии с заданными критериями оптимизации. Глобальная цифровизация предполагает внедрение в промышленное производство комплекса Систем автоматизированного управления промыслами, Систем автоматического регулирования скважин с дальнейшей интеллектуализацией газовых и газоконденсатных промыслов. Данные о промыслах постоянно обновляются в интегрированной модели и ее цифровых двойниках с различными режимами эксплуатации, датчиками обеспечивается мониторинг процессов от забоя до товарных узлов с контролем расхода и состава флюидов. Инвестиции позволили разработать ПАО специализированное ПО для учета и контроля обработки данных, оптимизации технологических процессов и прогнозирования. Разработанная при участии российских ученых Система удаленного контроля технологического состояния и режима эксплуатации скважин позволяет автоматизировать управление технологическими процессами участков промысла с перспективой дистанционного управления технологическими процессами всего промысла. Например, перманентные забойные системы подключаются через кабельный ввод в фонтанной арматуре: в ПАО 75% скважин уже оборудованы перманентными забойными датчиками температуры и давления. Более 80% скважин в АО оборудованы блоком регулировки скважины с электроприводом: изменение режима работы скважин обеспечивается на сменой штуцера «вручную», а из операторной – удаленно. Без стационарных забойных систем (СЗС) график проведения корректировался при

исследовании подрядчиками с выездом на место и проведением точечных замеров. Глобальная цифровизация со СЗС обеспечивает замеры на каждой скважине в режиме «24х7», что позволяет вести дистанционный мониторинг динамики изменений параметров работы участка.

В ПАО большинство кустовых площадок оборудовано стационарными многофазными расходомерами (СМР), позволяющим получать точную информацию о продуктивности скважины и составе флюида. Результаты расходометрии корректируют технологические процессы по всей цепочке – от учета запасов до подсчета мультипликативного экономического эффекта. Благодаря программе капиталовложений ПАО и привлечению инвестиций в 2022 году [3-4] будет завершена разработка СМР.

Глобальная цифровизация в ПАО позволила сформировать полную интегрированную модель для контроля и управлением системой промысловых работ с характеристикой потока по стволу скважины, построением профиля добычи, анализом компонентного состава с прогнозом пластовых давлений. Установки подготовки обеспечивают необходимые технологические режимы с контролем качества товарной продукции, сеть сбора данных подбирает оптимальные режимы эксплуатации с расчетом устьевых параметров и контролем устьевых параметров. Капиталовложения ПАО и частные инвестиции позволяют, в частности, разрабатывать ПО для анализа и обработки данных реального времени, оптимизации технологических процессов, краткосрочного и среднесрочного (а в перспективе – и долгосрочного) прогнозирования на основе интегрированного моделирования: в 2020 году – базового функционала, в 2021 году – расширения до платформы МАРС по управлению моделями, их запуском и регулярным обновлением.

Инвестиции в глобальную цифровизацию [5-6] ПАО позволили, в т.ч., оптимизировать исследования по полному контролю динамики расходов и изменению давления и температуры. Полнота и качество данных обеспечат построение интегрированных моделей для оптимизации инфраструктуры месторождений, повышения качества их проектирования и перспективного планирования разработки. Сформированная база знаний для принятия решений скорректирует работу цифровых двойников, повысит качество автоматического управления технологическим процессами с минимизацией работы оператора (т.н. «человеческого фактора») и повысит уровень автоматизации месторождений с оптимизацией расходов в режиме реального времени. Реализованные в ПАО инвестиционные проекты по оснащению месторождений стационарными системами и интегрированными моделями обеспечивает бесперебойную работу промыслового оборудования с высокой точностью и скоростью выполняемых расчетов. Инвестирование в отечественные технологии многофазной расходометрии, разработанные с участием российских ученых, в т.ч., сотрудников ряда академических институтов, позволили повысить эффективность функционирования оптимизационных алгоритмов и снизить себестоимость технологий, обеспечив ее широкое применение, востребованность на рынке высокотехнологичной наукоемкой продукции и тиражируемость программно-технических решений на ее основе. Капиталовложения в разработку ПО обеспечат разработку принципов и методов построения Систем автоматизированного управления промыслами, что является следующим шагом на пути к глобальной цифровизации разработки месторождений нефти и газа [7-8].

В завершение отметим, что ПАО «Роснефть» оснастила большинство промысловых объектов системами измерений и управления. Создание в ПАО собственного ПО и СМР позволит реализовать серию масштабных инвестиционных проектов по обеспечению глобальной цифровизации одной из ведущих нефтяных компаний России. Отечественные ученые РАН имеют уникальный опыт освоения нефтегазовых месторождений на Арктическом шельфе России. Например, в инвестиционном проекте по проектированию, созданию и запуску в промышленную эксплуатацию Морской ледостойкой платформы (МЛСП) «Приразломная» активное участие принимали ученые РАН! Академик-секретарь Отделения информатики, вычислительных технологий и автоматизации (ОИВТА) РАН (в 2002 – 2007 годах ОИВТА было переименовано в Отделение информационных технологий и

вычислительных систем – ОНИТ) академик РАН Е.П.Велихов совместно с директором ООО «ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ», членом-корреспондентом РАН А.И.Гриценко и рядом других разработчиков в тесном сотрудничестве с предприятиями ОПК РФ и институтами РАН и легендарным Курчатовским институтом [9-10] реализовали первый крупнейший российский проект по строительству МЛСП [11] для добычи нефти на арктическом шельфе!

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Степанова Д.И., Николаева Т.Е., Иволгина Н.В. Особенности организации и направления развития криптовалютных платежных систем. // Финансы и кредит. 2016. № 10 (682). С. 33-43.

2. Степанова Д.И. Влияние криптовалют на публичную финансовую деятельность. В сборнике: Публичные финансы в XXI веке Сборник научных статей. Под редакцией А.Д. Селюкова и В.А. Слепова. 2017. С. 195-199.

3. Степанова Д.И., Казьмина М.В., Гусева Е.В. Главные конкуренты Биткоина и их перспективы. В сборнике: «Траектории развития». Материалы Первой международной научной конференции. 2018. С. 26-32.

4. Степанова Д.И. Способы предпринимательства на основе использования криптовалют. Научный руководитель. 2018. Т. 1(25)2018. № 1 (25). С. 99-108.

5. Stepanova D.I. Factors of development and use of crypto currency. Мировая экономика: проблемы безопасности. 2018. № 1. С. 82-85.

6. Назаров К.Д., Степанова Д.И. Развитие современного международного рынка криптовалют. В сборнике: Публичные и частные финансы в условиях цифровой экономики. Материалы Международной научно-практической интернет-конференции. 2018. С. 139-144.

7. Степанова Д.И. Некоторые аспекты создания идеальной криптовалюты. В сборнике: Инновации: перспективы, проблемы, достижения Материалы Шестой международной научно-практической конференции. 2018. С. 83-87.

8. Степанова Д.И. Экономически эффективные решения на базе предпринимательского использования криптовалют. В сборнике: Инновации: перспективы, проблемы, достижения Материалы Шестой международной научно-практической конференции. 2018. С. 169-178.

9. Раткин Л.С. К 75-летию НИЦ «Курчатовский институт»: суперкомпьютерные технологии для цифровой экономики и индустрии // Электроника: Наука, технология, бизнес. 2018. № 1 (172). С.156-160.

10. Раткин Л.С. Стратегия развития мировой аэрокосмической индустрии в контексте применения промышленных цифровых платформ // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2019. № 11. С. 42-44.

11. Раткин Л.С. Интеллектуальная собственность в сфере нанотехнологий и наноматериалов и усиление конкуренции на мировых рынках: «подводные камни» зарубежного патентования // В книге: VIII ежегодная конференция Нанотехнологического общества России. Сборник тезисов. Научное издание. Ответственный редактор Д.С.Андреюк. 2017. С.227-228.

УДК 53.043 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-102-105

ТЕРМОПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ В ПРИРОДНОЙ ДРЕВЕСИНЕ И ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЛЕСНЫХ МАССИВОВ
THERMOPOLARIZATION EFFECTS IN NATURAL WOOD AND FIRE SAFETY OF FOREST MASSIVES

Камалова Нина Сергеевна, Евсикова Наталья Юрьевна, Крутских Юлия Владимировна
Nina S. Kamalova, Natalia Yu. Evsikova,Yulia V. Krutskikh

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, Россия, Воронеж
Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G. F. Morozov, Russia, Voronezh
(e-mail: rcamel@yandex.ru)

Аннотация: Рассмотрены некоторые особенности термополяризационных явлений в стволах древесных растений при флуктуации температуры окружающей среды, приведены результаты экспериментального исследования разности потенциалов, возникающей вдоль ствола и его радиуса, формирующаяся при перепаде температуры окружающей среды, предложен способ анализа полученных результатов.

Abstract: Some features of thermal polarization phenomena in the trunks of woody plants with fluctuations in the ambient temperature are considered, the results of an experimental study of the potential difference arising along the trunk and its radius formed with a difference in ambient temperature are presented, a method for analyzing the results is proposed.

Ключевые слова: флуктуации температуры, термостимулированная поляризация, термополяризация полимерных композитов, жизненное состояние древесных растений, пожароопасность.

Keywords: temperature fluctuations, thermally stimulated polarization, thermopolarization of polymer composites, the vital state of woody plants, fire hazard.

Проблема мониторинга состояния лесных массивов в виду учащения природных катастроф (пожаров, затоплений, техногенных катастроф) приобретает глобальный и как никогда актуальный характер. Современные глобальные системы прогноза состояния лесных массивов анализируют динамику или степень высыхания по параметрам состояния окружающей среды [1-3]. Поскольку именно в нашей стране на больших площадях расположены древесные массивы, критическое состояние которых может существенно повлиять на эффективность экономики страны, то задача прогнозирования состояния деревьев становится одной из самых насущных. Методы текущего контроля за состоянием древостоев могли бы позволить разработать комплекс мер по своевременному реагированию на возможность возникновения критической ситуации. Поэтому создание цифрового устройства для контроля этого состояния может существенно модернизировать системы прогноза чрезвычайных ситуаций в этой насущной особенно для нашей страны области природопользования.

Известно, что состояние дерева характеризуется вербальными оценками, которые определяются по вегетативным признакам и могут основываться на химическом анализе состава окружающей среды, в лучшем случае. Развитию серьезного моделирования существенно мешает отсутствие средств измерений состояния древесных растений с контролируемой точностью.

В 80-ых годах прошлого века были попытки измерять влажность кернов с помощью СВЧ излучения, но особых результатов они не дали. Развитие цифровых технологий заставляет по-новому взглянуть на эту проблему. Цифровые приборы обладают высокой

помехозащищенностью и совместимостью с компьютерами, а также могут передавать информацию на большие расстояния. Проблема создания такого прибора связана с необходимостью определить, какую физическую (измеряемую с контролируемой точностью) характеристику состояния древесного растения следует измерять, как сопоставить ее величину с флуктуациями температуры и влажности окружающей среды, и какую конструкцию автоматизированного устройства выбрать.

Цель работы — предложить фундаментальный подход к исследованию состояния древесных растений на основе измерения разности потенциалов, которая формируется в стволах в процессе термополяризации при флуктуации температуры окружающей среды.

Результаты мониторинга разности потенциалов в лесничестве выявили, что флуктуации температуры окружающей среды стимулируют формирование разности потенциалов в радиальном направлении ствола [4-6]. Типичная динамика разности потенциалов вдоль радиуса ствола носит релаксационный характер, поскольку определяется откликом ксилемы на флуктуации температуры окружающей среды (см. рис. 1).

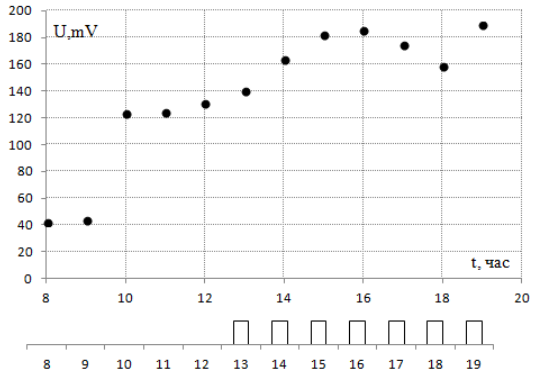


Рисунок 1 – Изменение величины разности потенциалов вдоль радиуса ствола с течением времени

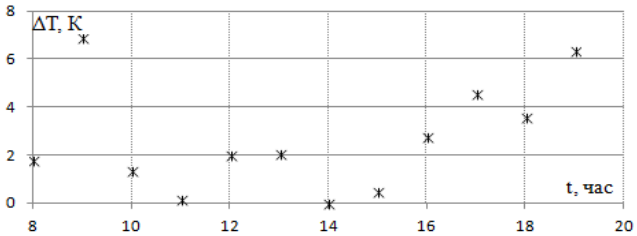


Рисунок 2 – Изменение температуры окружающей среды в течение времени наблюдения

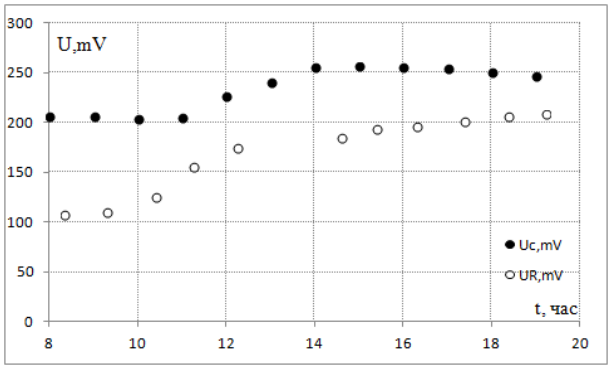


Рисунок 3 – Типичное изменение величины разности потенциалов вдоль ствола U_R и вдоль радиуса ствола U_c при изменении температуры окружающей среды

Поскольку в порах ксилемы стволов происходит движение ионов солей в водном растворе, то логично предположить, что существует и разность потенциалов вдоль ствола (U_c). Для проверки этого утверждения были проведены измерения разности потенциалов вдоль ствола у тех же особей. Для измерения применялись стальные электроды, которые были углублены в ствол на половину радиуса на высотах 1,3 м и 3,5 м от поверхности земли (см. рис. 3). Данные мониторинга показали, что величина разности потенциалов после 13-ти часов превышает среднее значение за время наблюдения (см. рис. 3). Следовательно, нарастание температуры окружающей среды стимулируют формирование детерминированного входного сигнала, который в стволе дерева трансформируется в U_R.

Физика механизма возникновения разности потенциалов вдоль ствола связана с тем неоспоримым фактом, что процессы, формирующие разность потенциалов в ксилеме стволов древесных растений, приводят к перераспределению зарядов за счет неупругих столкновений ионов солей с молекулами воды. Подобный механизм подробно описывался в [7-8] для моделирования молекулярных процессов под влиянием электрического поля, вызванного перепадом температуры окружающей среды. В случае токов транспирации модель может быть применима с той поправкой, что при неупругом ударе за счет межмолекулярного взаимодействия ионы солей будут увлекаться молекулами воды. Необходимо понимать, что в обоих процессах распределение зарядов формирует разность потенциалов, которая прямо пропорциональна величине «разделенного» заряда dQ в системе:

$$U = \frac{dQ}{C}, \tag{1}$$

где C – величина, зависящая от особенностей процессов распределения заряда, физическая емкость. Поскольку при распределении ионов солей можно полагать, что $dQ = Q_iN$, где Q_i – заряд иона, N – число ионов, участвующих в неоднородном распределении вдоль ствола, то

$$U = \frac{Q_i N}{C}. \tag{2}$$

В зависимости от влияния внешних факторов скорость изменения доли ионов солей (dN/N) в какой-либо части ствола не является постоянной величиной η, а уменьшается с ростом N, поскольку любая система стремится к равновесному состоянию. Поэтому для процессов перераспределения зарядов в ксилеме ствола справедливо соотношение:

$$\frac{dN}{Ndt} = \eta - \mu N, \tag{3}$$

где μ характеризует процесс стабилизации. Если учесть, что в начальный момент времени в ксилеме всегда присутствуют ионы, то есть $N = N_0$ при $t = 0$, то уравнение (3) имеет аналитическое решение

$$N = \frac{N_0 e^{\eta t}}{\eta + \mu N_0 (e^{\eta t} - 1)}. \tag{4}$$

Из (4) с учетом (2) для измеряемой разности потенциалов получается соотношение

$$U = \frac{U_0 e^{\eta t}}{(\eta + \mu N_0 (e^{\eta t} - 1))}. \tag{5}$$

Таким образом, результаты интерпретации данных наблюдения разности потенциалов позволяют утверждать, что под влиянием флуктуации температуры окружающей среды в следствие термополяризации древесины как биокомпозита и перераспределения зарядов в порах в ксилеме стволов формируется устойчивая разность потенциалов, величина которой существенно зависит от термического расширения составляющих древесины, ее влажности и микроструктуры.

Выводы

В заключение хотелось бы отметить, что отклик древесины ствола деревьев на флуктуации температуры окружающей среды можно контролировать с помощью цифрового устройства по детерминированному сигналу, формируемому вдоль ствола или его радиуса. Так как уровень сигнала зависит от влажности древесины, то и уровень влажности ствола будет определяться автоматически через относительное изменение разности потенциалов U_R или U_c. Этот метод можно применить при мониторинге содержания влаги непосредственно в стволах деревьев, что значительно повысит точность прогнозирования катастрофических ситуаций в лесных массивах. Кроме того, сигнал можно передавать на значительные расстояния без специальных станций, поэтому использование рассмотренного явления может значительно сократить затраты на оснащение систем контроля катастрофических ситуаций в лесных насаждениях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Perminov, V. Mathematical Modeling of Crown Forest Fire Spread / V. Perminov // Open Journal of Forestry. – 2012. – V. 2. – №1. – P. 17-22.

2. Morvan, D. Modeling of fire spread through a forest fuel bed using a multiphase formulation / D. Morvan, J. L. Dupuy // Combustion and Flame. – 2001. – V. 27. – №1-2. – P. 1981-1994.

3. Martell, D. L. A Markov Chain Model of Day to Day Changes in the Canadian Forest Fire Weather Index / D. L. Martell // International Journal of Wildland Fire. – 1999. – V. 9. – №4. – P. 265-273.

4. Сканирование электрического поля в стволах древесных растений как метод выявления жизненного состояния / Н. Ю. Евсикова, Н. Н. Матвеев, О. М. Корчагин, Н. С. Камалова, В. Ю. Заплетин // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2008. – № 6. – С. 43-49.

5. The wood in the inhomogeneous temperature field: estimation of cellulose structure parameter fluctuations / N. N. Matveev, H. T. Nguyen, N. S. Kamalova, N. Yu. Evsikova, A. S. Chernykh // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Физико-математические науки. – 2018. – Т. 11. – № 3. – С. 9-16.

6. Kamalova, N. S. Innovative approach to the assessment of moisture content of forest areas within the framework of the fundamental multi-layered concept / N. S. Kamalova, N. Yu. Evsikova, V. V. Saushkin // IOP Conference Series : Earth and Environmental Science. – 2019. – Vol. 392. – 012043.

7. Евсикова, Н. Ю. Цифровые методы анализа состояния лесных массивов / Н. Ю. Евсикова, Н. С. Камалова, Н. А. Саврасова // Энергоресурсоэффективные экологически безопасные технологии и оборудование : сборник научных трудов международного научно-технического симпозиума «Вторые международные Косыгинские чтения», приуроченные к 100-летию РГУ имени А. Н. Косыгина, 29 октября-1 ноября 2019 г. / Российский государственный университет имени А. Н. Косыгина. - Москва : РГУ им. А. Н. Косыгина, 2019. – Т. 2. – С. 220-224.

8. Оценка избыточного давления растворов на мембраны в порах гетерогенных структур природного происхождения / Н. С. Камалова, Н. Ю. Евсикова, В. В. Постников, Н. Н. Матвеев, Н. А. Саврасова // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. – 2016. – Т. 16. – № 2. – С. 144-146.

УДК 621.928.92 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-106-109

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВНУТРЕННЕЙ АЭРОДИНАМИКИ МНОГОСТУПЕНЧАТЫХ ИНЕРЦИОННЫХ И ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩИХ АППАРАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВОБОДНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

NUMERICAL SIMULATION OF THE INTERNAL AERODYNAMICS OF MULTISTAGE INERTIAL AND CENTRIFUGAL DUST COLLECTING DEVICES USING FREE SOFTWARE

Полиефтова Анна Павловна, Отрубянников Егор Владимирович, Костров Александр Александрович, Седляров Олег Иванович
Anna P. Polieftova, Egor V. Otrubyannikov, Aleksandr A. Kostrov, Oleg I. Sedlyarov

Российский Государственный Университет им. А.Н.Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство) Россия, Москва
Kosygin Russian State University, Russia, Moscow
(e-mail: sedlyarov-oi@rguk.ru)

Аннотация: Проведено моделирование внутренней аэродинамики многоступенчатых инерционных и центробежных пылеуловителей. На примере двухступенчатого аппарата, состоящего из инерционного пылеуловителя на первой ступени и центробежного на второй проведен полный цикл моделирования с использование свободного программного обеспечения.

Abstract: The modeling of the internal aerodynamics of multistage inertial and centrifugal dust collectors is carried out. On the example of a two-stage apparatus consisting of an inertial dust collector at the first stage and a centrifugal one at the second, a full simulation cycle was carried out using free software.

Ключевые слова: многоступенчатые системы пылеулавливания, внутренняя аэродинамика, инерционные и центробежные пылеуловители, свободное программное обеспечение

Keywords: multi-stage dust collection systems, internal aerodynamics, inertial and centrifugal dust collectors, free software.

В настоящее время для моделирования процессов пылеулавливания широко используется современное программное обеспечение, предназначенное для решения задач вычислительной гидродинамики (computational fluid dynamics, CFD). Значительное число исследований выполнено с использованием современных коммерческих программных продуктов, характерной особенностью которых является высокая стоимость базового программного обеспечения и, как правило, необходимость дополнительных затрат для расчетов на многопроцессорных системах. Большинство исследований ограничивается рассмотрением конкретного аппарата или одной ступени многоступенчатого устройства.

Целью настоящей статьи является представление результатов моделирования внутренней аэродинамики многоступенчатых инерционных и центробежных пылеулавливающих аппаратов с использованием свободного программного обеспечения.

В работе [1] проведено моделирование внутренней аэродинамики инерционных пылеуловителей для установок послойного синтеза методом селективного лазерного плавления.

Как показали натурные эксперименты, на некоторых режимах работы установок селективного лазерного плавления, запыленность, входящего в пылеулавливающий аппарат пылевоздушного потока, может быль слишком высокой для обеспечения его эффективной работы. В качестве модернизации системы пылеулавливания было принято решение о

проектировании системы предварительной очистки, то есть об использовании в качестве первой ступени очистки аппарата инерционного пылеулавливания.

На примере двухступенчатой системы пылеулавливания, состоящей из инерционного пылеуловителя на первой ступени и центробежного – на второй, покажем цикл моделирования внутренней аэродинамики системы, состоящей из двух аппаратов.

На основе конструкторской документации были созданы 3D модели каждого из аппаратов и конструкции, соединяющей выход аппарата первой ступени с входом аппарата второй ступени. После чего все три модели были объединены в одну модель. На рисунке 1 представлена 3D модель двухступенчатого пылеулавливающего аппарата.

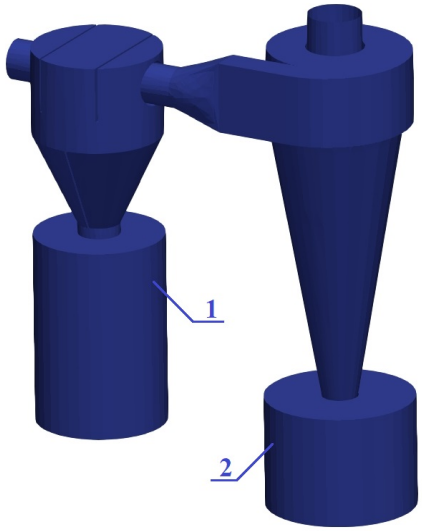


Рисунок 1 – 3D модель двухступенчатого пылеулавливающего аппарата:
1 – первая ступень; 2 – вторая ступень

Расчетная сетка (Mesh) была создана единой для объединенной модели (рисунок 2). Расчет и построение сетки возможно как в CAD программе, так и в специальных программах, генерирующих сетки.

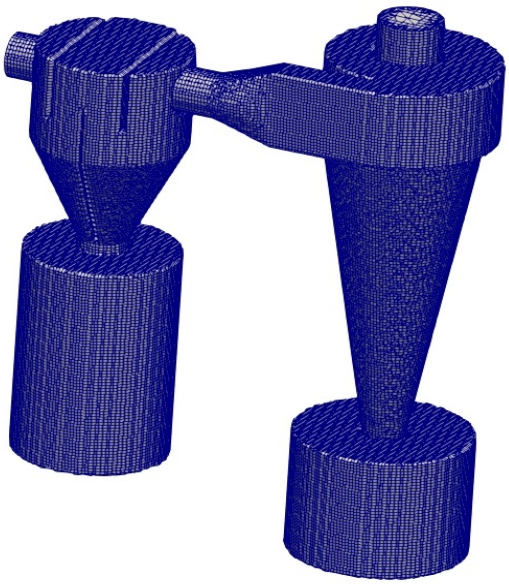


Рисунок 2 – Расчетная сетка

Для изучении внутренней аэродинамики двухступенчатого пылеуловителя решалась система нестационарных дифференциальных уравнений, включающая в себя уравнение состояния, уравнения сохранения массы и количества движения (импульса), уравнения переноса, определяемые соответствующими физическими моделями (например, моделями турбулентности и другими) с соответствующими начальными и граничными условиями, позволяющими однозначно определить условия задачи.

В настоящее время для численного решения систем дифференциальных уравнений в частных производных широко применяются три основных метода: метод конечных разностей, метод конечных (контрольных) объемов и метод конечных элементов. Первый из них метод конечных разностей (Finite Difference Method – FDM), основанный на замене производных конечными разностями. Второй метод – метод конечных или контрольных объемов (Finite Volume Method – FVM) состоит в разбиении исследуемой области расчетной сеткой на совокупность замкнутых объемов. Для каждого из таких объемов должны выполняться вышеперечисленные законы сохранения. Все изменения в контрольном объеме происходят только за счет потоков через поверхности, ограничивающие данный контрольный объем или за счет их генерации внутри этого объема. Решение уравнений переноса ищется в узлах, которые расположены, как правило, в центрах контрольных объемов. Третий метод – метод конечных элементов (Finite Element Method – FEM) состоит в разбиении расчетной области на конечное число подобластей (конечных элементов) и заданием аппроксимирующей функции внутри каждого элемента. Коэффициенты аппроксимирующих функций выражаются через значение функций в узлах элементов. Таким образом, получается система алгебраических уравнений, в которой число неизвестных равно количеству уравнений [2].

Для решения поставленной задачи был использован программный пакет OpenFOAM [3], представляющий собой свободно распространяемый инструментарий, предназначенный для решения задач вычислительной гидродинамики.

В заключении исследований был проведен анализ результатов расчетов. Современное программное обеспечение позволяет не только оценить численные результаты расчетов, но провести их обработку и визуализацию.

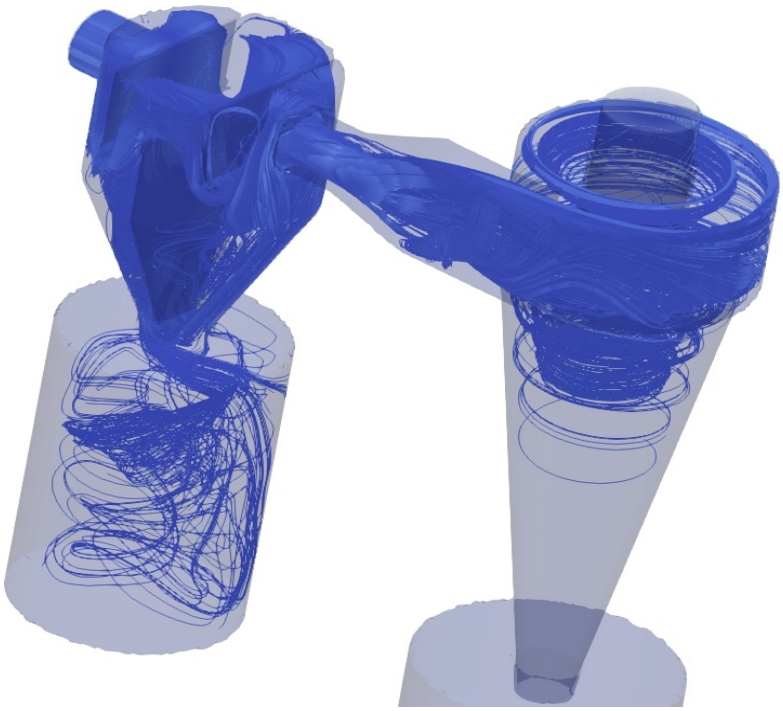


Рисунок 3 – Трехмерная визуализация поля течения внутри аппарата (линии тока)

Как показал проведенный анализ, на характер течения во второй ступени пылеуловителя значительное влияние оказывает характер соединения ступеней, определяющий профили скорости на входе во вторую ступень. Характер распределения скоростей на входе во вторую ступень формируется исходя из характера движения воздуха в аппарате первой ступени и существенно отличается от начальных условий, которые задаются, если моделирование проводится отдельно для каждой ступени.

Представленный в данном исследовании подход к исследованию внутренней аэродинамики многоступенчатых инерционных и центробежных пылеулавливающих аппаратов с использованием свободного программного обеспечения позволяет на стадии проектирования изучить процессы, происходящие внутри аппаратов, а также наметить возможные пути оптимизации и оценить эффективность каждого из них.

Задачами дальнейших исследований будет являться моделирование процесса пылеулавливания и определения общей и фракционной эффективности многоступенчатых аппаратов, а также оптимальной производительности в зависимости от концентрации и состава пыли в очищаемом воздухе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бородина Е.С., Моргун О.С., Полиефтова А.П., Седляров О.И. и др. Моделирование внутренней аэродинамики инерционных пылеуловителей для установок послойного синтеза методом селективного лазерного плавления/ Энергоресурсоэффективне экологически безопасные технологии и оборудование. Сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума «Вторые международные Косыгинские чтения, приуроченные к 100-летию РГУ имени А. Н. Косыгина» на Международном Косыгинском Форуме-2019 «Современные задачи инженерных наук». 2019, с. 147-151

2. Седляров О.И., Куранова С.В., Моргун О.С. и др. Численное моделирование процессов пылеулавливания в сухих гравитационных и инерционных пылеуловителях с использованием свободного программного обеспечения // Дизайн и технологии. – 2018, №67(109), с. 81-87

3. The OpenFOAM Foundation: OpenFOAM: // [Электронный ресурс]. - URL: https://openfoam.org/

УДК 519.87.5:681.5.017 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-110-113

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПО ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ПЛАСТИКА
DIGITAL TRANSFORMATION OF A PLASTIC RECYCLING PROCESS LINE

Власенко Ольга Михайловна, Сиухин Никита Игоревич, Калачев Никита Михайлович
Olga M. Vlasenko, Nikita I. Siuhin, Nikita M. Kalachev

Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство), Россия, Москва
The Kosygin State University of Russia, Russia, Moscow
(e-mail: vlasenko-om@rguk.ru)

Аннотация: Рассмотрены задачи и этапы цифровой трансформации производства. Приведен пример моделирования технологической линии по вторичной переработке пластика с помощью цифрового двойника в программе Tecnomatix Plant Simulation.

Abstract: The tasks and stages of digital transformation of production are considered. An example of modeling a technological line for plastic recycling using a digital twin in the Tecnomatix Plant Simulation program is given.

Ключевые слова: цифровая трансформация, виртуальная модель, цифровой двойник, оптимизация, вторичная переработка пластика.

Keywords: digital transformation, virtual model, digital twin, optimization, plastic recycling.

Современное промышленное производство широко внедряет цифровые и компьютерные технологии на всех уровнях. В цифровой формат переводятся данные о технологических процессах, состоянии оборудования, получаемые в режиме реального времени с помощью автоматизированных систем мониторинга и управления. На основе цифровой инфраструктуры, автоматизированного документооборота, интеллектуального анализа ключевых показателей эффективности проводится моделирование и осуществляется наиболее рациональная организация любого сложного производства.

Цифровая трансформация повышает экономическую эффективность производства. За счет определения оптимального варианта организации процесса в результате виртуального моделирования увеличивается производительность и значительно сокращаются эксплуатационные затраты. В результате интеллектуального анализа в режиме реального времени состояния технологического оборудования, его технических характеристик, режимов работы, вероятности отказов своевременно формируются управляющие воздействия, повышается качество регулирования, а, следовательно, надежность и эксплуатационная готовность производственных линий, сокращается количество аварий и простоев [1].

Тема вторичной переработки полимерных отходов в нашей стране является достаточно актуальной, как с экономической , так и с экологической точки зрения. Существующие схемы по сбору, утилизации и переработке пластиковых отходов не всегда согласованы по логистике, по загруженности линий сортировки и обработки, недостаточно автоматизированы. Наблюдается тенденция появления небольших предприятий с линиями механической обработки полимерных отходов, как наиболее простых и дешевых. Вместе с тем механический способ позволяет переработать не все виды пластика. Такие методы как гидролиз, гликолиз, метанолиз, пиролиз не находят широкого применения из-за своей сложности [2]. Поиск эффективного решения приводит к необходимости автоматизации всех участков цепи утилизации пластика: от пунктов сборов до получения конечных продуктов переработки и передачи полученного сырья производственным предприятиям. При этом применение в данных автоматизированных системах управления современных технологии IIoT, устройств сбора и обработки больших данных, программных решений, интеллектуальных устройств управления позволит реализовать цифровую трансформацию как отдельных технологических

линий небольших предприятий, так и, объединить их в единую систему утилизации пластиковых отходов на региональном уровне, синхронизировав работу пунктов сбора отходов, транспортных служб, линии сортировки, переработки и поставку конечным потребителям переработанного сырья.

Задача цифровой трансформации заключается в создании цикла оперативного управления в режиме реального времени, который будет точно и эффективно управлять предприятием на основе информации и аналитических данных [3]. При этом должна быть реализована цифровизация автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП) и автоматизированной системы управления производством (АСУП), а также системы информационного обмена данными между ними.

На рисунке 1 приведена схема интеллектуальной системы мониторинга выполнения технологических процессов, подробно рассмотренная в источнике [1]. В данной системе текущие данные, поступающие с технологического оборудования, обрабатываются и анализируются с помощью системы экспертных оценок на основании моделей и методов обработки, заложенных в базу знаний. Первый уровень адаптивной системы формирует минимальный набор факторов, влияющих на выполнимость технологических процессов. На втором уровне, с помощью обученной нейронной сети определяется вероятность отказа выполнения каждой технологической операции на используемом оборудовании. На третьем этапе на основе имитационной модели рассчитывается вероятность выполнения той или иной операции технологического процесса. Входами модели являются последовательность операций технологического процесса, вероятности их выполнения и факт работоспособности оборудования технологической линии. На выходе модели снимается прогнозируемая вероятность выполнения технологического процесса ключевыми показателями эффективности.

Рассмотренная структура интеллектуальной системы может быт использована для реализации цифрового виртуального двойника производственной линии. Одним из удобных инструментов для разработки отдельных этапов цифровой трансформации является программное обеспечение Tecnomatix Plant Simulation производства компании Siemens.

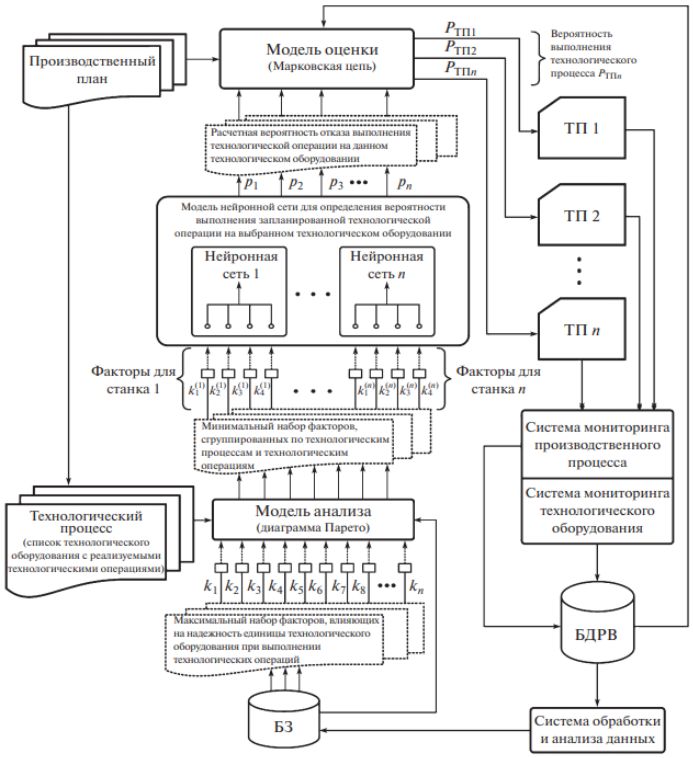


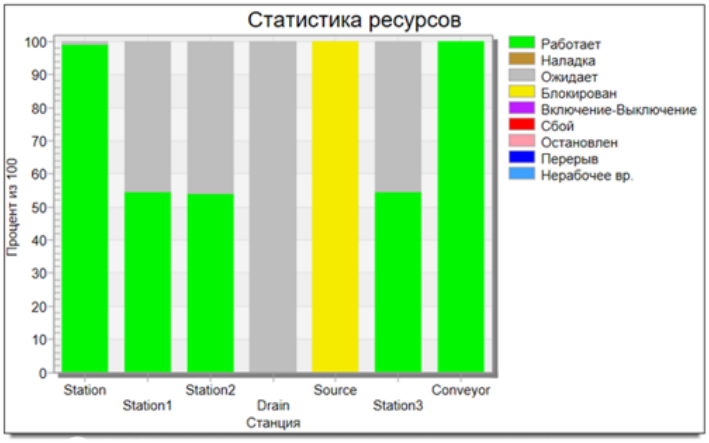
Рисунок 1 – Структурная схема интеллектуальной системы мониторинга технологического процесса

Данное программное обеспечение позволяет провести виртуальное моделирование технологической линии с учетом технических характеристик оборудования, стоимости и расхода обрабатываемого материала, производительности отдельных участков и всей линии в целом, оценить себестоимость получаемого продукта, оптимизировать поток материалов, использование ресурсов, логистику всех уровней производства.

С помощью данной программы было проведено моделирование технологической линии механической переработки пластика. Реальная производственная линия, для которой создавался виртуальный двойник, содержит приёмный стол, сортировочный конвейер, моющую дробилку, экструдер, шнековый дозатор, стренговый гранулятор и упаковочную машину. При моделировании из линии был исключен шнековый дозатор так как его пропускная способность (45 доз/мин по 5 кг) составила 100%. Таким образом, виртуальная линия включает конвейер, моющую дробилку, экструдер, стренговый гранулятор и упаковочную машину.

Цифровое моделирование проводилось следующим образом: был создан проект, в рабочем поле последовательно расставили и настроили оборудование в следующем порядке: сортировочный стол (Source), конвейер (Conveyor), моющая дробилка (Shreder), экструдер (Extruder), стренговый гранулятор (StrengGranulator), упаковочная машина (PackagingMachine). Каждому объекту были заданы технические параметры, соответствующие реальному оборудованию. Например, конвейер был выбран длиной 10 м, со скоростью движения ленты 1 м/с; производительность моющей дробилки 1 килограмм пластика за 9 секунд и т.д..; продолжительность обработки 1 кг пластика на экструдере, стренговом грануляторе и упаковочной машине составила 5 секунд. Далее было настроено взаимодействие оборудования между собой, это реализуется специальными линиями связи – соединителями или «потоками материала». Система настраивалась таким образом, чтобы процесс был полностью автоматизирован и все перемещения производились без участия человека.

После настройки и отладки виртуальной линии было запущено симуляционное моделирование, в результате которого был сформирован HTML отчёт, представленный на рисунке 2.



Объект	Работа	Переналадка	Ожидание	Блокировка	Включение/выключение	Отказал	Остановлен	Пауза	Перерыв	Часть
Conveyor	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Shreder	99.12%	0.00%	0.88%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Extruder	54.65%	0.00%	45.35%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
StrengGranulator	54.56%	0.00%	45.44%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
PackagingMachine	54.16%	0.00%	45.84%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	

Доли состояний

Рисунок 2 – Отчет о работе виртуальной технологической линии

Исходя из отчёта видно, что в случае, когда производительность дробилки ниже производительности остального оборудования, появляется простой последующего оборудования, и производительность всей линия падает на 50%. Следовательно, требуется

повысить производительность моющей дробилки, либо, если это возможно за счет изменения режима ее работы, либо ее потребуется заменить.

Это только один из примеров анализа работы системы, показывающий возможности отработки различных сценариев на цифровом двойнике производственной линии. Подводя итог, отметим, что программное обеспечение Tecnomatix Plant Simulation позволяет сэкономить огромное количество временных, финансовых и трудозатрат на проектирование, разработку и внедрение автоматизированной системы управления технологическим процессом; наиболее оптимально организовать производство, увеличить производительность оборудования и качество продукции.

Выводы

Цифровая трансформация подразумевает создание цифровых моделей логистических и производственных систем для исследования их характеристик с целью оптимизации работы: увеличению производительности, сокращению затрат, повышению безопасности и надежности [4]. Программное обеспечение Tecnomatix Plant Simulation позволяет проектировщикам на цифровой модели проводить эксперименты и сценарии «что, если», не нарушая существующую производственную систему или, при использовании в процессе планирования до установки реальной системы оценить возможные варианты организации производства, и использовать эти данные при настройке автоматизированной системы управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Холопов В.А., Каширская Е.Н., Шмелева А.Г., Курнасов Е.В. Интеллектуальная система мониторинга выполнения машиностроительных технологических процессов // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2019. № 5. С. 98-112.

2. Kholopov V.A., Antonov S.V., Kurnasov E.V., Kashirskaya E.N. Digital twins in manufacturing.// Russian Engineering Research. 2019. Т. 39. № 12. С. 1014-1020.

3. Потапова Е.В. Проблема утилизации пластиковых отходов //Бюллетень Байкальского государственного университета, 2018, №4 (28), С.535-544.

4. Мэтт Ньютон. Стратегическое руководство по цифровой трансформации в промышленном производстве. //Интернет-портал Klinkmann. 2020 г. https://www.wonderware.ru/wonderware-solutions-by-name/articles/industrial-manufacturing-digital-transformation/

УДК 664.723 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-114-118

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ КИНЕТИКИ СУШКИ ПИЩЕВЫХ СРЕД ПРИ КОМБИНИРОВАННОМ ЭНЕРГОПОДВОДЕ
MATHEMATICAL DESCRIPTION OF THE INNOVATIVE DEVELOPMENT OF THE KINETICS OF DRYING FOOD MEDIA WITH A COMBINED ENERGY SUPPLY

Антипов Сергей Тихонович*, Арапов Владимир Михайлович*,
Казарцев Дмитрий Анатольевич,**
Sergey T.Antipov*, Vladimir M. Arapov*,DmitryA.Kazartsev**

**Воронежский государственный университет инженерных технологий, Россия, Воронеж*
**Voronezh State University of Engineering Technologies, Russia, Moscow*
(e-mail: ast@vsuet.ru)
***Московский государственный университет технологий и управления*
им. К.Г. Разумовского (ПКУ)во), Россия, Москва
K.G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management
(The First Cossack University), Russia, Moscow
(e-mail: kda_79@mail.ru)

Аннотация: Рассмотрено развитие математического описания кинетики сушки пищевых сред в условиях комбинированного энергоподвода, основанного на законах химической кинетики. Предложена и подтверждена научная гипотеза: обобщенная характеристика, кинетики сушки – зависимость степени сушки от степени поглощенной энергии продуктом, не зависит от параметров, характеризующих режим сушки.

*Abstract:*The development of the mathematical description of the kinetics of drying food media under conditions of combined energy supply, based on the laws of chemical kinetics, is considered. A scientific hypothesis was proposed and confirmed: a generalized characteristic, the kinetics of drying - the dependence of the degree of drying on the degree of energy absorbed by the product, does not depend on the parameters characterizing the drying mode.

Ключевые слова: математическое моделирование, кинетика сушки, химическая кинетика, комбинированный энергоподвод.

*Keywords:*mathematical modeling, drying kinetics, chemical kinetics, combined energy supply.

Процесс сушки пищевых сред является чрезвычайно сложным и во многом определяет качество готового продукта. Это обуславливает высокие требования к математической модели процесса.Совокупность взаимосвязанных химических, физико-химических, биохимических, реологических явлений, протекающих в процессе сушки,в значительной степени определяют скорость сушки пищевых сред [1, 2, 3, 4, 5]. Отсутствие достаточного количества знаний об указанных явлениях и закономерностях между ними вызывает значительные затруднения при математическом описании кинетики данного процесса.

Объектом исследования в работе является кинетика процесса сушки: кривые изменения влагосодержания материала в процессе сушки и температурные кривые. Предметом исследования – математическое описание кинетики сушки.

За последние десятилетия опубликовано большое количество математических моделей для различных способов сушки, большинство которых основано либо на системе дифференциальных взаимосвязанных уравнений, либо на статистической обработке данных экспериментального исследования конкретного продукта [5, 6, 7, 8, 9]. Модели в форме системы дифференциальных уравнений сложны для практического применения, так как содержат большое количество коэффициентов и характеристик свойств перерабатываемого продукта, эти коэффициенты для каждого продукта и режима сушки часто невозможно

прогнозировать [1, 5, 6]. Как известно из теории подобия и моделирования, применение моделей на основе экспериментальных исследований ограничено диапазоном проведенного исследования [5].

Недостаток знаний механизма взаимодействия фаз, изменяющихся свойств продукта в процессе сушке сдерживают развитие математического описания кинетики процесса. Дальнейшее развитие моделирования сушки, как справедливо отмечает автор [8], возможно на применении достижений в области физической химии.Эти обстоятельства обуславливают актуальность поиска новых подходов к моделированию сушки и получения более надежных математических моделей кинетики процесса.

Рассмотрим развитие математического описания кинетики сушки на примере комбинированной сушки семян кориандра на основе законов химической кинетики.

Для этого воспользуемся результатами исследования сушки семян кориандра в условиях комбинированного (конвективного совместно с СВЧ-энергоподводом) энергоподвода, заимствованных из опубликованного источника [10], которые приведены на рисунке 1.

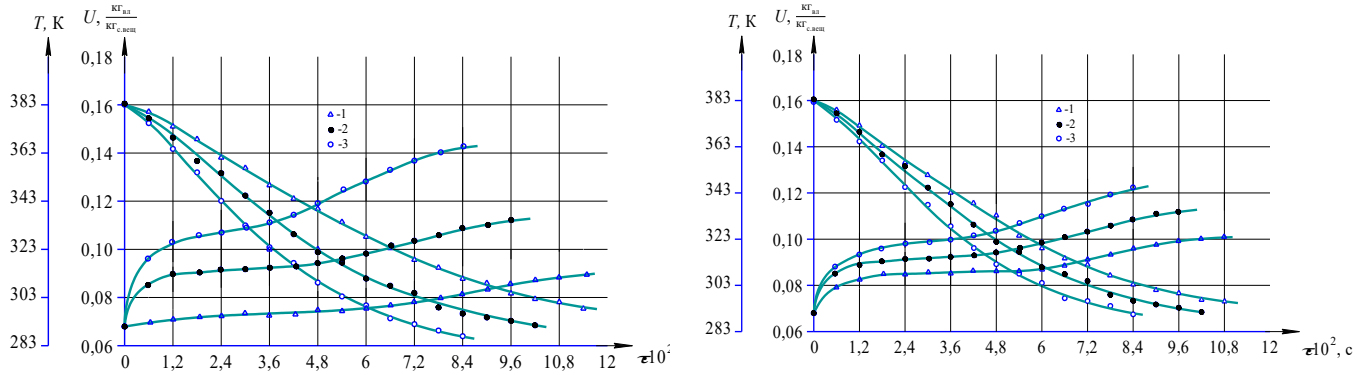
На графиках хорошо видны периоды постоянной и убывающей скорости сушки. Для моделирования кинетики сушки в периоде постоянной скорости в научной литературе приведены многочисленные аналитические и экспериментальные методы [4, 5].

При этомдля инженерного расчета процесса сушки наиболее надежной математической моделью принято считать регрессионную модель, полученную обработкой экспериментальных данных: [10]

$$N_1 = f(x_1, x_2, \ldots x_n), \tag{1}$$

где N_1 – скорость первого периода сушки, $с^{-1}$;x_1, x_2,…x_n – фактор процесса.

В работе [10] моделирование процесса сушки в периоде падающей скорости основано на законах химической кинетики, а сама сушка рассматривается как гетерогенная реакция.



а *б*

Рисунок 1 – Кривые сушки и температурные кривые семян кориандра при $U_Н$=0,16 $кг_{вл}/кг_{с.вещ}$:
а) 1 – $T_{са}$=303 К, $Q_{са}$=141,3 $м^3$/ч, $P_{уд}$=180 Вт/кг;2 – $T_{са}$=333 К, $Q_{са}$=141,3 $м^3$/ч, $P_{уд}$=180 Вт/кг; 3 – $T_{са}$=363 К, $Q_{са}$=141,3 $м^3$/ч, $P_{уд}$=180 Вт/кг
б) 1 – $T_{са}$=333 К, $Q_{са}$=141,3 $м^3$/ч, $P_{уд}$=60 Вт/кг;2 – $T_{са}$=333 К, $Q_{са}$=141,3 $м^3$/ч, $P_{уд}$=180 Вт/кг;3 – $T_{са}$=333 К, $Q_{са}$=141,3 $м^3$/ч, $P_{уд}$=300 Вт/кг

Для второго периода сушки скорость процесса [10] представлена уравнением:

$$-\frac{\partial U}{\partial \tau} = N_2(U) = \left(\frac{U - U_р}{U_{кр} - U_р}\right)^n \cdot (U_н - U_р) \cdot A \cdot \varphi(U,T) \cdot \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) \tag{2}$$

где $U_н$, $U_р$, U, – начальное, равновесное и текущее влагосодержания материала, $кг_{вл}/кг_{с.вещ}$.

Для полного описания кинетики сушки в периоде убывающей скорости уравнение (2) дополнено уравнением температурной кривой, которое представлено в обобщенных координатах

$$\frac{T-T_{кр}}{T_{к}-T_{кр}}=\frac{\frac{1}{m}\left\{\exp\left[m(U_{кр}-U)\right]-1\right\}-(U_{кр}-U)}{\frac{1}{m}\left\{\exp\left[m(U_{кр}-U_{р})\right]-1\right\}-(U_{кр}-U_{р})}. \quad (3)$$

где $T_{кр}$ – температура материала при достижении критического влагосодержания; $T_{к}$ – температура материала при достижении равновесного влагосодержания; T – абсолютная температура продукта в процессе сушки;m – эмпирический коэффициент, постоянный для данного продукта и независимый от режима сушки.

Для экспериментальной проверки представленного математического описания кинетики сушки в периоде убывающей скорости результаты исследования сушки семян кориандра (рис. 1), нами обработаны в виде графической зависимости (рис. 2).

Как видно, полученная математическая модель сушки в периоде убывающей скорости позволяет достаточно точно рассчитать длительность процесса и температуру материала при сравнительно небольшом количестве необходимых экспериментальных данных.

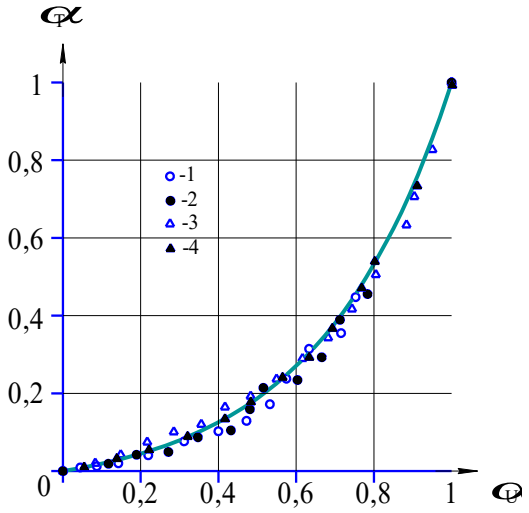


Рисунок 2 – Зависимость степени сушки от степени нагрева вещества при сушке семян кориандра в экспериментальной установке при $U_{Н}$=0,16 $кг_{вл}/кг_{с.вещ}$
1 – $T_{са}$=333 К, $Q_{са}$=141,3 м^3/ч, $P_{уд}$=180 Вт/кг;2 – $T_{са}$=363 К, $Q_{са}$=141,3 м^3/ч, $P_{уд}$=180 Вт/кг;3 – $T_{са}$=333 К, $Q_{са}$=141,3 м^3/ч, $P_{уд}$=60 Вт/кг;4 – $T_{са}$=333 К, $Q_{са}$=141,3 м^3/ч, $P_{уд}$=300 Вт/кг

Однако, недостатками существующего математического описания кинетики сушки является то, что для периода постоянной и убывающей скорости необходимо применение различных математических моделей, причем для определения скорости во втором периоде сушки необходимо знать скорость первого периода. А для получения значения скорости первого периода в форме уравнения регрессии необходимо проведение большого объема экспериментальных исследований. Кроме того, данная математическая модель не дает представление о количестве энергии, поглощенном материалом при сушки в условиях комбинированного энергоподвода.

В развитие математического описания кинетики сушки проведем анализ проверенной функциональной зависимости (3).

Левая часть уравнения (3) характеризует отношение количества теплоты, поглощенной сухой частью продукта в данный момент времени, к количеству теплоты, поглощенной сухой частью продукта за весь второй период. В этой связи данную величину предложено называть степенью нагрева сухого вещества во втором периоде сушки, а величину $\alpha_U=\frac{U_{кр}-U}{U_{кр}-U_{р}}$ – степенью сушки продукта во втором периоде. Таким образом, для второго периода сушки справедлива функциональная зависимость степени сушки от степени нагрева сухого вещества,

которая инвариантна по отношению к любому режиму сушки. Этот факт дает основание сформулировать следующую научную гипотезу. Для всего периода сушки степень сушки α_U есть функция степени поглощения энергии α_E и для первого и для второго периодов сушки, т.е. величине α_E однозначно соответствует величина α_U . При этом указанная функция инвариантна к любому режиму сушки. Степень сушки определяется соотношением

$$\alpha_U = \frac{U_{\text{н}} - U(\tau)}{U_{\text{н}} - U_{\text{к}}}, \tag{4}$$

степень поглощения энергии

$$\alpha_E = \frac{E(\tau)}{E_{\text{полн}}}, \tag{5}$$

где $U_{\text{н}}$, $U_{\text{к}}$, $U(\tau)$ – соответственно, начальное, конечное и текущее влагосодержание продукта;

$E(\tau)$, $E_{\text{полн}}$ – количество энергии, поглощенное продуктом в момент времени τ, и за весь процесс сушки, соответственно.

Указанную зависимость $\alpha_U = f(\alpha_E)$ предлагаем назвать обобщенным для первого и второго периодов уравнением кинетики сушки.

Количество поглощенной в процессе сушки продуктом энергии предлагается определять на основании энергетического баланса. Вся поглощенная продуктом энергия $E_{\text{полн}}$ расходуется на нагрев сухой части продукта $E_{\text{с.в.}}$ и влаги $E_{\text{вл}}$ до температуры $T(\tau)$, на разрушение энергии связи влаги с продуктом $E_{\text{св}}$ и на испарение влаги $E_{\text{исп}}$ при температуре T. Таким образом,

$$E_{\text{полн}}=E_{\text{с.в.}}+E_{\text{вл}}+E_{\text{исп}}+E_{\text{св}}, \tag{6}$$

Результаты обобщения кинетики сушкии кривых температуры при сушке семян кориандра в условиях комбинированного энергоподвода приведены на рисунке 3, которые подтверждают правомочность сформулированной нами гипотезы.

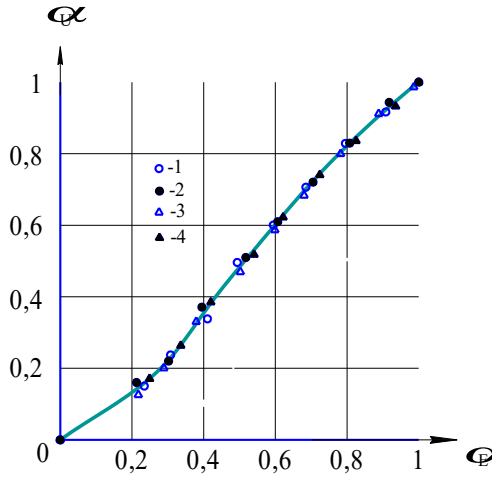


Рисунок 3 – Зависимость степени сушки от степени поглощения энергии при сушке семян кориандра в экспериментальной установке при $U_{\text{Н}}$=0,16 кг$_{\text{вл}}$/кг$_{\text{с.вещ}}$:
1 – $T_{\text{са}}$=333 К, $Q_{\text{са}}$=141,3 м^3/ч, $P_{\text{уд}}$=180 Вт/кг;2 – $T_{\text{са}}$=363 К, $Q_{\text{са}}$=141,3 м^3/ч, $P_{\text{уд}}$=180 Вт/кг;3 – $T_{\text{са}}$=333 К, $Q_{\text{са}}$=141,3 м^3/ч, $P_{\text{уд}}$=60 Вт/кг;4 – $T_{\text{са}}$=333 К, $Q_{\text{са}}$=141,3 м^3/ч, $P_{\text{уд}}$=300 Вт/кг

Выводы

Рассмотрено математическое описание инновационного развития кинетики сушки в условиях комбинированного энергоподвода с позиции химической кинетики. Для характеристики кинетики сушки разработан вид математической модели единый для первого и второго периодов сушки и инвариантный по отношению к любому режиму данного процесса.Инновационная математическая модель кинетики сушки позволяет установить

обобщенное уравнение для первого и второго периодов сушки при сокращении количества экспериментальных исследований до одного-двух экспериментов для конкретного продукта и конструкции установки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Арапов В.М.* Теория и усовершенствование конвективной сушки мелкодисперсных пищевых продуктов на основе законов химической кинетики. Дис. док.техн. наук. Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2003.

2. *Antipov S.T., Arapov V.M.,Kazartsev D.A.* Kinetics laws as the base for mathematical simulation of microwave vacuum drying process //Journal of Physics: Conference Series, et al 2020 J. Phys.: Conf. Ser. 1560 012017

3. *Розен А.М., Костанян А.Е.* К вопросу о масштабном переходе в химической технологии // Теоретические основы химической технологии. 2002. Т. 36. № 4.С. 339. [*Rosen A.M., Kostanyan A.E.* On the issue of a large-scale transition in chemical technology / Theor. Found. Chem. Eng. 2002. Т. 36. № 4.Р. 339.]

4. *Лыков А.В.* Теория сушки /А. В. Лыков. – М.: Энергия, 1968. – 472 с.

5. *Сажин, Б.С.* Научные основы техники сушки[Текст] / Б.С. Сажин, В.Б. Сажин. – М.: Наука, 1997. – 448 с.

6. *Рудобашта С.П.* Новые российские исследования в области сушки и термовлажностных процессов // Труды 3 международ. науч. практич. конф. "Современные энергосберегающие тепловые технологии (Сушка и тепловые процессы СЭТТ-2008)". Т.1. М.,2008. - С.5-18.

7. Современные подходы к исследованию и описанию процессов сушки пористыхтел / Под ред. В.Н. Пармона. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2001. – 300 с.

8. *Дорняк О.Р.*Современные проблемы математического моделирования процессов термовлажностной обработки материалов // Сборник научных статей Первых Международных Лыковских научных чтений. Курск. С. 36 - 42.

9. CFD simulation of spray dryers / M. W. Woo, L. X. Huang, A. S. Mujumdar, W. R. W. Daud ; Ed. M. W. Woo, A. S. Mujumdar, W. R. W. Daud. – Singapore, 2010. – V. 1. – P. 1 – 36. – ISBN 978-981- 08-6270-1.

10. *Antipov S.T., Kazartsev D.A., KlyuchnikovA.I.* Mathematical description of super-high frequencies drying process of free-running food media in device with combined energy input / E3S Web of Conferences 175, 05021 (2020)INTERAGROMASH 2020.

УДК 678.01 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-119-121

ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ ФОРМОВАНИЯ ПРЕКУРСОРА ПАН ВОЛОКНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ НА ОСНОВЕ ФАЗОВОЙ ДИАГРАММЫ ГЕЛЕОБРАЗОВАНИЯ
THE WAY TO CONTROL THE FORMATION OF THE PAN FIBER PRECURSOR USING A MODEL BASED ON THE PHASE DIAGRAM OF GELATION

Калабин Александр Леонидович
Alexander L. Kalabin

Тверской государственный технический университет
Tver State Technical University
(e-mail: kalabin@tstu.tver.ru)

Аннотация: На основе модели динамики и тепломассообмена при нитеобразования химических волокон из раствора полимеров мокрым способом определены количественные характеристики гелеобразования и управляющие величины этого процесса.

Abstract: Identified the quantitative characteristics of gelation and control values of this process. For this purpose we used the model dynamics and heat and mass transfer with filament formation in the wet spinning of synthetic fiber from polymer solutions.

Ключевые слова: фазовая диаграмма, прекурсор ПАН волокна, гелеобразование, формование химических волокон.

Keywords: phase diagram, PAN fiber precursor, gelation, the formation of chemical fibers.

Основная задача производства – создания волокон с заданными свойствами, которая реализуется посредством технологии. Поэтому целью изучения технологии является определение количественных зависимостей между условиями процессов получения, структурой волокон и свойствами получаемого материала, так как свойства волокон определяются их структурой. Одним из важнейших этапов технологического процесса производства прекурсора ПАН волокна для производства углеродных волокон является процесс формования. Гелеобразная фаза, являясь первичной структурой волокна, во многом определяет его свойства. Поэтому важным является изучение количественных зависимостей между условиями технологических процессов и характеристиками гелеобразования, которые в значительной степени определяют структуру волокна и, соответственно, его свойства получаемого материала.

Предлагается подход к управлению производством, используя математическую модель исследуемого технологического процесса как совокупность взаимосвязанных физических явлений, таких как: фазовый переход; теплообмен; диффузия; растяжения струи – накладывание на неё механического поля. Основное явление – фазовый переход – гелеобразование - переход полимера из растворенного в твердое состояние, зависит от состава полимера, его свойства и условий выделения фазы.

Построена математическая модель [1, 2] неизотермического гелеобразования при диффузии осадителя в раствор полимера, учитывающая диаграмму фазового равновесия системы полимер-растворитель-осадитель, процессы теплопереноса, температурную зависимость диффузионных процессов, наличие двухфазной структуры, а также изменение размеров системы. По модели проведены вычислительные эксперименты по исследованию гелеобразования, подтверждающие ее адекватность [1, 2]. Определены зависимости времени полного гелеобразования t_g и скорости $dR_g(t)/dt$ от основных параметров процесса: концентрации осадителя C_g и температуры раствора T_g в осадительной ванне, начальной концентрации осадителя в струе раствора полимера C_0; R_0 - радиус канала фильеры; T_0 - начальная температура прядильного раствора; G – расход прядильного раствора; $v(L)$ – скорость приемки волокна из осадительной ванны. Использовались характеристики процесса

формования нитей оксалон в системе поли-n-фенилен-1,3,4-оксадиазола (ПОД) – серная кислота – вода [3] и система ПОД – серная кислота – вода с диаграммой фазового равновесия системы полимер – растворитель – осадитель [2].

При проектировании технологического процесса математическая модель позволяет определить основные параметры процесса формовании волокна: скорости гелеобразования и время полного гелеобразования. Анализ модели процесса гелеобразования при мокром формовании волокон из растворов полимеров позволил определить взаимосвязи между параметрами технологического процесса и характеристиками гелеобразования для управления этим процессом. К управляющим величинам относятся: содержание осадителя во внешней среде - осадительной ванне (C_g) и в прядильном растворе (C_0), начальная температура раствора (T_g) и конечная температура геля (T_0), растягивающее напряжение или градиент скорости растяжения струи. Определены зависимости характеристик гелеобразования от указанных регулирующих параметров (Таблица 1).

Исследование гелеобразования при формовании химических волокон [1, 2] из растворов полимеров позволил определить основные количественные характеристики гелеобразования: время полного гелеобразования t_g; временные стадии гелеобразования и их продолжительность $t_g = t_0 + t_{cr}$, где t_0 - это время необходимое для того, что бы концентрация осадителя или температура в центре струйки $r=0$ изменилась относительно начальной примерно на 1%, Fo_1 – критерий Фурье, соответствующий этому времени; t_{cr}.- продолжительность изменения этих величин от начальной до необходимой для гелеобразования, Fo_{cr} – критерий Фурье, соответствующий этому времени ; изменение текущей толщины геля во времени $R_g(t)$; скорость изменения толщины геля во времени $dR_g(t)/dt$; θ_{cr} – безразмерная концентрация осадителя в момент фазового перехода при температуре T; a - коэффициент температуропроводности, D - коэффициент диффузии; константы A и B вычисляемые из уравнений в [2].

Таблица 1 –Оценки количественных характеристик гелеобразования для различных механизмов.

Характеристики	Диффузионное	Термотропное
t_g	$R^2[Fo_{1d}-\ln(\theta_{cr})/5.79]/D$	$R^2(Fo_{1a} + \ln[(-A)/\theta_{cr}]/B)/a$
t_0	R^2Fo_{1d}/D	R^2Fo_{1a}/a
t_{cr}	$-R^2\ln(\theta_{cr})/5.79]/D$	$R^2 \ln[(-A)/\theta_{cr}]/(Ba)$
t_∞	$2R^2/D$	$3R^2/a$
$R_g(t)$	$(Dt/[erf^{-1}\{\theta_{cr}\}])^{1/2}$, при $0<t<t_0$, $R\{1-[1-\theta_{cr}\exp(5.79(Fo_c-Fo_{1d}))]^{1/1.51}\}$ при $t_g > t > t_0$.	$R_0\{[1-\theta_{cr}\exp(B(Fo_t-Fo_{1a}))]/A\}^{1/n}$
$dR_g(t)/dt$	$(D/[2\,t\,erf^{-1}\{\theta_{cr}\}])^{1/2}$, $0<t<t_0$, $5.79D\,\theta_{cr}R^{-2}\exp(5.79(Fo_c-Fo_{1d}))\,[1-\theta_{cr}\exp(5.79(Fo_c-Fo_{1d}))]^{[(1-1.51)/1.51]}$ при $t_g > t > t_0$.	$\theta_{cr}\,B\,a\exp(B(Fo_T-Fo_{1a}))\{[1-\theta_{cr}\exp(B(Fo_t-Fo_{1a}))]/A\}^{(1-n)/n}/(A\,n\,R)$

Один из примеров управления – регулирование времени полного гелеобразования во время формования волокна, получаемого из органического растворителя, варьированием содержанием осадителя в прядильном растворе. Полученные данные для процесса нитеобразования ПАН волокна показывают, что при содержании воды в прядильном растворе до 1 % (масс) время гелеобразования изменяется незначительно - не более чем на 0,3 с (т.е. на 10 % относ.), а в диапазоне концентраций от 1 до 2,5 %% инкримент воздействия увеличивается в 3 раза. Это предоставляет технологу большие возможности регулирования процесса и заставляет обратить внимание на тщательное поддержание этого параметра В случае солевого растворителя этим регулирует соотношение содержания соли в прядильном растворе.

Иной пример использования приведенного выше анализа это актуальная задача определения условия формования, обеспечивающие максимальную толщину волокна, т.е. $R_0 \rightarrow max$, при данной длине осадительной ванны L. Из условия $R_0 \rightarrow max$ следует, что необходимо обеспечить минимальное время гелеобразования при данном радиусе $t_g \rightarrow min$. Анализ данных [2] показывает, что это условие выполняется при максимальном значении следующих параметров формования: C_g, C_0 и T_s . Путем моделирования получены численные результаты: при $L=0,5$м и $v=4$м/мин время $t_g=8$ сек. Если другие величины принимают свое максимальное значение (C_g =40%, T_s =30^0 С,) при C_0 =1% имеем $max(R_0)$ =178 мкм, а при C_0 =2% $max(R_0)$ =197 мкм.

Определен режим гелеобразования режим, который может обусловить однородную структуру волокна и соответственно его высокую прочность. Это важно для полимерных композиционных материалов с применением углеродных волокон на основе полиакрилонитрильные волокна (ПАН-В). Для этого типичные S образные зависимости толщины геля $R_g(t)$ от времени рис. 1 привели близкими к линейной рис. 2. Для минимизации диффузии увеличиваем $C_0 = 2\%$ – начальную концентрацию осадителя в растворе полимера примерно до равенства C_g - концентрации гелеобразования при температуре $T_g = -10\ ^\circ C$ – согласно фазовой диаграммы. Такой режим, близкий к термотропному, повышает однородность структуры волокна по радиусу из-за постоянства скорости гелеобразования.

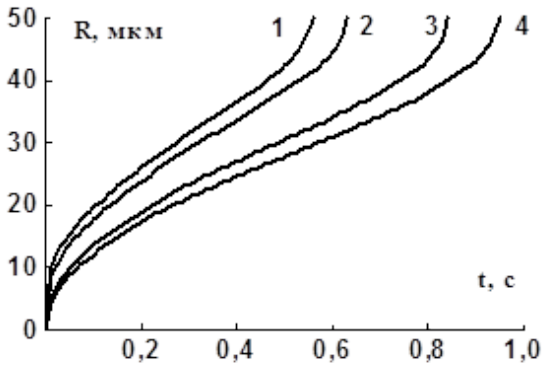


Рисунок 1 – Типичные зависимости толщины геля от времени для изотермического процесса при C_g= 20%, T_g=T_0=20°C; кривые при C_0 - 1-2,2%; 2-2%; 3-1%; 4-0%;

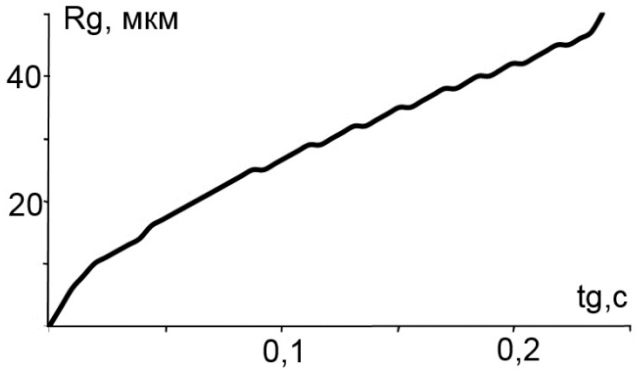


Рисунок 2 – Зависимость толщины слоя геля в волокне от времени $R_g(t)$ при минимальной диффузии при гелеобразовании.

Выводы

В условиях промышленного производства волокна при проектировании новой, или оптимизации имеющейся технологии, изменения ассортимента возникает необходимость эмпирически подбирать технологию на промышленном оборудовании. Имея фазовую диаграмму системы полимер - растворитель - осадитель и достаточно адекватную математическую модель процесса гелеобразования волокна можно быстро корректировать режим, ассортимент волокна и технологические режимы его формования в рамках имеющегося оборудования, минимизируя опытные дорогостоящие работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калабин А.Л., Пакшвер Э.А. Моделирование динамики и тепломассообмена при нитеобразования химических волокон из раствора полимеров мокрым способом // Теоретические основы химической технологии. -1997. - т.31,- в.6, -С.574-579.

2. Калабин А.Л. Элонгационное течение струй растворов и расплавов полимеров // Тверь: ТвГТУ, 2011 - 144 с.

3. Романов В.В., Кручинин Н.П., Семенова А.С. Кинематические характеристики формования нитей оксалон //Хим. волокна, 1984,-№1. -С.25.

УДК 536. 24 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-122-124

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ОРЕБРЕННОГО РЕКУПЕРАТОРА С ПРИМЕНЕНИЕМ ПАКЕТА ANSYS
INVESTIGATION OF HYDRAULIC RESISTANCE OF FINNED HEAT EXCHANGER USING THE ANSYS PACKAGE

Романова Елена Васильевна, Колиух Александр Николаевич
Elena V. Romanova, Alexandr N. Koliukh

Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов
The Tambov State Technical University, Russia, Tambov
(e-mail: tpaitb.tstu@mail.ru)

Аннотация: Предложена конструкция теплообменного аппарата, представляющего собой теплообменник типа «труба в трубе» с оребрением. Проведен расчет гидравлического сопротивления оребренного рекуператора с использованием программного комплекса ANSYS (модуль FLUENT); сделан вывод о возможности применения данного программного комплекса для моделирования.

Abstract: The design of the heat exchanger, which is a "pipe-in-pipe" type heat exchanger with fins, is proposed. The hydraulic resistance of a finned heat exchanger is calculated using the ANSYS software package (the FLUENT module); a conclusion is made about the possibility of using this software package for modeling.

Ключевые слова: оребренный рекуператор; гидравлическое сопротивление; программный комплекс ANSYS.

Key words: finned heat exchanger; hydraulic resistance, ANSYS software package.

Роль теплообмена в современной технике чрезвычайно важна, так как нередки случаи, когда именно теплообмен становится фактором, мешающим решению поставленных задач. Постоянное наращивание мощностей теплообменного оборудования выдвигает новые требования к теплообменным аппаратам (высокая эффективность, компактность, технологичность конструкции). Данные требования послужили причиной исследований направленных на совершенствование конструкций и повышение теплоотдачи. Однако интенсификация теплоотдачи неизбежно влечет за собой потерю напора и рост гидравлического сопротивления.

Гидравлическое сопротивление является одной из важнейших характеристик при расчете теплообменных аппаратов. От этого расчета зависит выбор давления, необходимый для транспортировки жидкостей, газов через производственную аппаратуру, и в связи с этим выбор насосов, компрессоров, вентиляторов. Также гидравлическое сопротивление является одним из факторов, накладывающим ограничение на скорость потока. Большие скорости вызывают повышение гидравлических сопротивлений, что связано с увеличением расхода энергии на обеспечение необходимого давления.

В качестве объекта исследования в данной работе выступал двухтрубный теплообменник, имеющий оребрение в виде шипов [1,2]. Геометрические размеры теплообменника (в мм) показаны на рисунке 1, общее количество шипов 320 шт. диаметром 6 мм, длина оребренной части трубы 500 мм.

Для сравнения и анализа гидравлического сопротивления оребренного теплообменника с «обычным» теплообменником «труба в трубе» была создана экспериментальная установка, позволяющая получать гидравлические сопротивления трубного и межтрубного пространства при различных расходах воздуха [3].

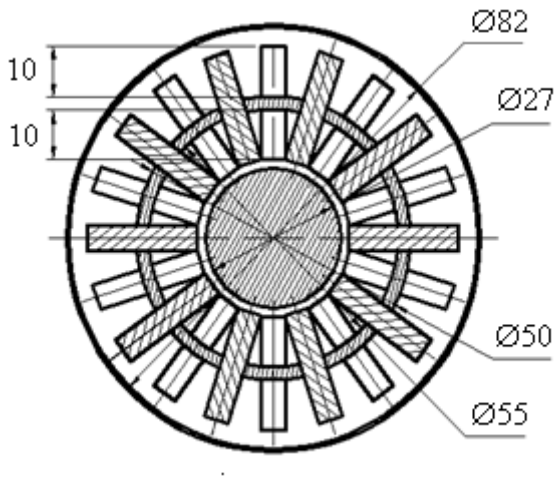


Рисунок 1- Теплообменник в разрезе

Моделирование и анализ в некоторых областях промышленности позволяет избежать дополнительных затрат при проектировании, изготовлении и испытании. Расчетный комплекс ANSYS позволяет решать задачи прочности, теплообмена, гидрогазодинамики как по отдельности, так и совместно, в связанной постановке. Моделирование процесса течения воздуха в теплообменнике было проведено в модуле FLUENT пакета ANSYS v17.0, широко применяемого при моделировании процессов течения и теплообмена [4 – 7].

В результате расчета в пакете ANSYS были получены данные по гидравлическому сопротивлению трубного и межтрубного пространств. Для уменьшения объема вычислений трубное и межтрубное пространство обсчитывались отдельно друг от друга. Пример расчета в ANSYS, для скорости воздуха во входном сечении 10 м/с и температуре 20 °С, представлен на рисунках 2 и 3. Полученные значения представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Расчетные и экспериментальные значения гидравлических сопротивлений

Средняя скорость воздуха во входных сечениях, м/с	0,05	0,5	1	1,5	2	5	10	15	20
Трубное пространство (эксперимент), ΔР Па	0,5	16	40,5	98,5	163,7	753,3	1872,1	3450	5600
Трубное пространство (расчет), ΔР Па	0,5	18,2	42	102,7	148,7	671	2120	3730	5920
Отклонение от эксперимента, %	0	13,8	3,7	4,3	9,1	10,9	13,2	8,1	5,7
Межтрубное пространство (эксперимент), ΔР Па	0,2	1	2,1	3,4	5,1	42,1	148,6	393,3	696,1
Межтрубное пространство (расчет), ΔР Па	0,18	0,86	1,8	2,9	4,5	40,2	158	370,1	725,5
Отклонение от эксперимента, %	10	14	14,3	14,7	11,7	4,5	6,3	5,9	4,2

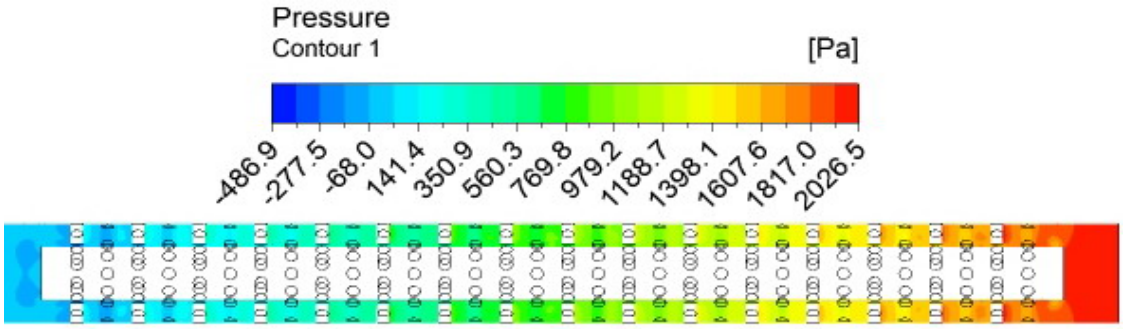


Рисунок 2 – Пример расчета гидравлического сопротивления для трубного пространства в ANSYS

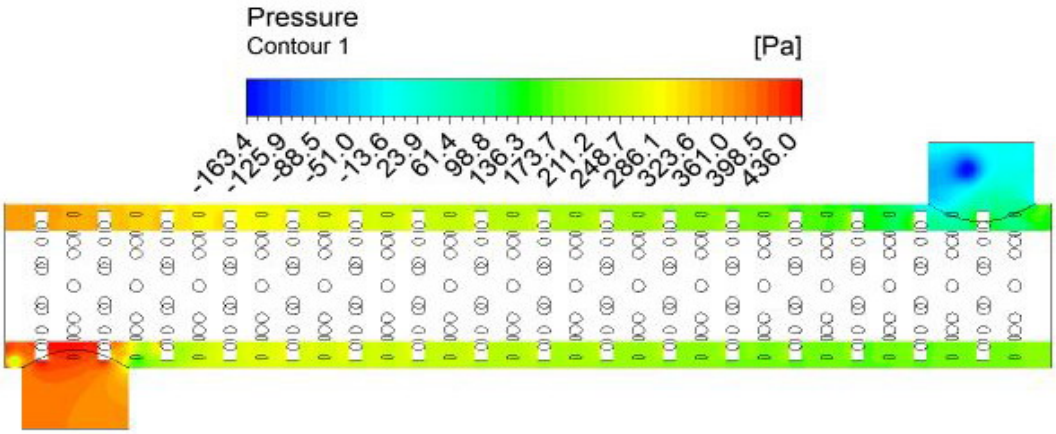


Рисунок 3 – Пример расчета гидравлического сопротивления для межтрубного пространства в ANSYS

Представленные на рисунках 2 и 3 распределение давления по трубному и межтрубному пространству позволяет оценить диапазон допустимых давлений.

Выводы

Получены данные по гидравлическому сопротивлению, проведено моделирование процесса течения воздуха в оребренном теплообменнике в пакете ANSYS. В результате моделирования подтверждена адекватность полученных данных, отклонение от экспериментальных данных не превышает 15 %. Сделан вывод о возможности применения пакета ANSYS для получения данных о распределении скоростей и давлений воздуха в теплообменнике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Романова Е.В., Колиух А.Н. Теплообменник типа «труба в трубе». Патент на полезную модель № 135101, Кл. МПК F28D7/10. 27.11.2013

2. Романова Е.В. Новое конструктивное решение теплообменного аппарата для рекуперации тепла// Материалы VII международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы науки», Москва, 25.10.2012, С. 6 – 9

3. Романова Е.В., Колиух А.Н., Лебедев Е.А. Применение пакета ANSYS при исследовании гидравлического сопротивления оребренного рекуператора// Вестник ТГТУ, 2017, Т.23, №3. С. 420-427

4. Файрушин А.М., Романчук А.С. Повышение эффективности теплообмена в теплообменных аппаратах типа «труба в трубе»//Нефтегазовое дело. 2018. Т.16. № 6. С. 65-71

5. Сысоев И.А., Зимина Т.И., Колмогорцев И.В. Моделирование распределения температур на поверхности теплообменника в пакете прикладной программы ANSYS// Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2017. №2 (54). С. 121-126

6. Щербаков М. А. Определение коэффициентов теплоотдачи при моделировании задач в ANSYS CFX // Авиационно-космическая техника и технология. 2011. № 7. С. 165 – 169.

7. Крутова И.А., Золоносов Я.Д. Компьютерное моделирование гидродинамики и теплообмена в конических змеевиковых теплообменниках типа «труба в трубе»// Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета.2020. №3 (53). С. 65 – 73

УДК 532 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-125-128

УЧЕТ ФОНОННОГО ПЕРЕНОСА В МОДЕЛИ ТЕЧЕНИЯ И ТЕПЛООБМЕНА ВЯЗКОЙ СЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ
ACCOUNTING FOR PHONON TRANSFER IN THE VISCOUS COMPRESSIBLE LIQUID FLOW AND HEAT EXCHANGE MODEL

Тютюма Владимир Дмитриевич
Vladimir D. Tyutyuma

Институт энергетики Национальной академии наук Беларуси, Беларусь, Минск
Institute of Power Engineering of the National Academy of Sciences of Belarus, Republic of Belarus, Minsk
(e-mail: tvd @hmti.ac.by)

Аннотация: Предложена феноменологическая модель течения и теплообмена вязкой сжимаемой жидкости, в которой учитывается вклад переноса импульса и энергии фононами. Уравнения движения основывается на новой интерпретации гипотезы Стокса, в которой линейный инвариант тензора напряжений связывается не с термодинамическим, а фононным давлением. В уравнении энергии дополнительно учитывается работа сил фононного давления.

Abstract A phenomenological model of the viscous compressible fluid flow and heat transfer is proposed. It takes into account the contribution of the momentum and energy transfer by phonons. The equation of motion is based on a new interpretation of the Stokes hypothesis, in which the stress tensor linear invariant is associated not with thermodynamic, but phonon pressure. The energy equation additionally takes into account the work of the phonon pressure forces.

Ключевые слова: уравнение движения, уравнение энергии, вязкая сжимаемая жидкость, звуковые волны, фононы, гипотеза Стокса.

Keywords: equation of motion, energy equation, viscous compressible fluid, sound waves, phonons, Stokes hypothesis.

В газовой динамике скорость звука отождествляется со скоростью распространения малых возмущений [1, 2]. При этом анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований указывает на квантовый механизм переноса импульса и энергии фононами. Перенос импульса фононами создает в потоке дополнительное к локальному термодинамическому давлению p_r фононное давление p_f, которые в сумме и определяют давление в движущейся среде p

$$p = p_r + p_f \,. \tag{1}$$

Эта особенность формирования давления в потоке жидкости оказывает определенное влияние на его структуру, которое необходимо учитывать при построении феноменологической теории течения и теплообмена вязкой сжимаемой жидкости.

Уравнение движения

В гидродинамике вязких течений при выводе уравнения движения Стоксом было высказано предположение, что в обобщенном законе трения Ньютона взятое с обратным знаком среднее арифметическое трех нормальных напряжений, приложенных к взаимно перпендикулярным площадкам в данной точке среды, равно локальному термодинамическому давлению [2]

$$-\frac{1}{3}\left(p_{xx} + p_{yy} + p_{zz}\right) = p_r \,. \tag{2}$$

Сделанное предположение является дополнительной гипотезой к обобщенному закону Ньютона, так как, исходя из общих гидродинамических соображений, нельзя доказать, что определенная таким образом инвариантная скалярная величина будет действительно

совпадать с термодинамическим давлением p_r. При такой физической интерпретации инвариантной скалярной величины связанные между собой единым термодинамическим давлением перенос импульса и перенос энергии подчинены одному и тому же термодинамическому процессу. В результате этого скорость распространения малых возмущений a для решений, полученных на основе уравнения Навье-Стокса, не совпадает со скоростью звука c. Действительно, скорость распространения малых возмущений давления a описывается зависимостью

$$a^2 = \frac{dp_r}{d\rho} = \left(\frac{\partial p_r}{\partial \rho}\right)_s + \left(\frac{\partial p_r}{\partial s}\right)_\rho \frac{ds}{d\rho} = c^2 + \left(\frac{\partial p_r}{\partial s}\right)_\rho \frac{ds}{d\rho}.$$

Из этого выражения следует, что $a = c$ только в случае изэнтропических течений, когда приращение энтропии равно нулю. А так как для решений уравнения Навье-Стокса приращение энтропии движущейся материальной частицы, определяемое из уравнения энергии [3]

$$\rho T \frac{ds}{dt} = \operatorname{div}(\lambda \nabla T) + \frac{\mu}{2}\left(\frac{\partial V_i}{\partial x_k} + \frac{\partial V_k}{\partial x_i} - \frac{2}{3}\delta_{ik}\frac{\partial V_s}{\partial x_s}\right)^2,$$

в результате необратимых процессов теплопроводности и внутреннего трения не равно нулю, то скорость распространения малых возмущений давления a будет отличаться от адиабатической скоростью звука c.

Очевидно, что в силу указанных причин гипотеза Стокса требует дополнительных уточнений. При этом необходимо, принимая во внимание соотношение (1) для давления в движущейся среде, исходить из другого определения физического смысла линейного инварианта тензора напряжения, входящего в уравнение переноса импульса, которое бы более точно соответствовало установленному в газовой динамике механизму переноса малых возмущений в потоках сжимаемой среды. Нетрудно заметить, что из двух парциальных составляющих давления, входящих в равенство (1), только фононное давление удовлетворяет этому требованию.

Видоизменяя гипотезу Стокса, приравняем линейный инвариант не термодинамическому, а фононному давлению p_f, т. е. вместо (2) примем

$$-\frac{1}{3}\left(p_{xx} + p_{yy} + p_{zz}\right) = p_f. \tag{3}$$

Тогда уравнение движения запишется в виде [2, 3]

$$\rho\left(\frac{\partial V_i}{\partial t} + V_k \frac{\partial V_i}{\partial x_k}\right) = -\frac{\partial p_f}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_k}\left[\mu\left(\frac{\partial V_i}{\partial x_k} + \frac{\partial V_k}{\partial x_i} - \frac{2}{3}\delta_{ik}\frac{\partial V_s}{\partial x_s}\right)\right] + \rho F_i. \tag{4}$$

Априори уравнение состояния, связывающее фононное давление с плотностью и температурой, не определено. Однако, доподлинно известно, что оно подчинено условию распространения звуковых волн

$$\frac{dp_f}{d\rho} = c^2, \tag{5}$$

которое определяет изэнтропический процесс переноса импульса в движущемся потоке вязкой сжимаемой жидкости.

С помощью соотношения (5) можно исключить из (4) фононное давление и представить уравнение движения в виде

$$\rho\left(\frac{\partial V_i}{\partial t} + V_k \frac{\partial V_i}{\partial x_k}\right) = -c^2 \frac{\partial \rho}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_k}\left[\mu\left(\frac{\partial V_i}{\partial x_k} + \frac{\partial V_k}{\partial x_i} - \frac{2}{3}\delta_{ik}\frac{\partial V_s}{\partial x_s}\right)\right] + \rho F_i. \tag{6}$$

В случае μ=const это уравнение может быть записано в более компактной дивергентной форме

$$\rho\left(\frac{\partial \overline{V}}{\partial t}+(\overline{V}\cdot\nabla)\overline{V}\right)=-c^2\nabla\rho+\mu\Delta\overline{V}+\frac{1}{3}\mu\nabla\left(\nabla\cdot\overline{V}\right)+\rho\overline{F}\,. \tag{7}$$

Для газовой среды, состояние которой описывается уравнением Клапейрона-Менделеева

$$p_r=\rho RT, \tag{8}$$

скорость звука зависит только от температуры

$$c=\sqrt{\gamma RT}\,. \tag{9}$$

В этом случае, учитывая (9), уравнение (7) может быть представлено в виде

$$\rho\left(\frac{\partial \overline{V}}{\partial t}+(\overline{V}\cdot\nabla)\overline{V}\right)=-\gamma RT\,\nabla\rho+\mu\Delta\overline{V}+\frac{1}{3}\mu\nabla\left(\nabla\cdot\overline{V}\right)+\rho\overline{F}\,. \tag{10}$$

Насколько описание течения на основе уравнений (6), (7), (10) согласуется с реальными гидродинамическими процессами, ответ может дать только практика применения их к решению конкретных задач и сравнение теории с опытом. Для изэнтропических течений эти уравнения тождественны уравнению Навье-Стокса. Однако, в потоках с тепловыделением теоретические прогнозы на основе записанных уравнений и уравнения Навье-Стокса могут существенно отличаться.

Впервые уравнения движения (6), (7) и (10), из чисто интуитивных соображений, были получены в работах [4, 5]. Позже уравнение (10) было применено для описания сдвиговых течений в узких зазорах при больших напряжениях сдвига. Полученные теоретические выводы о возможности существования аномальных распределений давления в узких щелях при больших напряжениях сдвига, возникающих в результате изохорного нагрева воздуха за счет тепла диссипации [6], были подтверждены результатами измерения давления в зазоре между вращающимися цилиндрами [7]. В противоположность этому, аналогичные решения, полученные на основе уравнения Навье-Стокса, не согласуются с экспериментом.

Уравнение энергии

При движении вязкой сжимаемой жидкости работа поверхностных сил совершается как молекулярной, так и фононной составляющими давления. Если подставить в известное уравнение энергии [2] соотношение для давления (1), то оно примет вид

$$\rho\frac{de}{dt}+p_r\mathrm{div}\overline{V}+p_f\mathrm{div}\overline{V}=\mathrm{div}\left(\lambda\mathrm{grad}T\right)+\mu\Phi\,. \tag{11}$$

Уравнение (11) отличается от обычного уравнения энергии наличием дополнительного слагаемого $p_f\mathrm{div}\overline{V}$, которое выражает работу, выполняемую в единицу времени звуковым давлением. Для того чтобы исключить звуковое давление из уравнения (11) введем вместо внутренней энергии e энтальпию $h=e+(p_r+p_f)/\rho$. С учетом уравнения неразрывности оно может быть преобразовано к виду

$$\rho\frac{dh}{dt}=\frac{dp_r}{dt}+\frac{dp_f}{dt}+\mathrm{div}\left(\lambda\mathrm{grad}T\right)+\mu\Phi\,. \tag{12}$$

Подставив в полученное уравнение (12) условие (5), получим

$$\rho\frac{dh}{dt}=\frac{dp_r}{dt}+\tilde{n}^2\frac{d\rho}{dt}+\mathrm{div}\left(\lambda\mathrm{grad}T\right)+\mu\Phi\,. \tag{13}$$

Для газовой среды, у которой теплоемкость c_p и коэффициент теплопроводности λ являются постоянными величинами, уравнению энергии (13) упрощается и принимает вид

$$\rho c_p \frac{dT}{dt} = \frac{dp_r}{dt} + \tilde{n}^2 \frac{d\rho}{dt} + \lambda \Delta T + \mu \Phi . \qquad (14)$$

Воспользовавшись уравнением состояния (8), можно исключить давление p_r и представить уравнение энергии (14) следующим образом

$$\rho c_v \left(\frac{\partial T}{\partial t} + \overline{V} \cdot \nabla T \right) = (\gamma + 1) RT \left(\frac{\partial \rho}{\partial t} + \overline{V} \cdot \nabla \rho \right) + \lambda \Delta T + \mu \Phi \cdot \qquad (15)$$

Выводы

Уравнение переноса импульса (10) и уравнение энергии (15) совместно с уравнением неразрывности образуют замкнутую непротиворечивую систему дифференциальных уравнений в частных производных относительно скорости, плотности и температуры. В отличие от классического случая, где уравнение движения и энергии связаны одним и тем же термодинамическим процессом, в данном случае термодинамические процессы переноса импульса и энергии различны. Независимо от условий теплообмена импульс всегда переносится изэнтропически, что обеспечивает распространение малых возмущений в потоках жидкости с адиабатической скоростью звука. Апробация полученной системы уравнений на решении задач, связанных с описанием закрученных течений в зазоре между вращающимися цилиндрами, в вихревых камерах и вихревой трубе Ранка-Хилша показала удовлетворительное совпадение теоретических выводов с экспериментом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черный Г. Г. Газовая динамика. М.: Наука, 1988. 424 с.
2. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа. М.: Наука, 1970. 904 с.
3. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Гидродинамика. М.: Наука, 1986. 736 с.
4. Тютюма В. Д. Система уравнений локально неравновесного течения вязкой сжимаемой среды // Вести НАН Беларуси. Сер. Физ.- техн. наук. 2010. № 1. С 77 – 81.
5. Тютюма, В. Д. Концептуальные особенности построения теории вязких течений сжимаемых сред // Инж.-физ. Журн. 2012. Т. 85. №2. С. 333–335.
6. Тютюма, В. Д. Решение тепловой задачи в сдвиговом потоке локально-неравновесного течения вязкой жидкости // Докл. НАН Беларуси. 2014. Т. 58. № 4. С. 106–109.
7. Тютюма, В. Д. Распределение давления в кольцевом зазоре между вращающимися соосными цилиндрами при больших напряжениях сдвига // Инж.-физ. Журн. 2015. Т. 88. № 6. С. 1476–1479.

УДК 697.95 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-129-133

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ
MODELING AND ASSESSMENT OF THE AIR QUALITY OF INDUSTRIAL PREMISES

Седляров Олег Иванович, Костылева Валентина Владимировна, Алейников Вадим Юрьевич , Куранов Вячеслав Викторович
Oleg I. Sedlyarov, Valentia V. Kostyleva, Vadim Yu. Aleynikov, Vyacheslav V. Kuranov

Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Россия, Москва
The Kosygin State University of Russia, Russia, Moscow
(e-mail: Sedlyarov-oi@rguk.ru)

Аннотация: Рассмотрены современные подходы к оценке качества воздушной среды в производственных помещения промышленных предприятий. Отмечено, что для оценки эффективности и качества работы вентиляции на ряду с традиционными показателями, такими как температура, относительная влажность, скорость движения воздуха и концентрация загрязняющих веществ, начинают активно использовать новый показатель – локальный средний «возраст» воздуха (*local mean age of air - LMA*). Приведены результаты моделирования локальный средний «возраст» воздуха.

Abstract: Modern approaches to assessing the quality of the air environment in the production premises of industrial enterprises are considered. It is noted that a new indicator – the local mean age of air (LMA) - is being actively used to assess the efficiency and quality of ventilation along with traditional indicators, such as temperature, relative humidity, air velocity and concentration of pollutants. The results of modeling the local average" age " of the air are presented.

Ключевые слова: системы отопления, вентиляции и кондиционирования; локальный средний «возраст» воздуха; качество воздушной среды производственных помещений.

Keywords: HVAC system, local mean age of air (LMA), air quality of industrial premises.

Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха должны обеспечивать качество воздушной среды в производственных помещениях, чтобы создавать и поддерживать оптимальные и допустимые нормативные требования для сохранения здоровья производственного персонала и поддержания комфортных и безопасных условий работы.

К традиционным показателям, которые учитываются при проектировании систем вентиляции, относятся температура, относительная влажность и скорость воздуха, а также концентрация загрязняющих веществ. Для определения расхода и температуры приточного воздуха в центральных системах вентиляции и кондиционирования применяются требования Свода правил СП 60.13330.2020 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха снип 41-01-2003» [1]. Так расход приточного воздуха L, м3/ч, для системы вентиляции и кондиционирования следует определять расчетом и принимать большим из расходов, требуемых для обеспечения:

- санитарно-гигиенических норм;
- норм взрывопожарной безопасности;
- условий, исключающих образование конденсата.

Расход воздуха следует определять отдельно для теплого и холодного периодов года и переходных условий из условия ассимиляции тепло- и влаговыделений и по массе выделяющихся вредных или взрывоопасных веществ, принимая большую из величин.

Определение необходимого воздухообмена по избыткам явной теплоты [1]:

$$L = L_{w,z} + \frac{3.6Q - cL_{w,z}(t_{w,z} - t_{in})}{c(t_l - t_{in})} \quad (1)$$

Определение необходимого воздухообмена по массе [1] выделяющихся вредных и взрывоопасных веществ:

$$L = L_{w,z} + \frac{m_{po} - L_{w,z}(q_{w,z} - q_{in})}{(q_l - q_{in})} \quad (2)$$

При одновременном выделении в помещение нескольких вредных веществ, обладающих эффектом суммации действия, воздухообмен следует определять, суммируя расходы воздуха, рассчитанные по каждому из этих веществ.

Определение необходимого воздухообмена по избыткам влаги (водяного пара) [1]:

$$L = L_{w,z} + \frac{W \quad - 1{,}2L_{w,z}(d_{w,z} - d_{in})}{1{,}2(d_l - d_{in})} \quad (3)$$

Для помещений с избытком влаги следует проверять достаточность воздухообмена для предупреждения образования конденсата на внутренней поверхности наружных ограждающих конструкций при расчетных параметрах Б наружного воздуха в холодный период года.

Определение необходимого воздухообмена по избыткам полной теплоты [1]:

$$L = L_{w,z} + \frac{3{,}6Q_{h,f} - 1{,}2L_{w,z}(I_{w,z} - I_{in})}{1{,}2(I_l - I_{in})} \quad (4)$$

Определение необходимого воздухообмена по нормируемой кратности воздухообмена [1]:

$$L = V_p n \quad (5)$$

Определение необходимого воздухообмена по нормируемому удельному расходу приточного воздуха [1]:

$$L = Ak \quad (6)$$

$$L = Nm \quad (7)$$

где в формулах (1) - (7):

$L_{w,z}$ - расход воздуха, удаляемого из обслуживаемой или рабочей зоны помещения системами местных отсосов, и на технологические нужды, м^3/ч ;

$Q,\ Q_{h,f}$ - избыточный явный и полный тепловой потоки в помещении, ассимилируемые воздухом центральных систем вентиляции и кондиционирования, Вт;

c - теплоемкость воздуха, равная 1,006 кДж/(кг °С);

$t_{w,z}$ - температура воздуха, удаляемого системами местных отсосов в обслуживаемой или рабочей зоне помещения, и на технологические нужды, °С;

t_l - температура воздуха, удаляемого из помещения за пределами обслуживаемой или рабочей зоны, °С;

t_{in} - температура воздуха, подаваемого в помещение, °С;

W - избытки влаги в помещении, ассимилируемые воздухом центральных систем вентиляции и кондиционирования, г/ч;

$d_{w,z}$ - влагосодержание воздуха, удаляемого из обслуживаемой или рабочей зоны помещения системами местных отсосов, и на технологические нужды, г/кг;

d_l - влагосодержание воздуха, удаляемого из помещения за пределами обслуживаемой или рабочей зоны, г/кг;

d_{in} - влагосодержание воздуха, подаваемого в помещение, г/кг;

$I_{w,z}$ - удельная энтальпия воздуха, удаляемого из обслуживаемой или рабочей зоны помещения системами местных отсосов, и на технологические нужды, кДж/кг;

I_l - удельная энтальпия воздуха, удаляемого из помещения за пределами обслуживаемой или рабочей зоны, кДж/кг;

I_{in} - удельная энтальпия воздуха, подаваемого в помещение, кДж/кг, определяемая с учетом повышения температуры;

m_{po} - расход каждого из вредных или взрывоопасных веществ, поступающих в воздух помещения, мг/ч;

$q_{w,z}$, q_l - концентрация вредного или взрывоопасного вещества в воздухе, удаляемом соответственно из обслуживаемой или рабочей зоны помещения и за их пределами, мг /м^3

q_{in} - концентрация вредного или взрывоопасного вещества в воздухе, подаваемом в помещение, мг м^3/

V_p - объем помещения, м^3; для помещений высотой 6 м и более следует принимать:

$$V_p = 6A$$

где А – площадь помещения, м^2;

N - число людей (посетителей), рабочих мест, единиц оборудования;

n - нормируемая кратность воздухообмена, ч$^{-1}$

k - нормируемый расход приточного воздуха на 1 м^2 пола помещения, м^3 /(ч м^2)

m - нормируемый удельный расход приточного воздуха на 1 чел., м^3/ч, на одно рабочее место, на одного посетителя или единицу оборудования.

Температуру приточного воздуха, подаваемого системами вентиляции с искусственным побуждением и кондиционирования воздуха, t_{in}, °С, следует определять по формулам [1]:

а) при необработанном наружном воздухе

$$t_{in} = t_{ext} + 0{,}001p \quad (8)$$

б) при наружном воздухе, охлажденном циркулирующей водой по адиабатному циклу, снижающей его температуру на Δt_1 ,°С

$$t_{in} = t_{ext} - \Delta t_1 + 0{,}001p \quad (9)$$

в) при необработанном наружном воздухе и местном доувлажнении воздуха в помещении, снижающем его температуру на Δt_2 ,°С

$$t_{in} = t_{ext} - \Delta t_2 + 0{,}001p \quad (10)$$

г) при наружном воздухе, нагретом в воздухонагревателе, повышающем его температуру на Δt_3 ,°С

$$t_{in} = t_{ext} + \Delta t_3 + 0{,}001p \quad (11)$$

где в формулах (8) - (11):

p – полное давление вентилятора, Па; t_{ext} – температура наружного воздуха, °С.

Минимальные расходы наружного воздуха на одного человека [1] представлены в таблице 1.

Одним из относительно новых показателей оценки эффективности системы вентиляции служит локальный средний «возраст» воздуха [2], характеризующий средний срок пребывания воздуха в рассматриваемой зоне, в течение которого в нем накапливались загрязняющие вещества. Концепцию «возраста» воздуха (*age of air*) для изучения эффективности вентиляции впервые предложил Сандберг [3]. Эта концепция позволила оценить не только эффективность системы общеобменной вентиляции, но и местной вентиляции во всех точках помещения. Сандберг и Шоберг [4] использовали термины «возраст» (age) и «время пребывания» (residence time). Возраст воздуха означает время, в течение которого приток свежего воздуха извне достигает определенной точки внутри помещения. Приток обычно достигает произвольной точки по различным путям; статистически среднее значение возраста воздуха определяется как локальный средний возраст (local mean age, LMA). Кроме того, воздух (с загрязнениями) также достигают выхода из помещения различными путями; среднее значение времени пребывания до выхода из назначенной точки определяется как локальное среднее время пребывания (local mean esidual lifetime, LMR).

В настоящее время в ГОСТ [2] определены только экспериментальные методы определения локального среднего «возраста» воздуха для замкнутых помещений с применением индикаторного газа: методика убывания содержания индикаторного газа, методика активного равномерного введения индикаторного газа и методика пассивного равномерного введения индикаторного газа.

Таблица 1 – Минимальный расход, м^3 /ч, наружного воздуха на одного человека

Помещения	Расход воздуха в помещениях, м^3/ ч	
	с естественным проветриванием	без естественного проветривания
Производственные	30	60
Общественные здания административного назначения*	40	60 20**
Жилые при общей площади квартиры на одного человека: более 20 м^2 менее 20 м^2	 30*** 3 м^3/ч на 1 м^2 жилой площади	 60
* Норма наружного воздуха приведена для помещений кабинетов, офисов общественных зданий административного назначения. В других помещениях общественного назначения норму наружного воздуха следует принимать по требованиям соответствующих нормативных документов. ** Для помещений, в которых люди находятся не более 2 ч непрерывно (кинотеатры, театры и др.). *** Не менее 0,35 воздухообмена в час, определяемого по общему объему квартиры.		

К индикаторным газам предъявляют следующие требования:

- обеспечивать возможность определения выбранных индикаторных газов при их низком содержании с помощью доступных средств измерений:
- должны быть нетоксичными и безопасными для здоровья при их содержании в воздухе в диапазоне, применяемом при исследовании;
- должны быть химически инертными, стабильными, не иметь запаха и вкуса;
- насколько возможно, не должны адсорбироваться на стенах помещения, мебели или других поверхностях;
- должны быть невоспламеняющимися и взрывобезопасными;
- не должны обычно присутствовать в воздухе замкнутого помещения или наружном атмосферном воздухе;
- должны присутствовать в атмосферном воздухе (при их наличии в нем) в количестве, значительно более низком, чем определяемое при анализе;
- должны быть легко транспортируемыми и легкими в обращении;
- должны обладать способностью легко смешиваться с воздухом;
- не должны оказывать неблагоприятного воздействия на окружающую среду;
- должны выпускаться серийно и быть недорогими.

Экспериментальные методы определения локального среднего «возраста» воздуха имеет недостаток, связанный с невозможностью его применения на этапе проектирования. На этапе проектирования целесообразно использовать методы математического моделирования. Для решения подобного рода задач широкое применение находят методы вычислительной гидродинамики (Computational Fluid Dynamics, CFD).

На рисунке 1 представлены результаты моделирования динамики изменения среднего времени пребывания воздуха в конкретных точках помещения в различные моменты времени.

В результате работы было установлено, что на сегодняшний день отсутствуют методики по оценке и прогнозированию параметров качества воздушной среды, а именно определению локального среднего «возраста» воздуха в производственных помещениях, как одного из факторов, характеризующих эффективность функционирования системы вентиляции.

Разработана математическая модель тепломассопереноса в производственном цехе, с помощью которой как на стадии проектирования, так и на стадии функционирования промышленного предприятия возможен расчет локального времени пребывания воздуха в любой точке помещения. Использование математического моделирования позволяет уже на стадии проектирования избежать ошибок и гарантирует обеспечение нормативных требований как для помещения в целом, так и для каждого отдельного рабочего места.

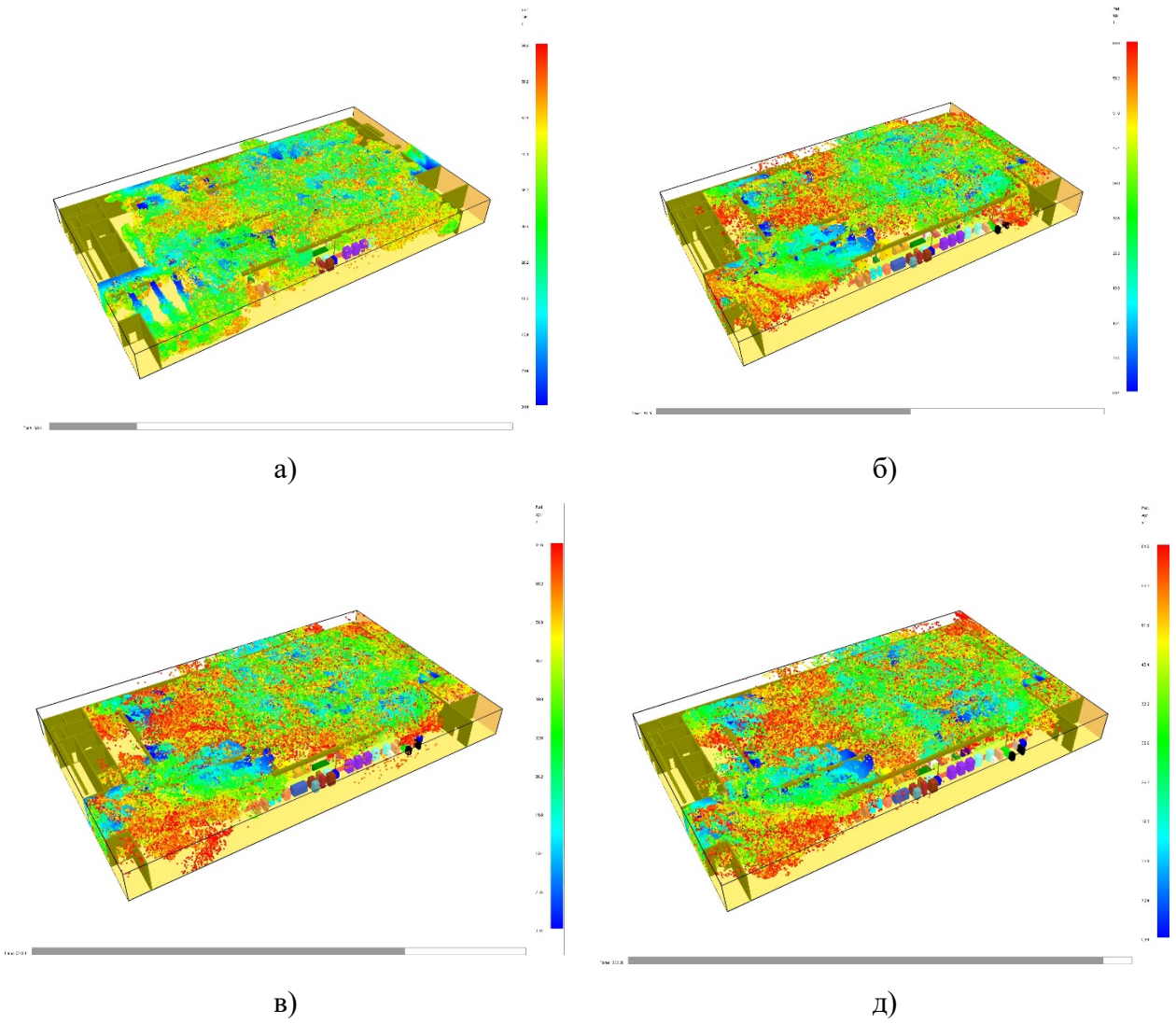


Рисунок 1 – Определение локального времени пребывания воздуха в конкретных точках помещения в момент времени:
а) 60 с; б) 120 с; в) 180 с; д) 300 с

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Свод правил СП 60.13330.2020 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха снип 41-01-2003» (утв. приказом Министерства регионального развития РФ от 30 июня 2012 г. N 279)

2. ГОСТ Р ИСО 16000-8-2011 Воздух замкнутых помещений. Часть 8. Определение локального среднего «возраста» воздуха в зданиях для оценки условий вентиляции – М., Стандартинформ, 2012, 42 с.

3. Sandberg, M. (1981) What is ventilation efficiency. Building and Environment, 16(2), p. 123-135

4. Sandberg, M, & Sjoberg, M.(1983). The use of moments for assessing air quality in ventilated rooms. Building and Environment, 18(4), 181-197.

СЕКЦИЯ 5. «СОВРЕМЕННЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ И НАНОМАТЕРИАЛОВ»

УДК 677.017.8 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-134-138

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ НА СВОЙСТВА ВОДОЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ
INFLUENCE OF TEMPERATURE AND HUMIDITY ON THE PROPERTIES OF WATERPROOF MATERIALS FOR SPECIAL CLOTHING

Ивашко Екатерина Игоревна, Буркин Александр Николаевич
Ekaterina I. Ivashko, Alexander N. Burkin

Витебский государственный технологический университет,
Республика Беларусь, Витебск
Vitebsk State Technological University, Belarus, Vitebsk
(e-mail: ivashkokatrinka@mail.ru; standart.vstu@yandex.by)

Аннотация: В статье представлены результаты исследования влияния температуры и влажности при моделировании условий эксплуатации на водопроницаемость мембранных материалов двухслойной структуры на текстильной основе с гидрофобным мембранным слоем. В ходе проведенной работы установлено, что на изменение уровня водопроницаемости в большей степени оказывает влияние изменение температуры.

Abstract: The article presents the results of a study of the effect of temperature and humidity when simulating operating conditions on the water permeability of membrane materials of a two-layer structure on a textile basis with a hydrophobic membrane layer. In the course of the work carried out, it was found that the change in the level of water permeability is largely influenced by the change in temperature.

Ключевые слова: водопроницаемость, мембранные материалы, температура, влажность, многоцикловой изгиб.

Keywords: water permeability, membrane materials, temperature, humidity, multi-cycle bending.

Для изготовления специальной одежды используют материалы, обеспечивающие защиту человека от внешних воздействий. Опасности высоких или низких температур, искр, пламени, кислот и щелочей, влаги, ветра и механических воздействий требуют использования разных материалов, отличающихся не только по составу, но и по структуре, виду пропитки или дополнительного покрытия.

Сегодня во всем мире большое внимание уделяется композиционным материалам, представляющим достойную альтернативу традиционным однокомпонентным материалам. Благодаря своей сложной структуре эти материалы обладают повышенными потребительскими свойствами. Среди материалов для одежды к композиционным относятся мембранные материалы, обладающие высоким уровнем водопроницаемости. Мембранный слой, обеспечивающий потребительскую ценность этих материалов, может быть пористым (из гидрофобных полимеров), монолитным (из гидрофильных полимеров) или комбинированным [1-3]. Ассортимент мембранных одежных материалов открывает перед производителями одежды специального назначения новые возможности обеспечения защиты от неблагоприятных погодных условий, улучшения микроклимата в пододёжном пространстве при значительном облегчении пакета материалов. Однако в Республике Беларусь производство таких материалов только налаживается и исследовательского материала о стабильности уровня водопроницаемости в зависимости от действия различных факторов недостаточно.

Условия эксплуатации текстильных материалов для специальной одежды таковы, что материалы подвергаются многократным механическим и физико-химическим воздействиям, которые приводят к изменению уровня свойств материалов. Мембранным материалам присущ изначально высокий уровень водопроницаемости и неизвестно, какое влияние оказывают температура и влажность окружающего воздуха на их водозащитные свойства в процессе эксплуатации.

В рамках выполнения задания по Государственной программе научных исследований «Физическое материаловедение, новые материалы и технологии» в УО «ВГТУ» была разработана методика, позволяющая прогнозировать стабильность уровня водопроницаемости мембранных материалов при эксплуатации [4]. Методика может быть использована при контроле качества мембранных текстильных материалов для одежды и устанавливает общие требования к проведению испытаний на стабильность уровня водопроницаемости при многократном изгибе и различных температурно-влажностных воздействиях. Результаты апробации методики при нормальных условиях описаны в источнике [5].

Методика [4] применена для определения степени влияния температуры и влажности на уровень водопроницаемости мембранных материалов двухслойной структуры с пористым гидрофобным полиэфируретановым мембранным слоем. Был проведен полный факторный эксперимент, включающий моделирование эксплуатационных воздействий на материалы для водозащитной специальной одежды, эксплуатируемой в течение 1 года в осенне-весенний период на территории Республики Беларусь.

Цель работы – установить степень сохранности водозащитных свойств и приоритет факторов, влияющих на водопроницаемость мембранных материалов для одежды, защищающей от воды, в условиях эксплуатации.

В качестве исследуемых образцов были выбраны три артикула мембранных материалов двухслойной структуры, выработанных на тканой основе, применяемых для изготовления водозащитной одежды специального назначения, используемой в весенне-осенний период. Полимерный мембранный слой всех образцов - пористый гидрофобный полиэфируретановый. Характеристика исследуемых образцов представлена в таблице 1. При определении водопроницаемости материалов использовался гидростатический прибор и методика, характеристика которых представлена в источнике [6].

Испытание проводили по методике [4] с использованием флексометра типа ИПК-2М, установленного в климатической камере YTH-408-40-1P. Прибор моделирует сложное деформированное состояние пробы материала, соответствующее реальным условиям эксплуатации: циклические знакопеременный изгиб, кручение, сжатие и растяжение. Образцы подвергали 15 000 циклов многократного изгиба, что по данным К. Г. Гущиной [7] соответствует в среднем году носки.

Таблица 1 – Характеристика исследуемых образцов

Номер образца	Сырьевой состав текстильного слоя	Описание структуры мембранного слоя	Поверхностная плотность, г/м^2	Переплетение тканого текстильного слоя	Начальный уровень водопроницаемости, МПа
1	Полиэфир	Гидрофобный Пористый	135	полотняное	0,10
2	Полиамид		142	саржевое	0,19
3	Полиэфир		125	полотняное	0,07

Диапазон и интервалы варьирования управляемых факторов определяли исходя из данных средних значений многолетних наблюдений климатических характеристик в весенне-осенний период на территории Республики Беларусь [8]. Управляемые факторы и уровни их варьирования представлены в таблице 2. Матрица планирования эксперимента представлена в таблице 3.

Таблица 2 – Управляемые факторы и уровни их варьирования

Обозначение и наименование факторов	Уровни варьирования			Интервал
	-1	0	+1	
X_1 – температура воздуха (T)	0	+5	+10	5 °C
X_2 – влажность воздуха (W)	60	70	80	10 %

Таблица 3 – Матрица планирования эксперимента

№ п/п	Кодированные значения		Натуральные значения		Y1 Водопроницаемость образца №1, МПа	Y2 Водопроницаемость образца №2, МПа	Y3 Водопроницаемость образца №3, МПа
	X_1 Температура воздуха, °C	X_2 Влажность воздуха, %	X_1 Температура воздуха, °C	X_2 Влажность воздуха, %			
1	+1	+1	+10	80	0,08	0,15	0,04
2	+1	0	+10	70	0,09	0,16	0,04
3	+1	-1	+10	60	0,09	0,17	0,05
4	0	+1	+5	80	0,07	0,12	0,02
5	0	0	+5	70	0,07	0,13	0,02
6	0	-1	+5	60	0,08	0,14	0,03
7	-1	+1	0	80	0,04	0,11	0
8	-1	0	0	70	0,05	0,12	0,01
9	-1	-1	0	60	0,06	0,13	0,01

Далее с помощью прикладного программного пакета для эконометрического моделирования «Gretl» были найдены оценки коэффициентов регрессии. Уравнения регрессии для исследуемых образцов имеют вид (1.1 – 1.3):

$$Y1=0{,}0983+0{,}0037\cdot X_1-0{,}0006\cdot X_2 \quad (1.1)$$
$$Y2=0{,}1867+0{,}0040\cdot X_1-0{,}0010\cdot X_2 \quad (1.2)$$
$$Y3=0{,}0411+0{,}0037\cdot X_1-0{,}0005\cdot X_2 \quad (1.3)$$

Оценка качества моделей показала, что регрессионная модель (1.1) объясняет 95%, (1.2) – 94%, а (1.3) – 97% изменений выходного параметра. Коэффициенты регрессионных уравнений значимы. С помощью пакета прикладных программ «Statistica for Windows» были построены поверхности отклика моделей (рисунок 1а – для 1.1; 1б – для 1.2; 1в – для 1.3), представленные на рисунке 1.

На рисунке 1 прослеживается явная зависимость уровня водопроницаемости от температуры окружающего воздуха. Самые низкие значения уровня водопроницаемости после многоцикловых нагрузок в 15 000 циклов наблюдаются при 0 °C у всех исследуемых образцов. Образцы №1 и №2 сохранили более 40% от начального уровня водопроницаемости, тогда как образец №3 полностью утратил свои водозащитные свойства при воздействии на него нулевой температуры воздуха. В связи с этим образец №3 не рекомендуется для изготовления водозащитной спецодежды, поскольку при эксплуатации в течение года в климатических условиях, характерных для Республики Беларусь, он может полностью потерять способность защищать от воды.

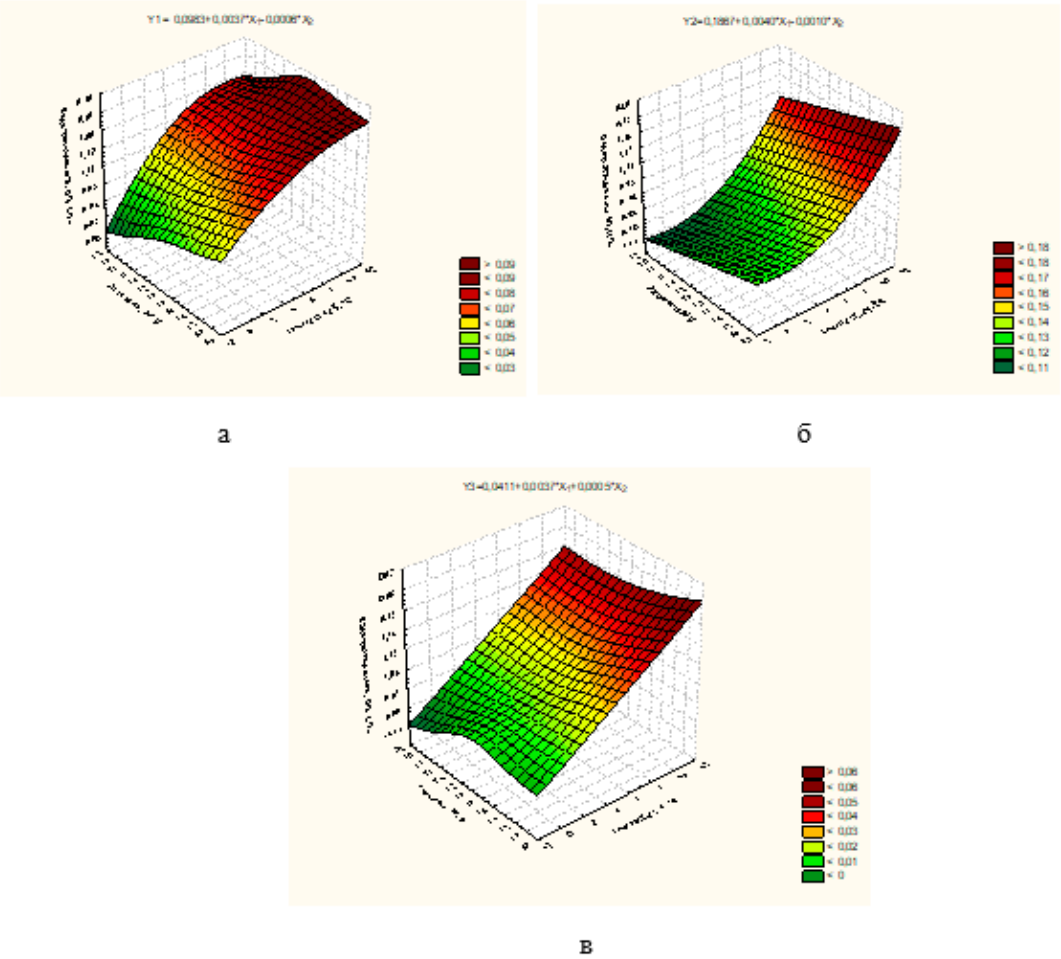


Рисунок 1 – Поверхности отклика рассматриваемых регрессионных моделей

Для накопления исследовательских знаний в вопросе влияния различных факторов на уровень водопроницаемости мембранных материалов целесообразно провести полный факторный эксперимент по методике [4], где в качестве входного параметра будет использоваться количество циклов многоцикловой нагрузки.

Выводы

В процессе эксплуатации неизбежно происходит падение уровня показателя водопроницаемости. Анализируя полученные регрессионные модели и поверхности отклика можно сделать заключение о том, что на уровень водопроницаемости незначительное влияние оказывает изменение уровня влажности окружающего воздуха в рассматриваемом диапазоне, обусловленном условиями эксплуатации.

Основным фактором, влияющим на водопроницаемость мембранных материалов двуслойной структуры на тканой основе с гидрофобным мембранным слоем, применяемых для изготовления водозащитной одежды специального назначения в заявленных условиях эксплуатации, является температура воздуха.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Lomax G.R.* Breathable polyurethane membranes for textile and related industries // Journal of Materials Chemistry, 2007. Issue 27 P.2775

2. *Sen A.K.* Coated Textiles: Principles and Applications. Florida: CRC Press, Boca Raton, 2008. P. 241

3. *Абдуллин И. Ш., Ибрагимов Р. Г., Зайцева О. В., Парошин В. В.* Современные методы изготовления композиционных мембран // Вестник казанского технологического университета, 2013. Т. 16 № 9 С. 24.

4. *Панкевич Д. К., Буркин А. Н., Ивашко Е. И.* Методика исследования водопроницаемости мембранных материалов при моделировании условий эксплуатации // сборник статей 7-й Междунар. науч.-технич. конф. «Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов». Могилев: Белорусско-Российский университет, 2020. С. 139.

5. *Панкевич Д. К., Ивашко Е. И* Влияние эксплуатационных воздействий на уровень водонепроницаемости композиционных текстильных материалов с мембраной // сборник статей Всероссийской научно-практической конференции с элементами научной школы для студентов и молодых ученых «Новые технологии и материалы легкой промышленности». Казань: КНИТУ, 2020. С. 361.

6. *Буркин А. Н., Панкевич Д. К.* Водонепроницаемость текстильных материалов. Разработка методики и прибора для исследования // Стандартизация. 2016. Вып. 4. С. 52.

7. Эксплуатационные свойства материалов для одежды и методы оценки их качества: справочник / Под ред. Гущиной К. Г. Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1984. С. 312.

8. Данные средних значений многолетних наблюдений климатических характеристик // 2021. https://belgidromet.by

УДК 691.175 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-138-141

ОСОБЕННОСТИ ЭНЕРГОРЕСУРСОЭФФЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОЛОКНОНАПОЛНЕННЫХ ПОЛИАМИДНЫХ КОМПОЗИТОВ
THE FEATURES OF ENERGY-EFFICIENT TECHNOLOGY OF FIBER-FILLED POLYAMIDE COMPOSITES

Волкова Евгения Сергеевна*, Борисова Наталья Валерьевна, Устинова Татьяна Петровна****
Evgeniya S. Volkova*, Nataliya V. Borisova, Tatyana P. Ustinova****

**Саратовский государственный технический университет – СГТУ имени Гагарина Ю.А., Россия, Саратов*
**Saratov State Technical University - SSTU named Gagarin Yu. A., Russia, Saratov (e-mail: sstu office@sstu.ru)*
***Энгельсский технологический институт (филиал) Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А. - ЭТИ СГТУ имени Гагарина Ю.А.*
***Engels Technological Institute (branch) Saratov State Technical University named Gagarin Yu. A. - ETI SSTU named Gagarin Yu. A., Russia, Engels (e-mail: eti@techn.sstu.ru)*

Аннотация: Показана перспективность использования энергоресурсоэффективного метода полимеризационного совмещения компонентов при получении композиционного материала с повышенными физико-механическими свойствами на основе полиамида 6 и полиакрилонитрильного технического жгутика.

Abstract: The prospects of using the energy-resource-efficient method of polymerization combination of components in the production of a composite material with increased physical and mechanical properties based on polyamide 6 and polyacrylonitrile technical flagellum are shown.

Ключевые слова: ε-капролактам, полиамид, полиакрилонитрильный технический жгутик – ПАН-ТЖ, полимеризационное совмещение.

Keywords: ε-caprolactam, polyamide, polyacrylonitrile technical flagellum-PAN-TJ, polymerization combination

Актуальной задачей современных промышленных производств, во многом определяющей перспективы их развития, является необходимость повышения

конкурентоспособности отечественных полимерных материалов, в том числе для решения задач импортозамещения полимеров и композитов на российском рынке, снижения техногенного воздействия на окружающую среду, а также использования инновационной технологии получения композитов, основанной на полимеризационном совмещении компонентов.

Большинство традиционных способов получения полимерных композиционных материалов на основе волокнистых наполнителей многостадийны, энергозатратны, отличаются экологической напряженностью, а также приводят к значительному износу технологического оборудования. К числу инновационных технических решений получения наполненных полимеров относится метод полимеризационного совмещения компонентов, суть которого заключается в полимеризации мономеров в присутствии дисперсных или волокнистых наполнителей. В этом случае достигается получение композитов с высоким содержанием наполнителя, его равномерное распределение в полимерной матрице и синтезируемый продукт представляет собой композицию, готовую к переработке [1].

При этом в результате полимеризации мономера на поверхности наполнителя, последний покрывается полимерной оболочкой, т.е. фактически капсулируется матричным полимером [2]. Таким образом обеспечивается повышение сродства полимерной матрицы к наполнителю в результате либо физического, либо химического взаимодействия в системе полимер – наполнитель.

Следует отметить также, что присутствие твёрдой фазы в зоне реакции полимеризации влияет на процесс синтеза полимерной матрицы, что позволяет варьировать свойства таких материалов в широких пределах и программировать их непосредственно на стадии синтеза композиции.

Метод полимеризационного наполнения используют, как правило, для получения полимерных композиционных материалов на основе термопластичных матриц. Это объясняется такими достоинствами термопластов [3-5] как:

- применение эффективных методов для их переработки;
- возможность получения крупногабаритных деталей сложной конфигурации;
- пониженная горючесть и токсичность продуктов горения, высокая стойкость к излучению;
- возможность их многократной переработки.

К числу наиболее распространенных представителей термопластичных полимеров в технологии полимеризационного наполнения композитов относится полиамид 6 (ПА-6). Доступность исходного сырья, простота методов производства исходного мономера - капролактама, высокий выход продукта определяют большие масштабы производства полиамида 6 и изделий на его основе [6].

В работе предложено использование при полимеризационном наполнении полиамида 6 метода катионной полимеризации [7,8]. Основным преимуществом полимеризации капролактама в присутствии ортофосфорной кислоты является проведение процесса при нормальном давлении в течение непродолжительного времени. В случае одновременного введения ортофосфорной кислоты в реакционную массу с карбоновыми кислотами как стабилизаторов молекулярной массы полимерного материала, вязкость расплава во время нахождения в экструдере практически не изменяется и, следовательно, использование в промышленной технологии полимерных композитов на основе полиамида 6 ортофосфорной кислоты в качестве катализатора для полимеризации ε-капролактама может быть эффективно.

К числу перспективных наполнителей полимерных композиционных материалов инженерно-технического назначения следует отнести волокнистые наполнители [9], в частности, полиакрилонитрильные волокна и нити, представляющие собой один из наиболее распространенных видов, промышленно освоенных карбоцепных синтетических волокон. Это связано с их особыми свойствами: объемностью, низким коэффициентом теплопроводности, способностью к циклизации. что позволяет использовать волокнистые ПАН материалы в

качестве сырья для углеродных волокон [10], а также в качестве наполнителя на стадии синтеза полиамида 6 [11,12].

Использование метода полимеризационного совмещения компонентов позволило получить наполненный техническим ПАН-жгутиком (ПАН-ТЖ) полиамид 6, новый по своему химическому составу (рисунок 1), который сочетает в себе характерные для термопластичной матрицы и волокнистого наполнителя реакционноспособные группы (кривая 2).

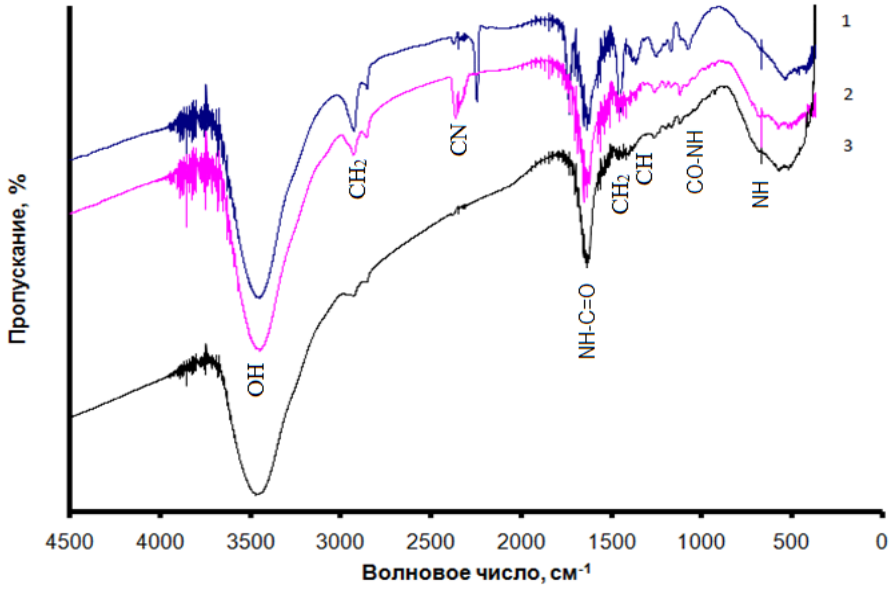


Рисунок 1 – ИК-спектры исходных ПАН-ТЖ (1) и ПА-6 (3), наполненного ПА-6 с 10 % содержанием ПАН-ТЖ (2).

Синтезированный композиционный материал на основе ПА-6 и ПАН-ТЖ (рисунок 2). характеризуется повышенной прочностью при сдвиге (40 МПа) и сжатии (75 МПа), отличается достаточно высокой твердостью по Бринеллю (174 МПа) и теплостойкостью по Вика (257°С). При этом сокращается число технологических стадий и экологическая напряженность процесса, снижаются износ оборудования и энергетические затраты по сравнению с традиционной экструзионной технологией наполнения.

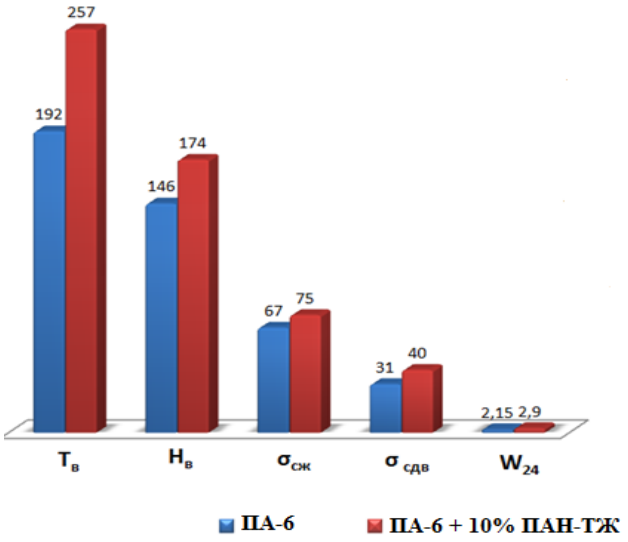


Рисунок 2 – Физико-механические свойства синтезированного материала: $T_в$ - теплостойкость по Вика, °С; $H_в$ – твердость по Бринеллю, МПа; $\sigma_{сж}$, $\sigma_{сдв}$ – разрушающее напряжение при сжатии и межслоевом сдвиге, МПа; W_{24} – водопоглощение за 24 часа, %.

Выводы

В работе показана физико-механическими свойствами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология / под ред. Берлина А. А. – СПб.: Профессия, 2018. – 600 с.

2. Научно-технические проблемы получения композиционных материалов на основе конструкционных термопластов / Т.П. Кравченко, С.Н. Ермаков, М.Л. Кербер, В.А. Костягина // Пластические массы. – 2010. - № 10. – С. 32-36.

3. Термопластичные связующие. Настоящее и будущее / А.И. Ткачук, Т.А. Гребенева, Л.В. Чурсова, Н.Н. Панина // Труды ВИАМ. – 2013. – № 11. – С. 7.

4. Алентьев, А.Ю. Связующие для полимерных композиционных материалов / А.Ю. Алентьев, М.Ю. Яблокова. – М.: МГУ имени М.В. Ломоносова, 2010. – 69 с.

5. Петрова, Г.Н. Конструкционные материалы на основе армированных термопластов / Г.Н. Петрова, Э.Я. Бейдер // Российский химический журнал. – 2010. – Т. LIV. – № 1. – С. 34–40.

6. Бортников, В. Г. Теоретические основы и технология переработки пластических масс / В.Г. Бортников. –М.: НИЦ ИНФРА-М, 2017. – 480 с.

7. Силантьева, В.Г. Особенности полимеризации капролактама, катализируемой фосфорной кислотой / В.Г. Силантьева, Л.Н. Мизеровский, А.Н. Быков // Химические волокна. – 1979. – № 2. – С. 22-26.

8. Силантьева, В.Г. Полимеризация капролактама в присутствии активирующих систем на основе фосфорной кислоты / В.Г. Силантьева, Л.Н. Мизеровский, А.Н. Быков // Химические волокна. – 1987. – № 2. – С.19-23.

9. Панова, Л.Г. Наполнители для полимерных композиционных материалов: учеб. пособие / Л.Г. Панова. – Саратов: СГТУ, 2010. – 64 с.

10. Устинова, Т.П. Физико-химические и технологические особенности получения ПАН-волокон и нитей: учебное пособие / Т.П. Устинова, Н.Л. Левкина, Н.В. Борисова - Энгельс: Изд-во ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2019. - 40 с.

11. Жильцова, И.В Исследование возможности использования окисленного ПАН жгутика при полимеризационном наполнении полиамида 6 / И.В. Жильцова, Н.Г. Зубова, Н.Л. Левкина, Т.П. Устинова // Химические волокна. - 2010. - № 5. - С.27-29.

12. Зубова, Н.Г. Исследование структуры и свойств наполненного ПА-6 на основе ПАН-прекурсора / Н.Г. Зубова, Н.В. Борисова, Т.П. Устинова // Сб. трудов Междунар. науч.-практ. конф.-семинара «Волокна и пленки-2011». - Могилёв: МГУП, 2011. – С. 20-23.

УДК 547.979 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-142-146

АНАЛИЗ СТАБИЛИЗАЦИИ БЕТА-КАРОТИНА И КРАСНОГО СВЕКОЛЬНОГО КРАСИТЕЛЯ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ
ANALYSIS OF BETA-CAROTENE AND RED BEET DYE STABILIZATION BY SPECTROPHOTOMETRIC METHODS

Гудок Антон Александрович, Никульников Федор Михайлович, Кобраков Константин Иванович
Anton A. Gudok, Fedor M. Nikulnikov, Konstantin I. Kobrakov

Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Россия, Москва
The Kosygin State University of Russia, Russia, Moscow
(e-mail: antongoodok@gmail.com, 70929@stud.rguk.ru, kobrakovk@mail.ru)

Аннотация: Предложены новые методы стабилизации натуральных красителей бета-каротина и красного свекольного введением антиокислителей и дальнейший анализ эффективности спектрофотометрическими методами.

Abstract: New methods of stabilization of natural dyes beta-carotene and red beetroot by the introduction of antioxidants and further analysis of efficiency by spectrophotometric methods are proposed.

Ключевые слова: бета-каротин, красный свекольный краситель, стабилизация, антиокислители.

Keywords: beta-carotene, red beet dye, stabilization, antioxidants.

Красители являются одними из наиболее универсальных по применению ингредиентов для различных видов промышленности. Они используются в косметической, фармацевтической, пищевой и многих других отраслях. Именно цвет дает внешнюю привлекательность тому или иному продукту для покупателя. Недавняя рыночная тенденция к увеличению спроса на натуральные, органические и экологически чистые продукты стимулирует спрос на товары, в которых используется натуральное сырье, что в свою очередь стимулирует рынок натуральных красителей. Косметика — это самый быстрорастущий сегмент на мировом рынке, при среднегодовом темпе роста около 11% в течение прогнозируемого периода. Растущее число потребителей с экологичными взглядами и развивающаяся тенденция в отношении всех натуральных продуктов повышает рост этого сегмента на мировом рынке. Натуральные красящие вещества используются в различных продуктах: от кремов, зубных паст, текстиля и до напитков, с целью улучшения органолептических свойств, что приводит к более высокому спросу на мировом рынке натуральных красителей. Однако, существует ряд объективных причин, сужающих область их применения ввиду технологических особенностей, а именно нестабильности. Они могут разрушаться под действием таких факторов как температура, солнечных свет или изменение pH. Использование компонентов, улучшающих стойкость натуральных красителей, сможет способствовать их распространению на рынке [1,2].

Таким образом для исследования стабилизации были выбраны два красителя, обладающих различными антиоксидантными свойствами, которые благоприятно влияют на организм человека: бета-каротин E160a и красный свекольный E162. При этом бета-каротин чувствителен к свету и разрушается при воздействии солнечных и ультрафиолетовых лучей, а беталаин в свекольном красителе окисляется при высоких температурах, приобретая коричневый оттенок [3,4].

Проведя анализ литературы, для стабилизации каротиноидов были выбраны следующие стабилизаторы: смесь токоферолов, олеорезин розмарина на носителе и экстракт розмарина с содержанием карнозиновой кислоты 5% [5]. Было выявлено, что наиболее

оптимальным решением является добавление 5% антиокислителя, к массе красителя, при этом также исследованы комплексы токоферолов и экстрактов розмарина, с добавлением каждого по 5% к массе красящего вещества (10% в общем). Для проведения анализа была сделана подготовка проб: 0,1 мг красителя и 0,005 мг антиокислителя были взвешены и перенесены в мерную колбу емкостью 100 мл. Затем каждый образец был диспергирован в дистиллированной воде, после чего колбы заполнили до 100 мл. Далее 1 мл. каждого образца был перенесен в колбу на 50 мл, которые дополнили ацетоном до метки. Смешивание производилось переворачиванием колбы, предварительно закупорив горлышко колбы с помощью пробки. Каждый образец был измерен на абсорбцию на спектрофотометре Unico 2800 на пике максимума приблизительно 450 нм, против ацетона. Для анализа действия антиокислителей первичные растворы были оставлены на солнечном свете на 3 дня, после чего были проведены повторные исследования. Результаты представлены в таблице 1. и на рисунке 1.

Таблица 1 – результаты стабилизации бета-каротина E160a.

№	**Описание**	**Название образца**	**AU (450,00nm)** День 1	**AU (450,00nm)** День 3
1.	Образец, не проходивший обработку светом	Etalon		0,6813
2.	Контроль	Control	0,6934	0,6044
3.	Добавление олеорезина розмарина 5% к массе красителя	OR5%	0,7234	0,6709
4.	Добавление экстракта розмарина 5% к массе красителя	ER5%	0,7255	0,7018
5.	Добавление смеси токоферолов 5% к массе красителя	T5%	0,7013	0,6154
6.	Добавление олеорезина розмарина и смеси токоферолов по 5% к массе красителя	ORT5%	0,6853	0,6487
7.	Добавление экстракта розмарина и смеси токоферолов по 5% к массе красителя	ERT5%	0,7121	0,7223

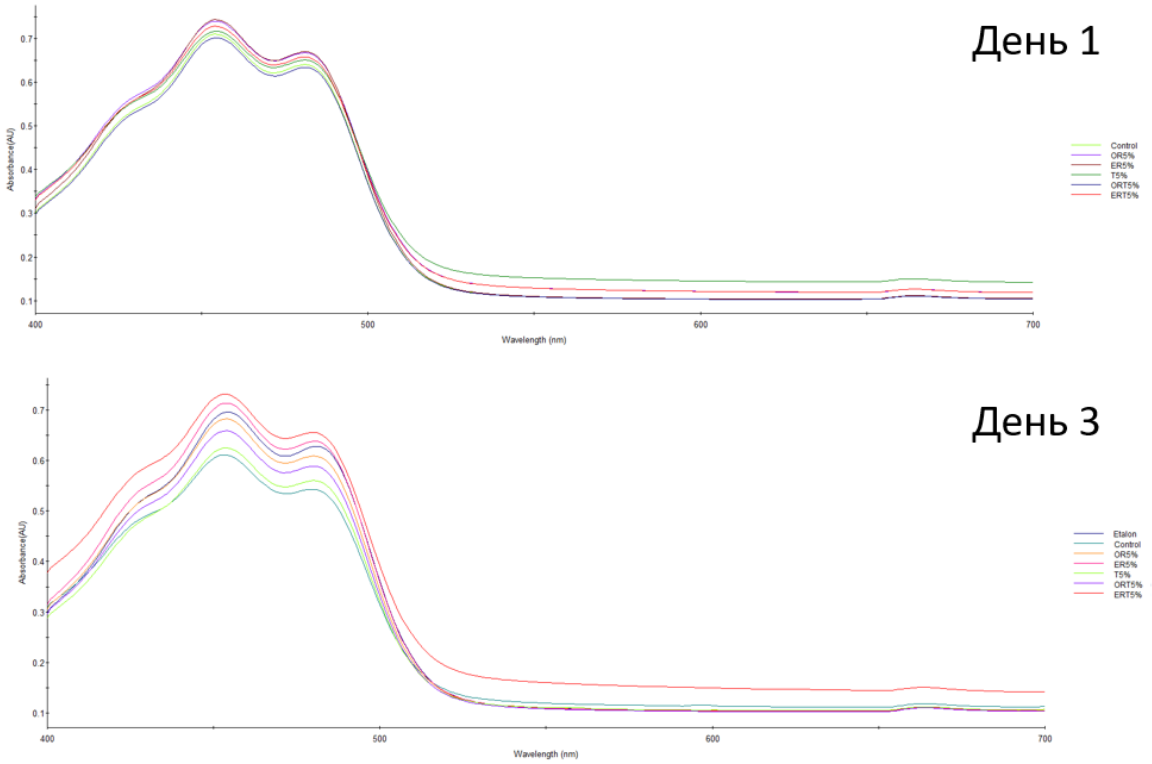


Рисунок 1 – Абсорбция бета-каротина на 1-й и 3-й день в присутствии стабилизаторов.

Анализ красящей способности свекольного красителя был произведен спектрофотометрическим методом при длине волны 535 нм. В качестве стабилизаторов были выбраны: аскорбиновая кислота, эриторбат (изоаскорбат) натрия, пирофосфат натрия кислый, аскорбат натрия, молочная кислота (60%) и комбинация аскорбиновой кислоты и пирофосфата натрия кислого. Для более обширного анализа каждый антиокислитель был добавлен в количестве 5% и 10% к массе красящего вещества. Для подготовки проб 1 г свекольного концентрата и 0,05 г или 0,1 г антиокислителя были взвешены с точностью до 0,0001 г на аналитических весах в стакане на 50 мл. Затем навески количественно перенесены в колбу на 100 мл. при помощи дистиллированной воды. Объем доведен до метки и продиспергирован. Из полученных первых растворов 5 мл были перенесены в колбу на 50 мл и доведены до метки дистиллированной водой. Перемешаны и выдержаны в темном месте в течение 5 минут. Первый анализ проведен через 5 минут после подготовки проб, второй после 30 минут выдержки при температуре 76 °С и третий после 60 минут при температуре выдержки при температуре 76 °С. Абсорбция вторых полученных растворов измерена при длине волны 535 нм. против дистиллированной воды. Результаты представлены в таблице 2. и на рисунке 2.

Таблица 2 – результаты стабилизации красного свекольного красителя Е162.

№	**Описание**	**Название образца**	**AU (535,00nm)** 5 минут	**AU (535,00nm)** 30 минут	**AU (535,00nm)** 60 минут
	Образец, не проходивший термообработку	Etalon		0,4055	0,4055
	Контроль	control	0,4116	0,3674	0,3168
	Добавление аскорбиновой кислоты 5% к массе красителя	A5%	0,4129	0,3809	0,3561
	Добавление аскорбиновой кислоты 10% к массе красителя	A10%	0,4066	0,3732	0,3494
	Добавление эриторбата натрия 5% к массе красителя	E5%	0,4135	0,3933	0,3686
	Добавление эриторбата натрия 10% к массе красителя	E10%	0,4114	0,3908	0,3626
	Добавление пирофосфата натрия кислого 5% к массе красителя	F5%	0,4121	0,3782	0,3682
	Добавление пирофосфата натрия кислого 10% к массе красителя	F10%	0,4127	0,3653	0,3642
	Добавление аскорбата натрия 5% к массе красителя	AN5%	0,4084	0,3888	0,3696
	Добавление аскорбата натрия 10% к массе красителя	AN10%	0,4094	0,3893	0,3652
	Добавление молочной кислоты 5% к массе красителя	M5%	0,4111	0,3884	0,3486
	Добавление молочной кислоты 10% к массе красителя	M10%	0,3986	0,3904	0,3343
	Добавление аскорбиновой кислоты 5% и пирофосфата натрия кислого 2% к массе красителя	AF5%	0,4102	0,379	0,351
	Добавление аскорбиновой кислоты 10% и пирофосфата натрия кислого 5% к массе красителя	AF10%	0,4086	0,3778	0,3517

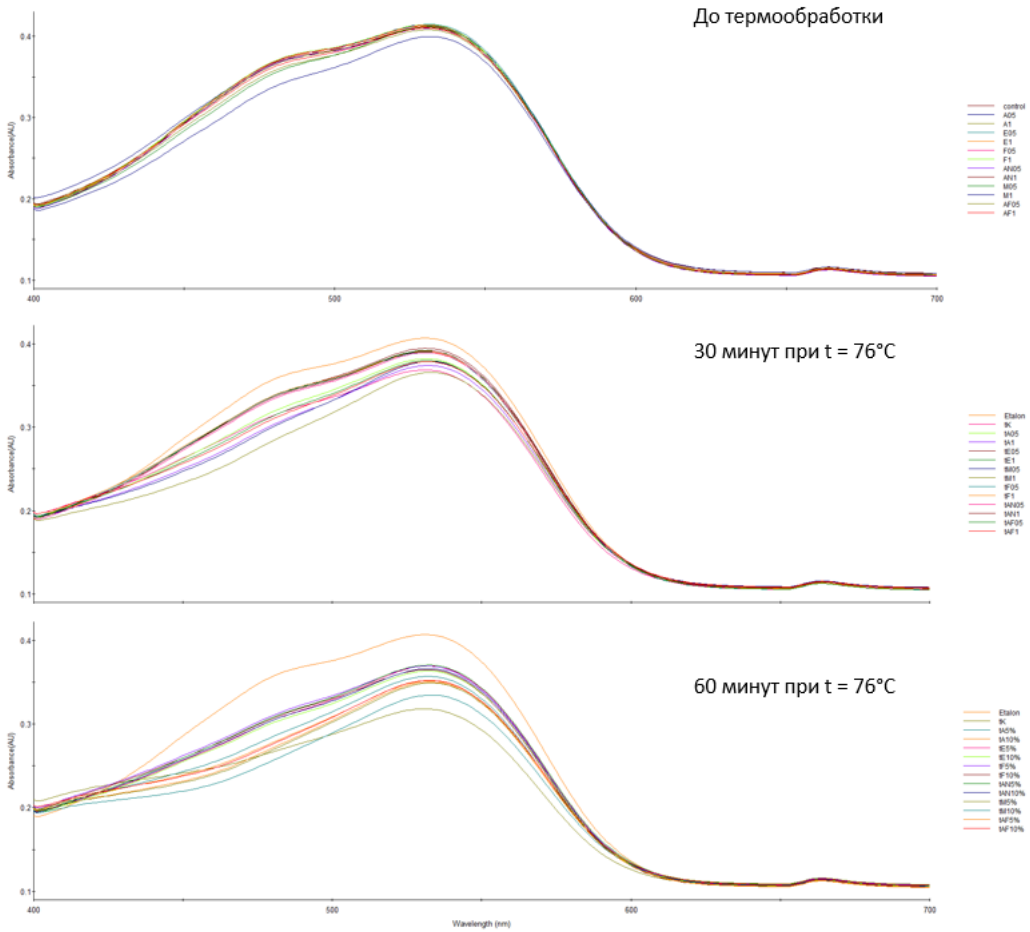


Рисунок 2 – Абсорбция красного свекольного красителя Е162 до и после термообработки в присутствии стабилизаторов.

Выводы

Проведены экспериментальные исследования стабилизации натуральных красителей бета-каротина Е160а и красного свекольного Е162 введением антиокислителей. Было выявлено, что наилучший эффект для стабилизации бета-каротина оказывает добавление 5% к массе красителя экстракта розмарина содержанием карнозиновой кислоты 5%. В случае свекольного красителя наилучшие результаты показали добавление 5% эриторбата натрия и аскорбата натрия к массе красителя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Капустина, И.В., Сангалова Е.Д. Перспективы развития российских компаний на мировом рынке натуральных пищевых красителей. Сборник трудов всероссийской научной и учебно-практической конференции, В 3 ч.. Санкт-Петербург, 2020. С. 125-129.

2. Глобальный рынок натуральных красителей, 2019–2024 годы. Исследовательское агентство «Health Focus International» // https://www.businesswire.com/news/home/20190224005075/en/Global-MarketNatural-Dyes-2019-2024

3. Sharma, R., 2005. Strategies for stabilization of natural colorants. Mysore: University of Mysore, C. 3-4.

4. Болотов В.М., Нечаев А.П., Сарафанова Л.А. Пищевые красители: классификация, свойства, анализ, применение. СПб., 2008. 240 с.

5. Никульников Ф.М., Гудок А.А. Стабилизация натуральных красителей экстракта паприки и красного свекольного методами введения антиокислителей. Всероссийская научная конференция молодых исследователей с международным участием «инновационное развитие техники и технологий в промышленности (интекс-2021)», Москва, 2021. С. 227-229.

УДК 66.081:546.56:661.728.7:54–414 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-147-149

РАЗРАБОТКА СОРБЕНТА НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА И 2-ЭТИЛИМИДАЗОЛАТА НИКЕЛЯ ДЛЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИОНОВ МЕДИ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ
PREPARATION OF A SORBENT BASED ON CHITOSAN AND NICKEL 2-ETHYLIMIDAZOLATE FOR HIGHLY EFFICIENT REMOVAL OF COPPER IONS FROM AQUEOUS SOLUTIONS

Фуфаева Виктория Александровна, Никифорова Татьяна Евгеньевна
Victoria A. Fufaeva, Tatiana E. Nikiforova

Ивановский государственный химико-технологический университет, Россия, Иваново
Ivanovo State University of Chemistry and Technology, Russia, Ivanovo
(e-mail: victoriafufaeva@gmail.com, tatianaenik@mail.ru)

Аннотация: Разработан сорбент на основе хитозана (CS) и 2-этилимидазолата никеля, используемого в данной работе в качестве имидазолатного каркасного соединения (ZIF). Определены оптимальные условия получения композиционного сорбента, при которых происходит значительное улучшение сорбционных свойств. Изучены сорбционные характеристики композиционных сорбентов по отношению к ионам меди(II).

Abstract: A sorbent based on chitosan (CS) and nickel 2-ethylimidazolate, used in this work as zeolitic imidazolate framework (ZIF), has been prepared. The optimal conditions for obtaining a sorbent have been determined. The sorption characteristics of sorbents related to copper(II) ions have been studied.

Ключевые слова: хитозан, имидазолатные каркасные структуры, модификация, ионы тяжелых металлов, сорбция.

Keywords: chitosan, zeolitic imidazolate framework, modification, heavy metal ions, sorption.

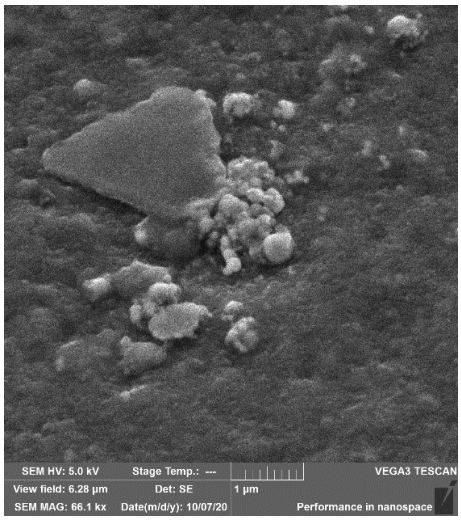
Аккумуляция тяжелых металлов в окружающей среде является результатом роста доли промышленных предприятий; при осуществлении деятельности горнодобывающей промышленности, предприятий по нанесению металлических покрытий и т.п. [1]. Тяжелые металлы не поддаются биологическому разложению и имеют тенденцию накапливаться в живых организмах, а многие ионы тяжелых металлов проявляют цитотоксическое действие на организм человека, в частности, путем связывания с аминокислотами белков через $-NH_2$ и -SH группы, инактивируя ряд ферментов и другие биологические активные вещества [2]. Поэтому удаление тяжелых металлов из сточных вод, с целью защиты здоровья населения и окружающей среды остается актуальной задачей в настоящее время.

Целью данной работы является получение сорбента с улучшенными сорбционными характеристиками по отношению к ионам тяжелых металлов на основе гранул сшитого хитозана, поверхность которого модифицирована 2-этилимидазолатом никеля в присутствии поверхностно-активного вещества.

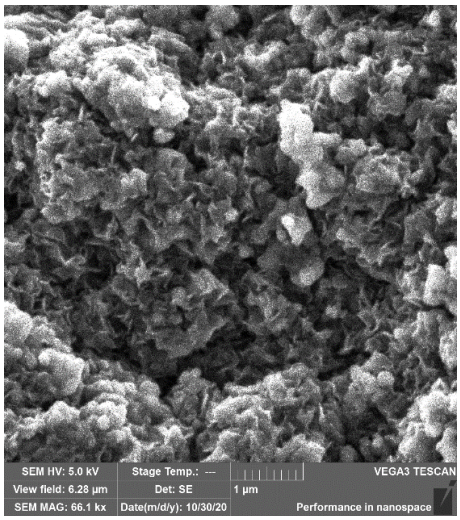
Предварительно получали гранулы сшитого хитозана (*образец 1*) с использованием эпихлоргидрина в качестве сшивающего агента по методике [3].

Сборка 2-этилимидазолата никеля на поверхности гранул (образец 2): Сшитые гранулы хитозана в количестве 20 г погружали в 100 мл дистиллированной воды, содержащей 100 мкл додецилдиметиламин-N-оксида и выдерживали 5 мин при постоянном перемешивании (200 об/мин). Далее в емкость с гранулами приливали 25 мл дистиллированной воды, содержащей $NiCl_2$ в количестве 1.07 г, и выдерживали 5 мин при постоянном перемешивании (200 об/мин). Затем к полученной смеси приливали 25 мл дистиллированной воды, содержащей 100 мкл 20%-го NH_4OH и 2-этилимидазол в количестве 1.75 г. Полученную реакционную смесь выдерживали в течение часа при комнатной

температуре (25 °C) и постоянном перемешивании, 300 об/мин. Модифицированные гранулы хитозана (ZIF/CS) отделяли от раствора и промывали дистиллированной водой до нейтральных значений pH. Полученные гранулы как немодифицированные, так и модифицированные использовались в сорбции ионов меди(II) без предварительного высушивания. Микрофотографии полученных образцов представлены на рисунке 1.



А



Б

Рисунок 1 – Микрофотографии образца 1 (А) и образца 2 (Б). Масштаб 1 мкм.

Процесс формирования 2-этилимидазолата никеля в присутствии поверхностно-активного вещества можно описать следующим образом: Сшитые гранулы хитозана погружают в емкость, содержащую водный раствор додецилдиметиламин-N-оксида (ПАВ). Поскольку концентрация ПАВ выше критической концентрации мицеллообразования, его молекулы организуются в мицеллы, в которых гидрофильные группы располагаются с внешней стороны мицеллы, а гидрофобные внутри, образуя мягкий темплат для роста структуры 2-этилимидазолата никеля (ZIF). Когда водный раствор $NiCl_2$ добавляют к смеси, ионы Ni(II) связываются с атомами кислорода гидрофильных групп благодаря р-р взаимодействиям. Вместе с этим, ионы Ni(II) формируют активные центры на поверхности гранул хитозана путем связывания с катионными группами. Никель, закрепленный на поверхности гранул хитозана, является активным центром роста ZIF структуры. Добавление раствора аммиака к водному раствору 2-этилимидазола проводится с целью получения депротонированной формы лиганда, которая при введении ее в реакционную смесь способствует ускорению процесса формирования структуры ZIF. Наконец, темплат, в качестве которого использовались мицеллы додецилдиметиламин-N-оксида удаляются из материала дистиллированной водой, на поверхности гранул хитозана остается пористая структура ZIF.

Получение кинетических кривых и изотерм сорбции ионов меди(II) изучали в статических условиях методом ограниченного объема раствора [4]. Обработка кинетических кривых и изотерм сорбции осуществлялась в соответствии с методикой, описанной в работе [4] и приведена в таблицах 1 и 2 соответственно.

Таблица 1 – Константы скорости первого и второго порядка кинетики сорбции ионов Cu(II) из водных растворов при температуре 298 К. R^2 – коэффициент корреляции.

Образец	α, %	q_τ, мг/г	Первый порядок			Второй порядок		
			q_e, мг/г	k_1, мин$^{-1}$	R^2	q_e, мг/г	k_2, г/мг·мин	R^2
1	90.4	9.08	7.1	0.016	0.84	9.34	0.025	0.99
2	99.9	11.12	9.5	0.0189	0.89	11.53	0.0632	0.99

Таблица 2 – Константы процесса адсорбции ионов Cu(II). R^2 – коэффициент корреляции.

Образец	*A*, моль/кг	Ленгмюр			Фрейндлих			Дубинин-Радушкевич		
		A_m, моль/кг	K_L, л/моль	R^2	*n*	K_F, (мг/г)/(л/мг)$^{1/n}$	R^2	A_m, моль/кг	*E*, кДж/моль	R^2
1	4.91	5.05	307.8	0.99	2.94	0.88	0.88	1.84	9.07	0.93
2	19.44	19.49	735.4	0.99	2.13	1.34	0.88	2.01	11.96	0.99

Исходя из полученных значений адсорбционных констант, процесс сорбции ионов меди для всех образцов сорбентов имеет ионообменную природу. Показано, что после осуществления модификации сшитых гранул хитозана 2-этилимидазолатом никеля происходит увеличение максимальной сорбционной емкости в 3.8 раза, а степень извлечения ионов меди из раствора возрастает до 99.9 %. При этом происходит сокращение времени достижения адсорбционного равновесия в системе «сорбент-раствор $CuSO_4$».

Таким образом, разработанные сорбенты на основе хитозана могут быть предложены в качестве альтернативы промышленным катионитам для доочистки водных растворов от ионов тяжелых металлов.

Выводы

Проведена поверхностная модификация сшитых гранул хитозана 2-этилимидазолатом никеля (ZIF) для извлечения ионов меди(II) из водных растворов. Показано, что в результате иммобилизации ZIF в присутствии поверхностно-активного вещества на поверхности гранул хитозана происходит увеличение сорбционной емкости гранул модифицированного хитозана, по сравнению с гранулами исходного хитозана. Определены кинетические параметры процесса путем обработки кинетических кривых сорбции меди с помощью моделей первого и второго порядков. Экспериментальные изотермы адсорбции обработаны в линейных координатах изотерм Ленгмюра, Фрейндлиха и Дубинина-Радушкевича.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Chen Y., Bai X., Ye Z. Recent Progress in Heavy Metal Ion Decontamination Based on Metal–Organic Frameworks // Nanomaterials. 2020. Т. 8. С. 1481.
2. Azimi A., Azari A., Rezakazemi M. Removal of Heavy Metals from Industrial Wastewaters: A Review // ChemBioEng. Reviews. 2017. Т. 4. С. 37–59.
3. Liu L., Yang W., Gu D., Zhao X., Pan Q. In situ Preparation of Chitosan/ZIF-8 Composite Beads for Highly Efficient Removal of U(VI) // Frontiers in Chemistry. 2019. Т.7. С. 607.
4. Nikiforova T., Kozlov V., Islyaikin M. Sorption of d-metal cations by keratin from aqueous solutions // Journal of Environmental Chemical Engineering. 2019. Т. 7. С. 103417.

УДК 677.027.625(043.3) DOI: 10.37816/eeste-2021-2-150-154

СНИЖЕНИЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ РАЗЛИЧНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ
REDUCING THE FIRE HAZARD OF POLUMERIC MATERIALS OF VARIOUS CHEMICAL NATURE

Середина Марианна Анатольевна
Marianna A. Seredina

Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Россия, Москва
Russian state University after A.N. Kosygin, Russia, Moscow
(e-mail:maseredina@mail.ru)

Аннотация: Описаны исследования эффективности огнезащитного действия замедлителей горения на снижение горючести поливинилхлорида и полистирола

Abstract: Described studies of the effectiveness of fire-retardant action of the retardants to reduce the combustibility of polyvinyl chloride and polystyrene.

Ключевые слова: поливинилхлорид, полистирол, замедлители горения, термолиз, карбонизованный остаток, кислородный индекс,

Keywords: polyvinyl chloride, polystyrene, flame retardants, thermolysis, carbonized residue, oxygen index.

Прогресс в создании, промышленном производстве, применении полимеров и изделий из них, наряду с явными преимуществами перед традиционными материалами, имеет негативную сторону, обусловленную выделением в среду обитания и жизнедеятельности человека вредных летучих примесей на всех этапах их производства и применения, а также высокой горючестью и токсичностью продуктов термического разложения большинства выпускаемых полимеров. В результате этого при их внедрении повышается не только общая пожароопасность зданий, сооружений, транспортных средств, но и риск развития заболеваний химической этиологии, отравлений среди населения, в первую очередь, пожарных и спасателей [1]. Поэтому, не случайно, токсикология горения стала одним из интенсивно развивающихся направлений экстремальной токсикологии и медицины катастроф [2]. Анализ статистики пожаров за последние десятилетия свидетельствует о постоянном росте пожаров в большинстве стран мира. Одновременно увеличиваются экономические потери от них, растет количество жертв. Пожары, обусловленные воспламенением и горением полимерных материалов, ежегодно наносят большой ущерб различным отраслям экономики.

Поливинилхлорид (ПВХ) и полистирол (ПС) занимают одно из ведущих мест среди термопластов, выпускаемых мировой промышленностью. Получаемые на их базе материалы и изделия применяются для самых разнообразных целей во всех отраслях промышленности, в сельском хозяйстве и быту.

ПВХ содержит около 57% хлора и поэтому не только устойчив к воздействию пламени, но и находит применение как замедлитель горения (ЗГ) полимерной природы. Однако только около 15% от общего количества полимера находит применение в виде жесткого, не содержащего пластификатора, материала. Введение пластификаторов, чаще всего эфиров фталевой, себациновой, адипиновой и других кислот резко уменьшает устойчивость ПВХ к воздействию пламени, приводит к резкому увеличению дымообразования и необходимости применения методов снижения горючести.

Традиционные антипирены, такие как галоген-, фосфорсодержащие или добавки, содержащие тяжелые металлы, обладают рядом негативных качеств. Проблемы окружающей среды и здоровья человека, возникающие при их использовании, приводят к поиску новых экологически безопасных веществ. Среди новых направлений огнезащиты можно отметить

интумесцентные системы, полимерные нанокомпозиты, предкерамические добавки, легкоплавкие стекла, различные типы коксообразователей, а так же системы, модифицирующие морфологию полимера [3].

В работе были использованы следующие ЗГ: оксиды олова и алюминия, (полифосфат аммония (ПФА) и вольфрамат натрия, которые применяются для огнезащиты различных полимерных и волокнистых материалов [3-5]. Наиболее доступным в технологическом отношении и экологически безопасным способом является введение ЗГ в расплав полимера при формовании. Формование жилки на основе ПВХ проводили на установке Melt Indexer при 220°С. ПВХ смешивали с пластификатором диоктилфталатом (ДОФ) в количестве 35%, а затем в полимерную композицию вводили 25% ЗГ от массы композиции. При использовании бикомпонентных систем ЗГ их соотношение в полимерной композиции составляло 1:1. С целью исследования механизма огнезащитного действия ЗГ было проведено изучение процесса термолиза ПВХ в присутствии вышеуказанных соединений. Исследовано влияние выхода карбонизованного остатка (КО) термолиза на огнезащитные показатели (КИ) полимерной композиции (таблица 1).

Таблица 1- Огнезащитные показатели полимерных композиций на основе ПВХ

Состав полимерной композиции	КИ, %	КО, %
ПВХ+ДОФ	20,0	16,7
ПВХ+ДОФ+Al_2O_3	23,0	30,4
ПВХ+ДОФ+ПФА	22,7	20,9
ПВХ+ДОФ+SnO_2	25,7	36,6
ПВХ+ДОФ+$Na_2WO_4 \cdot nH_2O$	24,2	41,4
ПВХ+ДОФ+Al_2O_3+ПФА	22,8	28,5
ПВХ+ДОФ+SnO_2+ПФА	25,7	34,7
ПВХ+ДОФ+$Na_2WO_4 \cdot nH_2O$+ПФА	21,5	11,2

Как видно из данных таблицы 1 в присутствии ДОФ КО термолиза не превышает 16%, а КИ – 20%. Введение в полимерную композицию различных металлсодержащих ЗГ приводит к незначительному повышению КИ материала, что связано с высокой летучестью продуктов термолиза и все материалы относятся к категории легковоспламеняющихся.

Анализ литературных данных показывает, что для снижения горючести термопластичных полимеров могут быть использованы наноразмерные соединения оксидов и гидроксидов металлов [3,6]. В работе исследовано влияние наноразмерных оксидов вольфрама и олова на термохимические превращения пластифицированного ПВХ в процессе термолиза. Формование образцов, содержащих наноразмерные частицы оксидов металлов, проводили в тех же условиях, что и формование композиций с микроразмерными.

Исследовано влияние выхода КО термолиза на огнезащитные показатели полимерных композиций, содержащих наноразмерные соединения (таблица 2).

Таблица 2 - Огнезащитные показатели полимерных композиций на основе ПВХ

Состав полимерной композиции	КИ, %	КО, %
ПВХ+ДОФ	20,0	16,7
ПВХ+ДОФ+SnO_2	25,7	34,8
ПВХ+ДОФ+$WO_3 \cdot nH_2O$	26,3	35,7
ПВХ+ДОФ+WO_3	28,5	40,8

Как видно из представленных данных, введение в ПВХ наноразмерных частиц оксидов вольфрама приводит к повышению выхода КО термолиза до 40% по сравнению с количеством КО при термолизе композиции, содержащей наноразмерный оксид олова. Причем, эффективность действия наноразмерного оксида вольфрама, содержащего химически

связанную воду, ниже (КИ=26,3%) по сравнению с безводным оксидом вольфрама (КИ=28,5%), а также по сравнению наноразмерным оксидом олова.

Огнезащитное действие наноразмерного безводного оксида вольфрама на термолиз ПВХ был изучены методами дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) и ИК-спектроскопии для анализа физических процессов и химических реакций, протекающих при горении. Введение ДОФ в полимерную композицию, содержащую ПВХ, приводит к смещению максима термораспада ПВХ в область более низких температур (с 253 до 198°С), при этом процесс сопровождается выделением большого количества тепла (21,8 Дж/г), а энтальпия плавления ПВХ составляет –0,37 Дж/г. Введение наноразмерного оксида вольфрама приводит к значительным изменениям характера кривой ДСК ПВХ: тепловой эффект снижается до 12,48 Дж/г , а энтальпия плавления- до 0,17 Дж/г.

Для ИК-спектра полимера, содержащего оксид вольфрама, характерно появление нового пика в области 1048 см$^{-1}$, что свидетельствует о наличии в КО термолиза частиц WO_3. Наличие пика большой интенсивности в области от 300 до 700 см$^{-1}$, характерной для связей -С≡С-, свидетельствует об усилении протекания реакции сшивки полимерных цепей ПВХ.

По данным атомно-силовой микроскопии поверхность композиции ПВХ, содержащей наноразмерные частицы оксида вольфрама в отличие от характера поверхности исходного ПВХ, характеризуется неравномерным распределением крупных агломератов по поверхности материала. По-видимому, в процессе формования ПВХ, содержащего наноразмерный оксид вольфрама, происходит вспенивание поверхностного слоя полимера, в результате чего происходит его взаимодействие с наночастицами оксида металла с образованием защитного слоя на поверхности полимерного материала, который обеспечивает снижение горючести ПВХ.

Согласно литературным данным [4-6], металлсодержащие антипирены являются наиболее эффективными и экологически безопасными для термопластичных полимеров.

В работе для снижения горючести полистирола использовали гидроксиды магния, алюминия и циркония. Объектом исследований являлся бисерный ПС, полученный методом суспензионной полимеризации стирола в водной среде. Формование образцов ПС в виде жилки проводили на приборе Melt Indexer при температуре 230˚С. Проведены исследования процесса термолиза образцов ПС, сформованных с использованием вышеприведенных добавок. С целью определения содержания оксидов металлов, образующихся в результате термолиза образцов полистирола, проводили определение зольности. На основании полученных результатов рассчитывали количество КО термолиза полимерной композиции . Термолиз полимерного материала проводили при температуре $400 \pm 5°C$ в течение 30 минут. Изучено влияние выхода КО термолиза на огнезащитные показатели полимерных композиций. (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние выхода КО термолиза модифицированного ПС на его огнезащитные показатели

Название добавки	Содержание ЗГ в полимерной композиции,%	КО, %	КИ,%
ПС (без добавок)	0	0	17,4
$Al(OH)_3$	10	31,4	17,9
$Mg(OH)_2$		25,0	18,3
$Zr(OH)_4$		37,2	19,2
$Al(OH)_3$	20	32,7	18,3
$Mg(OH)_2$		29,6	19,0
$Zr(OH)_4$		40,9	23,4
$Al(OH)_3$	30	35,2	21,2
$Mg(OH)_2$		36,8	27,1
$Zr(OH)_4$		44,3	27,5

Установлено, что при термолизе полимерной композиции, содержащей гидроксид алюминия $Al(OH)_3$ при 230 ℃ происходит термическое разложение гидроксида, при котором образуется оксид алюминия и вода. Частица $Al(OH)_3$ состоит из больших агломератов, а пенококс за счет образования воды при термолизе образует пористую структуру в результате процесса интумесценции [4-6].

Повышение карбонизованного остатка полимерной композиции, содержащей $Mg(OH)_2$, объясняется следующим образом: температурный интервал термораспада полностью совпадает с интервалом термического разложения ПС. С увеличением содержания гидроксида магния в полимерной композиции выход КО термолиза плавно снижается, однако фактический углеродсодержащий остаток при этом увеличивается. Это объясняется, по-видимому, тем, что в составе $Mg(OH)_2$ присутствует Mg_2CO_3 и в процессе термолиза обоих компонентов образуется MgO, H_2O и CO_2. Поэтому с увеличением содержания гидроксида магния в полимерной композиции увеличивается количество образующегося MgO и H_2O, что приводит к увеличению выхода КО термолиза [5].

Гидроксид циркония при термическом разложении при температуре выше 300 ℃ образует ZrO_2 и H_2O. Количество выделившейся воды при термолизе гидроксида циркония значительно больше, чем при термораспаде $Mg(OH)_2$ и $Al(OH)_3$. Механизм огнезащитного действия $Zr(OH)_4$ для ПС, по-видимому, такой же, как при использовании $Mg(OH)_2$ и $Al(OH)_3$. Однако максимальное количество H_2O, выделяющееся при термолизе ПС содержащего $Zr(OH)_4$, обеспечивает более высокий выход углеродсодержащего остатка по сравнению с другими гидроксидами. Например, при содержании $Zr(OH)_4$ в полимере 30% ЗГ КО составляет 44%, а при использовании $Al(OH)_3$ и $Mg(OH)_2$ около 35%.

Данные исследования процесса термолиза полимерной композиции подтверждаются результатами определения кислородного индекса полимерных композиций. Как видно из данных таблицы 3, использование всех исследуемых замедлителей горения приводит к повышению огнезащитных показателей ПС. По данным таблицы следует выделить два замедлителя горения – $Mg(OH)_2$ и $Zr(OH)_4$, которые обладают наиболее высокой эффективностью огнезащитного действия. При введении в полимер гидроксида магния и гидроксида циркония в количестве 30% от массы полимера наблюдается увеличение КИ с 17,4 для исходного полимера до 27,1 % при использовании $Mg(OH)_2$ и до 27,5 % при введении $Zr(OH)_4$. Механизм огнезащитного действия металлсодержащих соединений чаще всего связан с процессами, протекающими в конденсированной фазе.

Цирконий и его продукты получили широкое применение в ювелирной промышленности, как в виде сплава, так и в виде обрамления ювелирных изделий. Себестоимость циркония достаточно высока, так как он является драгоценным металлом. Поэтому промышленное производство термопластичных материалов пониженной горючести с использованием оксидов или гидроксидов циркония может быть только с использованием наноразмерных соединений.

Гидроксид магния является широко применяемым промышленным ЗГ, он имеет хорошие физико-механические показатели, подходит для термопластичных полимеров, не токсичен, является хорошим поглотителем дыма, а так же что немаловажно, имеет низкую стоимость. Эффективность огнезащитного действия гидроксида магния в основном проявляется в конденсированной фазе горения и усиление процесса карбонизации ПС способствует снижению выделения летучих продуктов термолиза и уменьшению дымообразования при горении полимера.

Таким образом гидроксид магния является эффективным ЗГ для полистирола, а снижение пожарной опасности пластифицированного ПВХ происходит за счет усиления протекания реакций структурирования и сшивки в присутствии наноразмерного оксида вольфрама. Указанные металлсодержащие замедлители горения являются экологически безопасными, так как не выделяют токсичных соединений, предотвращают плавление и подавляют дымообразование при горении полимерных композиций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лупанов С.А., Фирсов А.Г., Зарипов Р.А. Гибель людей при пожарах: статистика, анализ условий и причин // Пожарная безопасность. 2003. №1. С.72.
2. Леонова Д.И. Сравнительный анализ токсичности основных групп антипиренов// Актуальные проблемы транспортной медицины .- 2008.- № 3.- с. 117-128.
3. Михайлин Ю.С. Тепло-, термо- и огнестойкость полимерных материалов. СПб.: Научные основы и технологии, 2011. 422 с.
4. Effect soft tanium dioxide on the flammability and char formation of water-based coatings containing intumescent flame retardants Li Hong Fei., Hu Zhongwu., Zhang Sheng., Gu Xiaoyu., Huajin Wang., Jiang Peng., Zhao Qian. // Progress in Organic Coatings. 2015. Vol. 78. P.318–324.
5. Hamdy M. Naguib. Environmental-friendly recycled Polyester/$Mg(OH)_2$ nanocomposite: Fireretardancy and thermal stability // Polymer Testing. 2018. Vol. 72. P. 308–314.
6. Jing Cai, Hui-Min Heng, Xiao-Ping Hu, Qi-Kui Xu, Fei Miao. A facile method for the preparation of novel fire-retardant layered double hydroxide and its application as nanofiller in UP // Polymer Degradation and Stability. 2016. Vol.126. P. 47-57.

УДК 544.642 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-154-160

ВЛИЯНИЕ ФЕРМЕНТАЦИИ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ НА ВЫДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ В ПРОЦЕССЕ ЭЛЕКТРОЛИЗА
EFFECT OF WHEY FERMENTATION ON THE RELEASE OF ORGANIC ACIDS DURING ELECTROLYSIS

Вуткарева Ирина Ивановна
Irina I. Vutcariova

Институт Прикладной Физики, Кишинэу, МД-2028, Република Молдова
Institute of Applied Physics, Chisinau, MD –2028, Republic of Moldova
(e-mail: irinavutkareva@yahoo.com)

Аннотация: Исследована проблема переработки вторичных ресурсов молочной промышленности – молочной сыворотки, вырабатываемой в больших объемах при производстве творога и сыра. Приведены результаты изучения процесса выделения органических соединений при фракционировании молочной сыворотки перегонкой под вакуумом. Выявлено, что целесообразно обрабатывать концентрированную сыворотку. Обработка молочной сыворотки с помощью фракционной перегонки под вакуумом позволяет отделить органические кислоты требуемой чистоты и необходимой концентрации. Рассмотрено направление рентабельной переработки молочной сыворотки, которое сочетает концентрацию сыворотки с помощью фракционной перегонки и последующую электрообработку. Этот процесс позволяет разделить органические вещества сыворотки и направить дальнейшее концентрирование получаемых препаратов в сторону образования отдельных органических соединений.

Abstract: The research considers main approaches to the problem of the secondary resources reprocessing of the milk industry in the terms of whey generated in great volume while curd and cheese producing. The article examines the process of extracting organic matter from whey by the fractionation of whey by distillation under low vacuum. It is advisable to process concentrated whey. Treatment of whey using fractional distillation under vacuum allows obtaining organic acids of the required purity and the required concentration. The article considers the direction that makes it possible to obtain cost-effective whey processing, combining the concentration of whey by fractional distillation with electrical processing. This process allows you to separate the organic matter of the whey and direct the process of further concentration of the resulting preparations towards the formation of individual organic compounds.

Ключевые слова: молочная сыворотка, органические кислоты, фракционная перегонка.
Keywords: whey, organic acids, fractional distillation

Промышленная переработка молочной сыворотки в настоящее время осуществляется по трем основным направлениям: комплексное использование всего сухого остатка; извлечение и глубокое фракционирование отдельных наиболее ценных компонентов; направленная химическая, ферментативная или биологическая трансформация отдельных компонентов с целью получения промышленно важных производных. Полное использование всего сухого остатка молочной сыворотки возможно при производстве напитков, сгущенных и сухих продуктов. Сгущение и сушка позволяют сгладить сезонность переработки молочной сыворотки, сократить затраты на транспортировку сывороточных концентратов [1].

В молочном производстве огромное количество вторичного сырья – молочной сыворотки – собирается в резервуарах и в случае ее невостребованности выливается в окружающую среду. Соответственно наблюдаются различия в физико-химических и микробиологических показателях сыворотки на различных этапах производства. Это, вероятно, вызвано различной продолжительностью хранения сыворотки до момента начала сгущения, а также использованием сыворотки, собранной при выработке различных видов продукции – творожной массы или сыра. Об этом свидетельствует факт высокой корреляции между величинами активной кислотности и массовой доли лактозы. Коэффициент корреляции составил 0,89 [2].

Использование сыворотки сдерживается рядом факторов. В частности, это проблемы с хранением и транспортировкой сыворотки на большие расстояния из-за удаленности предприятий; недоступность крупных централизованных предприятий, специализирующихся на переработке сыворотки; отсутствие массового производства продуктов на основе молочной сыворотки; недостаток должного контроля и санкций со стороны экологической службы за сброс сыворотки в сточные воды; использование на предприятиях устаревшего оборудования (сушильные установки), что связано с повышением расхода энергоносителей и соответственно получением неконкурентоспособной продукции [3].

Цель работы – создание устройства для экономически эффективной переработки молочной сыворотки и аналитические исследования влияния режимов его работы на процесс концентрирования.

Объектом исследований являлась подсгущенная творожная сыворотка с массовой долей сухих веществ 9; 11; 12; 13%. В ходе исследований контролировались физико-химические показатели в процессе концентрирования сыворотки в вакуум-выпарном аппарате эжекторного типа с фракционным разделением отгона и при последующей электролизной обработке. Результаты показали, что с повышением температуры от (15±1,0) °С до (30,0±1,0) °С наблюдается развитие термофильной микрофлоры в образцах натуральной творожной сыворотки и дрожжей как в образцах натуральной сыворотки, так и в образцах подсгущенной сыворотки [4]. Увеличивая концентрацию пищевых сред, можно добиться такого значения осмотического давления, при котором создаются неблагоприятные условия для развития микроорганизмов [5]. Тепловую обработку (пастеризацию) молочной сыворотки проводят при температуре (72±2) °С с выдержкой 15–20 с и последующим охлаждением до температуры (8±2) °С [6]. Если до электролиза сыворотку подвергать обработке в вакуум-выпарном аппарате, то пастеризацию сыворотки можно исключить.

Результаты проведенных исследований позволили обосновать выбор оптимальных режимов концентрирования и процесса электролизной обработки творожной сыворотки, при котором возрастают производительность и качество получаемых препаратов.

Произведен отбор молочной сыворотки из резервуара на Кишиневском молокозаводе, где она хранилась несколько дней с целью ее дальнейшего подсгущения и использования в производстве пищевых кислот. Для сравнения отбирали творожную сыворотку непосредственно на линии производства творожного продукта.

Для концентрирования использовали вакуум-выпарной аппарат эжекторного типа с фракционным удалением отгона. Отгон – легкокипящие фракции ацетальдегида и уксусной кислоты.

Стенд для концентрации сыворотки был разработан в соответствии со следующими требованиями: испарение 50% свободной влаги при требуемой температуре испарения до определенного объема сгущенной сыворотки. Практически сыворотка сгущалась до содержания сухих веществ 9; 11; 12; 13%.

Характерными параметрами, которые определяют процесс концентрации путем испарения свободной влаги из сыворотки, являются температура и продолжительность обработки [7]. Для сохранения нативных свойств молочной сыворотки желательно поддерживать максимальную температуру конденсации 45°С [8]. Понижение температуры термического агента при вакуумировании сыворотки (45°С) способствует снижению потерь кислоты [9]. В этом случае низкая температура в процессе электрообработки сохраняется дольше.

Электрофизическую обработку подсгущенной молочной сыворотки проводили в диафрагменном электролизере при постоянном напряжении на протяжении всего процесса. В качестве диафрагмы использовалась мембрана МА-40.

В электролизере реакции протекают одновременно с выделением (разделением) их продуктов на полупроницаемых мембранах [10]. Они выгодно отличаются как от систем с иммобилизованными (на различных носителях) катализаторами, ферментами и микроорганизмами, так и от биореакторов для глубинного культивирования микроорганизмов и гидролиза (ферментолиза, автолиза) высокомолекулярных соединений, дрожжей и других микроорганизмов. От первых – тем, что ферменты (катализаторы, микроорганизмы-продуценты) находятся в растворе, и биохимические реакции не лимитируются медленно протекающей диффузией, а от вторых – возможностью смещения биосинтеза или гидролиза в сторону образования целевых продуктов [11]. Это происходит в соответствии с одним из основных законов химической термодинамики (принципом смещения равновесия Ле Шателье–Брауна) – удаление продукта из зоны реакции сдвигает равновесие в сторону его образования [11].

Все эти условия создают предпосылки для :

– увеличения концентрации продуктов биосинтеза и степени биоконверсии сырья теоретически до 100%;

– уменьшения объемов устройства за счет увеличения скорости биокатализа путем постоянного и непрерывного обновления питательной среды и вывода целевых продуктов и метаболитов;

– сокращения расхода ферментов (заквасок) за счет многократного их использования.

Прошедший через мембрану раствор практически не содержит концентрируемые в объеме устройства ферменты, микроорганизмы, белки, которые обычно практически полностью задерживаются полупроницаемой мембраной.

Согласно проведенным в лаборатории мембранных технологий Всероссийского НИИ пищевой биотехнологии экспериментальные исследованиям [11], в пищевой биотехнологии могут применяться мембраны только в разбавленных средах (сыворотка) и при использовании в качестве продуцентов молочнокислых, уксуснокислых бактерий. Поэтому сыворотка подсгущалась до содержания сухих веществ 13%.

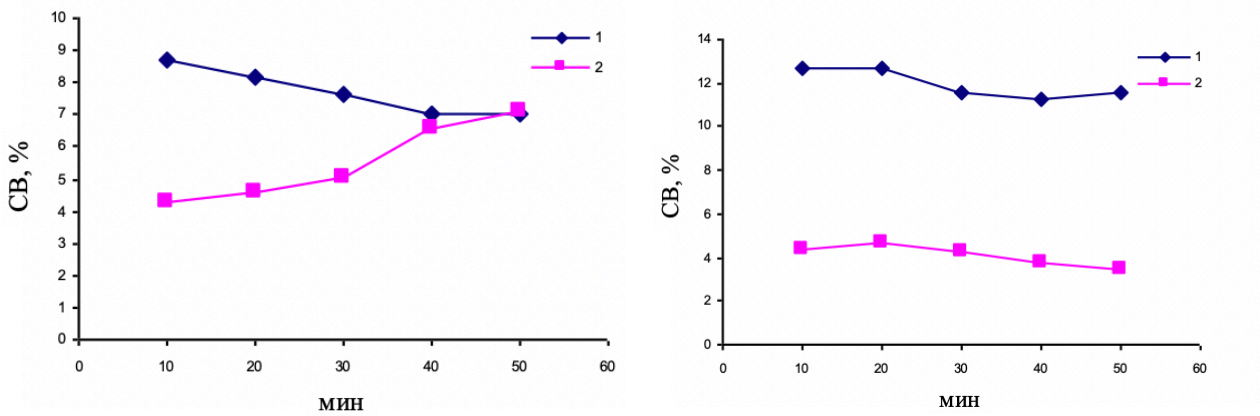
С целью увеличения содержания кислоты в обрабатываемом растворе молочной сыворотки необходима ферментация соответствующими штаммами молочнокислых бактерий [4]. Для сбраживания лактозы молочной сыворотки в качестве молочнокислых бактерий использовали L. Acidophilus. Ферментированная сыворотка поступала в катодную камеру электролизера.

При увеличении температуры концентрируемой молочной (творожной) сыворотки производительность мембраны по фильтрату возрастает. Это связано с уменьшением вязкости сыворотки и соответственно со снижением плотности слоя задерживаемых веществ на

мембране, т.е. сопротивление слоя с увеличением температуры падает [10]. При температуре выше 60°С происходит денатурация сывороточных белков. Поэтому эксперименты при данных температурах не проводились.

Исследования осуществлялись в электролизере с плоскими вертикальными электродами – графитовым анодом и катодом, выполненным из нержавеющей стали. Анодная камера заполнялась слабым раствором электролита (слабый раствор $NaHCO_3$). Процесс электролиза длился менее часа при постоянном напряжении 29 В.

Процесс электролиза определяется плотностью тока, зависимой от расстояния между электродами. Начальная плотность тока – 10 мА/см^2. Расстояние составляет от 1 до 2 см. При расстоянии 1 см концентрация раствора в анодной камере (АК) достигает 7–8% по сухому веществу, при 2 см концентрация сухих веществ в кислотном концентрате составляет 4% (рис. 1).



а) б)

Рисунок 1 – Зависимость изменения содержания сухих веществ в ячейках электролизера при расстоянии между электродами 1 см (а) и 2 см (б): 1 – катодная камера, 2 – анодная камера.

В первом случае в катодной камере оставалось 7% сухого вещества. При большем расстоянии между электродами содержание сухих веществ в катодной камере составляло 11,5% (начальное содержание сухих веществ – 13% в исходной концентрации).

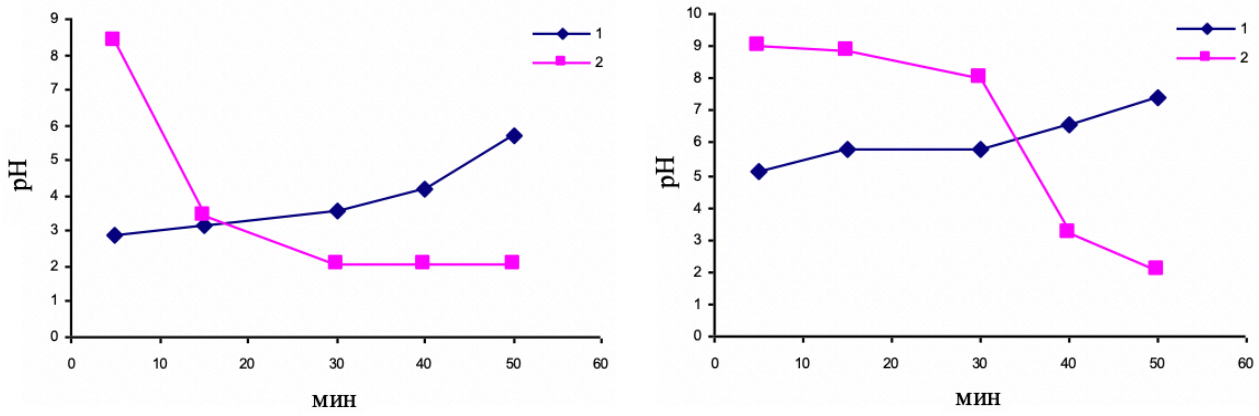
Большое значение имеет ферментация сыворотки. В случае ферментированной сыворотки происходит накопление сухого вещества в камере, в случае неферментированной – миграция сухого вещества происходит сразу после 10 минут активирования процесса.

В процессе электролиза степень ферментации сыворотки влияет на изменение активной кислотности в катодной камере и анодной камере (рис. 2).

В случае с ферментированной сывороткой активная кислотность в катодной камере находится на уровне 4-5-6, что соответствует кислой и слабокислой зонам. Из-за избытка кислоты, pH среды будет слабокислым в процессе электролиза и только резко увеличится в конце, указывая на окончание реакции и необходимость обновления сыворотки в катодной камере устройства.

В катодной камере электролизера в случае с подсгущенной ферментированной сывороткой дольше поддерживается слабокислая среда. Это оказывает положительное влияние на процесс накопления молочной кислоты [12].

В случае ферментированной сыворотки активная кислотность достигает оптимального значения в течение 30 минут процесса, если же сыворотка свежая, активная кислотность только после получаса соответствует нейтральной среде.



а) б)

Рисунок 2 – Зависимость активной кислотности от степени ферментации сыворотки: (а) – ферментированная сыворотка, (б) – свежая сыворотка (1 – катодная камера, 2 – анодная камера).

Для получения чистых растворов кислот был разработан аппарат с периодической дистилляцией в вакууме, практически свободном от кислорода. Технический результат – прямая экстракция уксусной кислоты. В процессе испарения имеются три фазы кипения сыворотки, что позволяет разделить компоненты обработанной, переброженной сыворотки. В случае со свежей сывороткой кипение наблюдается значительно позднее.

При использовании фракционной перегонки (начальное содержание сухих веществ в кислой сыворотке около 7%) наблюдается следующее разделение сухих веществ: в объем первого отгона попадает около 4%, второго – до 1%. В сыворотке концентрируется до 9% сухих веществ. В первом отгоне наиболее легкокипящии фракции – ацетальдегид и уксусная кислота. Отгон кислый (pH – 3,6), концентрация сухих веществ – до 4%. При вакууме происходят вспенивание и выброс фракции в отгон.

Выброс происходит и при нагревании паров альдегида и воздуха [13]. Процесс сгущения зависит от кислотности сыворотки [14]. В случае кислой сыворотки наблюдается быстрое вскипание (наличие углекислого газа, ацетальдегида, температура кипения которого 20^0C), при этом происходит активная конденсация пара в аппарате.

В первом отгоне содержится до 4% уксусной кислоты и 1% – во втором. Тем самым фракционированием выделено из молочной сыворотки до 5% уксусной кислоты. Первоначально закипает ацетальдегид, его температура кипения в предвакуумном состоянии понижается, после подключения нагревания начинается процесс его отгона. Но ацетальдегид – промежуточный продукт, для получения альдегида оптимально pH – 2–5, что характерно для первого случая.

В сыворотке, поступающей сразу после технологической операции, картина совсем иная. В составе первой фракции отгона свежей сыворотки (pH – 5) содержатся лишь летучие вещества, это летучие жирные кислоты – уксусная, муравьиная, пропионовая, масляная. Процесс концентрирования требует постепенного нагрева, так как может происходить быстрое вскипание летучей фракции. Температура начала конденсации составляет 55^0C. Отгон также кислый (pH – 3,6), сухих веществ не содержит. Сыворотку концентрировали до 10,9% сухих веществ.

Если растворы уксусной кислоты перегонять при разных давлениях, разность между содержанием уксусной кислоты в жидкости и в парах изменяется следующим образом: при повышении давления понижается [14]. Давление при перегонке свежей сыворотки изменялось от 6 до 12 кПа. Результаты приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Свойства концентрата в зависимости от свежести сыворотки

Показатели	Переброженная сыворотка	Ферментированная сыворотка	Свежая сыворотка
Сухие вещества, %	8,09	9,68	10,90
Плотность	32,05	38,31	43,25
Лактоза, %	4,43	5,30	5,96
Соли, %	0,67	0,8	0,9
Белки, %	2,95	3,54	3,98
PH	3,65	3,81	4,45
Проводимость, mS/cm	7,22	7,36	7,37

Таблица 2. Свойства отгона в зависимости от свежести сыворотки

Показатели	Переброженная сыворотка		Ферментированная сыворотка		Свежая сыворотка	
	1 отгон*	2 отгон	1 отгон	2 отгон	1 отгон	2 отгон
Сухие вещества, %	3,15	1,96	3,89	0,3	0,13	0,00
Плотность	12,39	7,84	15,22	1,31	0,85	0,00
Лактоза, %	1,73	1,06	2,14	0,016	0,06	0,00
Соли, %	0,26	0,16	0,32	0,02	0,00	0,00
Белки, %	1,15	0,71	1,43	0,01	0,04	0,00
PH	3,67	3,72	3,69	3,75	3,16	3,6
Проводимость, mS/cm	2,75	2,14	3,58	2,14	2,30	2,39

**Отгоны содержат так называемый уксус брожения.*

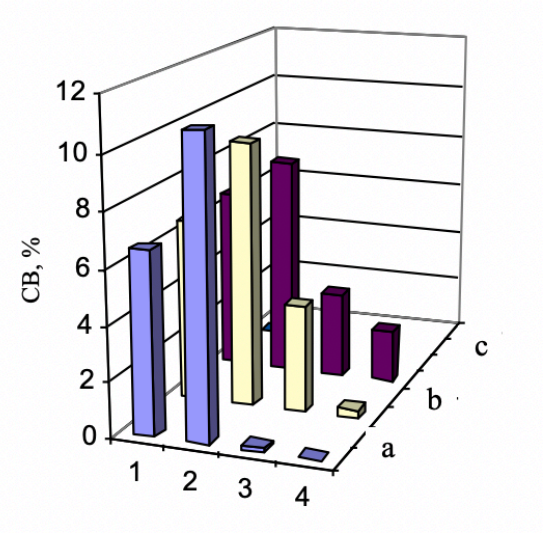


Рисунок 3 – Зависимость содержания сухих веществ молочной сыворотки от свежести: сыворотка свежая (a), ферментированная (b), переброженная (c); 1 – исходная сыворотка, 2 – концентрат, 3 – первый отгон, 4 – второй отгон.

При сгущении молочной сыворотки сохраняются полностью все ее компоненты, значительно снижаются расходы на транспортировку, повышаются сроки ее хранения. С точки зрения сохранения нативных свойств компонентов молочной сыворотки, при ее сгущении необходимо поддерживать более низкие температуры. Исходя из термической устойчивости компонентов молочной сыворотки, максимальной температурой сгущения является 50–60°С.

Для снижения потребления энергии сыворотку можно считать пастеризованной до конца конденсации в вакуумном испарителе. Фракционированием была отделена из молочной сыворотки вся уксусная кислота (до 5%), содержащаяся до тепловой обработки. При получении уксуса необходимо контролировать температуру во избежание заметной потери спирта и уксусной кислоты вследствие их полного окисления до CO_2 и H_2O.

Результаты показывают реальность производства кислоты из вторичного сырья: уксусной – из сильно сброженной сыворотки. При удалении уксусного альдегида и уксусной кислоты из исходного сырья фракционной перегонкой улучшается состав оставшейся фракции молочной сыворотки, что способствует ее дальнейшей переработке и получению молочной кислоты и других органических соединений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Храмцов А.Г. Инновационные разработки в использовании молочной сыворотки. *Техника и технология пищевых производств*, 2018, т. 48, № 3, с. 5. doi: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-5-15.

2. Бузоверов С.Ю., Сурай Н.М. Исследование влияния процесса сгущения подсырной сыворотки на выход готовой продукции. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*, 2016, т. 139, № 5, с. 157.

3. Славоросова Е.В., Куленко В.Г., Шевчук В.Б., Фиалкова Е.А. Кристаллизатор-выпариватель для переработки молочной сыворотки. *Молочнохозяйственный вестник*, 2016, т. 23, № 3, с. 76.

4. Косенко М.Е., Куликова И.К., Донских А.Н., Анисимов Г.С. и др. Исследование влияния массовой доли сухих веществ на развитие микрофлоры творожной сыворотки в процессе электродиализной обработки. *Техника и технология пищевых производств*, 2016, т. 41, № 2, с. 40.

5. Тимкин В.А., Лазарев В.А. Производство концентрата молочной сыворотки баромембранными методами. *Переработка молока*, 2014, № 5, с. 32.

6. Храмцов А.Г. *Интенсивная технология молочного сахара*. М.: ДеЛи принт, 2004, 277 с.

7. Куличенко А.И. Применение продуктов из молочной сыворотки при производстве кондитерских изделий. *Молодой ученый*, 2013, № 4, с. 675. https://moluch.ru/archive/51/6511/

8. Маньков А.В., Минухин Л.А. Концентрирование технологических пищевых растворов в выпарных установках с тепловым насосом. *Аграрный вестник Урала*, 2018, т. 170, № 03, с. 55.

9. Ермолаев В.А., Иваненко О.Н., Онюшев М.В. Разработка температурных режимов вакуумного концентрирования молока. *Вестник КрасГАУ*, 2016, № 9, с. 121.

10. Стефанкин А.Е. Исследование конструктивных и технологических параметров мембранного аппарата при концентрировании творожной сыворотки. *Техника и технология пищевых производств*, 2016, т. 42, № 3, с. 133.

11. Кудряшов В. Л. Производство кормовых добавок из молочной сыворотки на основе инновационных мембранных и биотехнологических процессов. *Пищевая индустрия.* 2018, т. 37, № 3, с. 53.

12. Самуйленко А.Я., Гринь С.А., Еремец В.И., Шинкарев С.М. и др. Тенденции развития производства молочной кислоты. *Вестник Казанского технологического университета*, 2017, т. 20, № 1, с. 162. https://cyberleninka.ru/article/n/tendentsii-razvitiya-proizvodstva-molochnoy-kisloty

13. Просеков А.Ю., Ермолаев В.А. Подбор остаточного давления для вакуумного концентрирования жидких молочных продуктов. *Достижения науки и техники АПК*, 2010, № 6, с. 69.

14. Ермолаев В.А., Комарова Н.А., Курбанова М.Г. Интенсификация процесса вакуумного обезвоживания молочно-белковых продуктов. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 2012, № 2, с. 8.

УДК 66.011 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-161-162

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ПРИМЕСИ НА ИЗМЕНЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ КОМПОЗИТНЫХ АРМАТУР
INFLUENCE OF TEMPERATURE AND IMPURITY ON CHANGE IN THERMAL CONDUCTIVITY OF COMPOSITE REINFORCEMENT

Зарипов Джамшед Абдусаломович
Jamshed A. Zaripov

Таджикский технический университет имени акад. М.С.Осими, Душанбе, Таджикистан
Tajik technical university by named akad.M.S.Osimi,Dushanbe,Tajikistan
(e-mail: jz–1972@mail.ru)

Аннотация: Исследование теплофизических свойств композитных арматур в зависимости от температуры представляет важную научную проблему, имеющую большую практическую значимость.

С практической точки зрения сведения о теплофизических свойствах композитных арматур важны для высокотемпературной техники – без них невозможно создание надежных конструкций в строительстве, прогнози-рование поведения материалов в экстремальных условиях.

Abstract: Investigation of the thermophysical properties of composite reinforcement as a function of temperature is an important scientific problem of great practical importance.

From a practical point of view, information on the thermophysical properties of composite reinforcement is important for high-temperature technology - without them, it is impossible to create reliable structures in construction, predict the behavior of materials in extreme conditions.

Ключевые слова: теплопроводность, арматура, композиты, концентрация, компоненты, углепластик.

Keywords: thermal conductivity, reinforcement, composites, concentration, components, carbon fiber.

Теплофизические свойства теплопроводности композитных арматур, впервые были измерены нами. Полученные данные по теплопроводности композитных арматур в зависимости от температуры при комнатной температуре в пределах погрешности опыта совпадают с литературными данными [1,2].

Таблица 1 – Теплопроводность (λ,Вт/(м.К)) образца композитная арматура “Rockbar “ углепластика в зависимости от температуры

Т,К	298	310	320	330	340	350	360	370	380
$\lambda*10^3$,Вт/(м.К)	460	454	432	425	414	403	390	370	354

Таблица 2 – Теплопроводность (λ,Вт/(м.К)) образца композитная арматура “из углеродистой стали AV “ в зависимости от температуры

Т,К	298	310	320	330	340	350	360	370	380
$\lambda*10^3$,Вт/(м.К)	56	53,6	52,7	51,7	50,9	50,0	48,0	47,0	46,0

Согласно полученным данным выявлено, что теплопроводность композитных арматур намного зависит от той основы, из которой они изготовлены. Результаты расчетов и сравнение отношения теплопроводности образцов исследования приведены в таблице 3

Таблица 3 – Зависимость отношения теплопроводности (λ_2/λ_1) исследуемых образцов от различных температур.

Т,К	298	310	320	330	340	350	360	370	380
λ_2/λ_1	8,21	8,47	8,19	8,22	8,13	8,06	8,13	7,87	7,69

Чтобы оценить вклад составных компонентов в общую теплопро-водность изучаемых композитных арматур и в качестве примера для расчета теплопроводности нами применено правило Курнакова (формула 1) [5,6]. Зная теплопроводность этих компонентов в отдельности нами был выполнен расчет эффективной теплопроводности образца следующим образом:

$$\lambda = \lambda_1 n_1 + \lambda_2 n_2 + \lambda_3 n_3 \quad (1)$$

Результаты расчетов данным способом занесены в таблицу 4. из которой видно, что полученные результаты с погрешностью ~6% согласуются с экспериментальными данными [7].

Таблица 4 – Вычисленные значения теплопроводности (λ,Вт/(м·К)) сплава алюминия и отдельных компонентов (в качестве примера).

Сплавы, №	$\lambda_{рас.}$по фор. (1.1)	$\delta\lambda_{Al}$,%	$\delta\lambda_{Be}$,%	$\delta\lambda_{РЗМ}$,%
1.	193,5	97,5	3,5	0
2.	236,6	96,3	3,5	0,2
3.	228,1	95,2	3,5	1,3
4.	227,5	94,9	3,5	1,6
5.	228,5	94,6	3,5	1,9

Также по таблице 4 можно сказать, что вклад компонента Be в эффективную теплопроводность составляет 3,5%.

Выводы

Впервые получены экспериментальные данные по теплофизическим свойствам композитных арматур и изменения температуры (293-700)К. Показана зависимость теплопроводности, композитных арматур от процентного содержания компонентов и температуры.

Установлено, что температурные и концентрационные зависимости теплопроводности композитных арматур хорошо колируют между собой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дульнев Г.Н., Заричняк Ю.П. Теплопроводность смесей и композиционных материалов. Справочная книга. Л., 1974. 264 с.

2. Степанова В.Ф.,Степанов А.Ю. Арматура композитная полимерная. 2013 101с,

3. *Насруллоев Ф.Х., Бобоев Х.Б., Сафаров М.М., Анакулов М.М.* Теплоёмкость композиционных строительных материалов системы бетон + зола уноса. Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2018. № 4 (44). С. 85-89.

4. Бочвар А.А. Металловедение.-М.:Металлургиздат,1962.-495с.

5. Лифшиц Б.Г. Физические свойства металлов и сплавов.-М.:Машгиз,1959.-368 с.

6. Зиновьев В.Е. Кинетические свойства металлов при высоких температурах: Справочник.- М.: Металлургия, 1984.-200с.

7. Зиновьев В.Е. Теплофизические свойства металлов при высоких тем-пературах: Справочник.- М.: Металлургия, 1989.-382с.

УДК [544.77:546.57]:535 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-163-165

ИЗУЧЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГИДРОЗОЛЯ СЕРЕБРА, ОБЕСЦВЕЧЕННОГО ПЕРОКСИДОМ ВОДОРОДА
STUDY OF THE OPTICAL PROPERTIES OF SILVER HYDROSOL BLEACHED BY HYDROGEN PEROXIDE

Золина Людмила Ивановна*, Котемако Екатерина Александровна**
Lyudmila I. Zolina*, Ekaterina A. Kotemako**

**Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Россия, Москва*
The Kosygin State University of Russia, Russia, Moscow
(e-mail: zludmila0308@mail.ru)
***Федеральное Государственное Унитарное Предприятие «Всероссийский институт авиационных материалов», Москва*
Federal State Unitary Enterprise "Russian Institute of Aviation Materials" Russia, Moscow
(e-mail: kat-90@mail.ru)

Аннотация: Приведены результаты исследования оптических свойств наночастиц серебра при взаимодействии их с пероксидом водорода. Вероятной причиной обесцвечивания гидрозолей серебра может быть возникновение на границе раздела фаз состояния метаматериала, то есть соединения, которое не рассеивает и не поглощает свет в видимом диапазоне.

Abstract: The article presents the results of a study of the optical properties of silver nanoparticles when they interact with hydrogen peroxide. A probable cause of discoloration of silver hydrosols may be the appearance at the interface of a metamaterial state, that is, a compound that does not scatter or absorb light in the visible range.

Ключевые слова: оптические свойства, наночастицы, гидрозоль серебра, пероксид водорода

Keywords: optical properties, nanoparticles, silver hydrosol, hydrogen peroxide

При практическом применении наночастицы серебра, обладающие лиофобными свойствами и стабилизированные различными преимущественно органическими соединениями, достаточно часто используют в форме гидрозолей. Поскольку плазмонная резонансная частота лежит в видимом диапазоне, то результатом этого эффекта является возникновение яркой окраски и других необычных оптических свойств гидрозолей этого металла. Цвет гидрозоля и, соответственно, цвет, который приобретает обрабатываемый им материал, зависит также и от диэлектрических характеристик среды, окружающей наночастицу. Изменяя плазмонную резонансную частоту наночастиц, природу защитного коллоида, можно получать гидрозоли от темно-коричневого до бесцветного. Это позволяет регулировать цвет текстильных материалов с антисептическими свойствами, улучшая тем самым их потребительские характеристики [1].

Гидрозоль серебра, исследуемый в настоящей работе, представляет собой высокодисперсную систему, стабилизированную защитнымколлоидом желатином, представляющим собой частично деструктированный высокомолекулярный полиамфолит коллаген, который создает на границе раздела фаз структурно-механический барьер в виде адсорбционных слоев[2].Единичная наночастица в гидрозоле имеет мицеллярную структуру, то есть ядро с потенциалопределяющими ионами (Ag^+) и двойным электрическим слоем противоионов (NO_3^-). Столь сложная архитектура частиц предполагает необходимость учета влияния различных параметров на оптические свойства системы. Оптические свойства наночастиц металлов изучаются достаточно давно и всесторонне рассмотрены в ряде

монографий и статей[3-6]. Однако, несмотря на большое количество исследований в этой области, сведений о механизме взаимодействия их с перекисями практически нет.

Предварительно в данной работе для исследуемых систем был определен характер распределения частиц серебра по размерам. Результаты исследования в мульти модальном режиме приведены в таблице 1.Установлено, что в каждом из образцов присутствуют агрегаты, но в количественном соотношении их процент незначителен. Процентное содержание частиц (по количеству) представлено только для первого пула.

Обесцвечение ***37%*** раствором H_2O_2 образца, с концентрацией ***0,003%*** привело к резкому снижению агрегативной устойчивости - средний размер частиц возрос от ***3,2нм*** до ***48,7нм***. В гидрозоле с большей концентрацией - ***0,015%***исходный размер частиц составлял с ***33,5нм,*** а вобесцвеченномувеличилсядо ***76,7нм***.

Таблица 1 - Размер частиц в гидрозолях, стабилизированных желатином.

№	Дисперсная система	Концентрация реагентов, %		Размер частиц в гидрозолях серебра, нм
		Ag^0	H_2O_2	
1.	Гидрозоль Ag^0	0,003	-	***3,2***
2.	***Обесцвеченный*** гидрозоль Ag^0		37,0	***48,7***
3.	Гидрозоль Ag^0	0,015	-	***33,5***
4.	Обесцвеченный гидрозоль Ag^0		37,0	***76,7***
5.	Желатин	0,006		***9,3***

Спектры гидрозолей серебра были сняты на УФ-спектрометре (PG Instruments Limited T90) с диапазоном сканирования 200 – 700 нм и интервалом – 1 нм. Кинетику обесцвечивание гидрозолей серебра изучали на спектрофотомере КФК-3. При получении электронных спектров раствор гидрозоля Ag^0разбавляли до ***0,003%***, в котором максимум поглощения для Ag^0 составлял***410нм***, что хорошо коррелирует с известными результатами. Для обесцвеченного гидрозоля (рис.1) поглощение переходит в область дальнего УФ***260-290нм.***

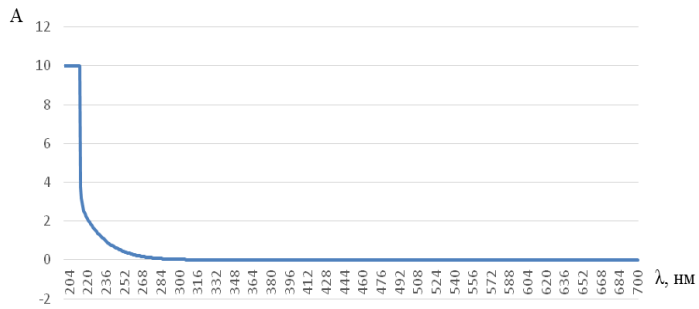


Рисунок 1 – Спектр ***0,003%*** гидрозоля серебра с защитным коллоидом желатином, обесцвеченный ***3%*** растворомH_2O_2.

Концентрация H_2O_2 **37%** приводит к значительному росту скорости обесцвечивания. При добавлении только ***0,1 мл***H_2O_2 процесс заканчивается практически за ***20*** секунд. На рисунке 2 приведена общая кинетическая кривая за весь период титрования. При добавлении последующих объемов H_2O_2 оптическая плотность практически не изменяется.Концентрация гидрозоля Ag^0, стабилизированного желатином, также оказывает значительное влияние на кинетику обесцвечивания пероксидом водорода. Так, ***0,3*** и ***0,03%*** гидрозоль серебра не обесцвечивается даже концентрированным ***37,0%-м*** раствором H_2O_2. При добавлении ***0,1 мл*** H_2O_2 происходит резкое вспенивание, и раствор приобретает сероватый оттенок, что свидетельствует об образовании оксида серебра. Обесцвечивание начинает проявляться, начиная с концентрации гидрозоля ***0,015%*** . Увеличение концентрации H_2O_2 с ***3*** до ***37%*** для ***0,003%*** гидрозоля приводит к росту скорости обесцвечивания примерно в ***5*** раз ***с 0,901 до***

5,144 мин.$^{-1}$. Напротив пятикратное увеличение концентрации ***Ag^0*** (***с 0,003 до 0,015%***) замедляет процесс, примерно, в ***5*** раз (***с 5,114 до 1,152мин.$^{-1}$***).

Следует отметить, что на скорость процесса обесцвечивания гидрозоля серебра существенное влияние оказывает ***объем реакционной системы***. Увеличение объема гидрозоля до ***20мл*** приводит к тому, что обесцвечивание наступает только через сутки и даже позднее, что свидетельствует о переходе процесса из кинетического в диффузионный режим.

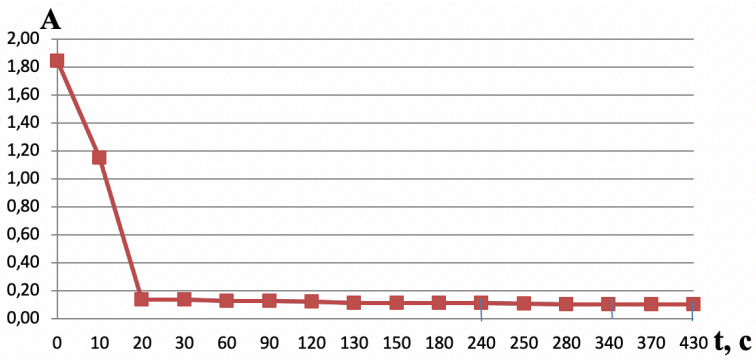


Рисунок 2 – Общая кинетическая кривая изменения оптической плотности ***0,003%*** гидрозоля ***Ag***, стабилизированного ***желатином*** при добавлении ***0,4 мл 37,0%*** раствора ***H_2O_2***

Анализ экспериментально полученных кинетических зависимостей на основе методов формальной кинетики подтверждает топохимический характер реакции взаимодействия ***Ag^0*** с ***H_2O_2***. Кинетические кривые соответствуют зависимостям, характерным для систем: ***твердое – газ***. Реакция взаимодействия ***Ag^0 с H_2O_2***, протекающая в водной среде, является гетерогенной и может лимитироваться, как в диффузионной, так и в кинетической области. Это зависит от объема и концентрации реагентов. Наибольшая скорость процесса обесцвечивания наблюдается при объеме гидрозоля не более ***5 мл*** и массовой доле атомарного серебра не более ***0,003%***. В этом случае обесцвечивание происходит при добавлении ***0,1мл 37% H_2O_2*** в течение ***20*** секунд. Очевидно, что реакция протекает в кинетическом режиме.Увеличение объема или концентрации гидрозоля приводит к очень существенному замедлению скорости. Обесцвечивание может происходить в течение ***суток*** и более, что свидетельствует о диффузионном характере процесса.

Выводы

Вероятной причиной обесцвечивания гидрозолей серебра может быть возникновение на границе раздела фаз состояния метаматериала, то есть соединения, которое не рассеивает и не поглощает свет в видимом диапазоне и, таким образом, является невидимым.

Проведенное исследование показало, что обесцвечивание гидрозолей серебра представляет собой сложный физико-химический процесс, требующий углубленного исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранова О.Н., Дмитриева М.Б., Золина Л.И. и др. Методы оценки функциональных и потребительских свойств текстильных материалов и натуральной кожи, обработанных наночастицами серебра/Коллективная монография. - М : РГУ им. А.Н. Косыгина, 2019.- 169 с.

2. Золина Л.И., Мишаков В.Ю., Жихарев А.П., Баранов В.Д., Полухина Л.М., Межуев С.В. Композиция на основе гидрозоля серебра для придания антимикробных свойств волокнисто-сетчатым материалам. Патент РФ №2405557 от 08 июня 2009 г.

3. Цао, Г. Наноструктуры и наноматериалы. Синтез, свойства и применение / Г.Цао, И., Ван.- М.: Научный мир, - 2012. – 520 с.

4. Елисеев, А.А. Функциональныенаноматериалы / А.А. Елисеев, А.В. Лукашин. - М.: ФИЗМАТЛИТ,- 2010. – 456 с.

5. Климов, В. В. Наноплазмоника / В.В. Климов. Под ред. С. А. Тюрина.- Физматлит,- 2009.- 480 с.

6. Хлебцов Н. Г. Оптика и биофотоникананочастиц с плазмонным резонансом // Квантовая Электроника.- 2008. - Т.38. - № 6.- С. 504-529.

УДК 675 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-166-168

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОПОЛИМЕРОВ МОДИФИЦИРОВАННЫХ В УСЛОВИЯХ ВЧ ПЛАЗМЫ С ДОБАВЛЕНИЕМ НАНОКОМПОНЕНТА
RESEARCH OF MODIFIED BIOPOLYMERS UNDER HF PLASMA CONDITIONS WITH THE ADDITION OF A NANOCOMPONENT

Панкова Евгения Александровна, Рахматуллина Гульназ Раисовна
Evgenia A. Pankova, Gulnaz R. Rakhmatullina

Казанский Национальный Исследовательский Технологический Университет, Россия, Казань
Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia
e-mail: pankovaja@mail.ru, gulnaz-f@yandex.ru

Аннотация: В работе рассматривается возможность модификации биополимера (коллагена) высокочастотной плазмой индукционного разряда с добавлением наночастиц серебра. Установлено, что подобная модификация коллагена позволяет придать дерме: гидрофобность, повысить термостойкость, увеличить прочность, снизить электризуемость, придать бактерицидность.

Abstract: The paper considers the possibility of modifying a biopolymer (collagen) by high-frequency induction discharge plasma with the addition of silver nanoparticles. It was found that such a modification of collagen allows you to give the dermis: hydrophobicity, increase heat resistance, increase strength, reduce electrification, give bactericidal properties.

Ключевые слова: коллаген, дерма, индукционный разряд, наночастицы серебра, прочность, гидрофобность, термостойкость, низкая электризуемость, бактерицидность.

Keywords: collagen, dermis, induction discharge, silver nanoparticles, strength, hydrophobicity, heat resistance, low electrification, bactericidal activity.

Представителем класса нерегулярных биополимеров являются белки, среди которых отдельной группой выделяют фибриллярные белки. Одним из самых значимых фибриллярных белков является коллаген. Следует отметить, что наряду с нативным коллагеном, играющим важную роль, в организме, человеком широко используется переработанный коллаген в разных сферах его жизни, например для изготовления одежды, обуви и т.д. В настоящее время существует огромное количество разнообразных технологий обработки коллагена дермы, которые обеспечивают получение практически безграничного ассортимента натуральных кож и меха. Однако з**акон развития** обуславливает необходимость постоянного совершенствования технологий, что позволит с течением времени изменяться производственной системе в целом. Анализ современных технологий показал, что одним из наиболее перспективных направлений обработки дермы является ВЧ плазменная модификация на различных этапах ее переработки (подготовительные, дубильные, отделочные процессы и операции) [1-4]. В нашей работе рассматривается возможность модификации готового материала (кожи или меха) высокочастотной плазмой индукционного разряда (ВЧИ) с добавлением нанокомпонента. Принцип работы ВЧИ плазменной установки основан на ионизации плазмообразующего газа под действием электромагнитного поля индуктора. При подаче на индуктор ВЧ напряжения, в разрядной камере формируется плазменный сгусток, через который пропускается смесь плазмообразующего газа и нанокомпонента. Образованная струя (инструмент обработки) проходит сквозь материал, обеспечивая равномерное распределение нанокомпонента. В результате воздействия: энергии ионов, кинетического удара, электромагнитного поля и температуры, происходит активация поверхности нанокомпонента, что обеспечивает его фиксацию [5, 6]. В качестве нанокомпонента использовали коллоидный водный раствор наночастиц серебра «Agбион-2».

Наночастицы серебра способны придавать твердым поверхностям уникальные свойства, однако поскольку дерма характеризуется сложной, разветвленной поверхностью нанесение нанокомпонента без ухудшения качественных показателей не представляется возможным, поэтому модификация биополимера (коллагена) наночастицами серебра осуществлялась в условиях ВЧ плазмы. Оптимальные параметры обработки (W_p=0,5кВт; G=0,06 г/с; τ=1мин) определялись с помощью пакета программ «STATISTICA 6.0». Рекомендуемая концентрация нанокомпонента от 0,1% до 0,25%.

Исследования дермы показало, что в результате модификации биополимеров ВЧ плазмой с добавлением нанокомпонента происходит гидрофобизация материала. Энергия поверхности модифицированного образца по сравнению с контрольным снижается в 2,5 раза, это приводит к тому, что вода не может удерживаться на поверхности материала и просто скатывается по ней. Кроме того, в результате модификации происходит увеличение значения показателя темостойкости дермы на 4-5 %, что свидетельствует о дополнительном структурировании коллагена. В свою очередь формирование дополнительных поперечных сшивок следствие проникновения нанокомпонента в структуру дермы вызывает увеличение ее прочности до 92% (рисунок 1).

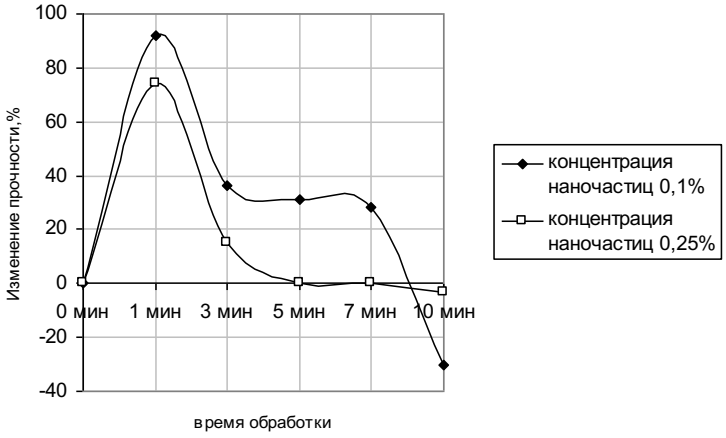


Рисунок 1 –Зависимость изменения показателя прочности дермы на разрыв от времени модификации ВЧ плазмой с добавлением нанокомпонента.

Выявлено, что насыщение структуры коллагена наночастицами металла вызывает значительное снижение потенциала поверхности даже в состоянии покоя (30-40%), при возникновении трения потенциал поверхности модифицированного образца снижается до 90% по сравнению с контрольным. Кроме того, образец, модифицированный ВЧ плазмой с добавлением нанокомпонента (наночастицы серебра) приобретает бактерицидные свойства, что подтверждается данными лабораторных испытаний ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в РТ» (протокол № 15100).

Таким образом, на основании всего вышесказанного можно сделать вывод, что модификация биополимера (коллагена) ВЧ плазмой с добавлением нанокомпонента позволяет: придать дерме гидрофобность (энергия поверхности снижается в 2,5 раза), повысить термостойкость коллагена на 4-5%, увеличить прочность дермы до 92%, уменьшить электризуемость дермы (потенциал поверхности снижается до 90%), придать дерме бактерицидные свойства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдуллин И.Ш., Красина И.В. Влияние низкотемпературной плазмы на физико-механические и физико-химические свойства натуральной кожи // Изв. высших учебных заведений, сер. Химия и химическая технология. 2003. № 6. С.143-145.

2. Абдуллин И.Ш. Красина И.В. Низкоэнергетическая ионная обработка натуральных высокомолекулярных материалов // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2006. №10. С. 1-5.

3. И.Ш. Абдуллин, В.С. Желтухин, Н.Ф. Кашапов Высокочастотная плазменно-струйная обработка материалов при пониженных давлениях. Теория и практика применения / Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 2000. 348 с.

4. Панкова Е.А. Применение наночастиц серебра и плазменной обработки для создания экологически полноценных технологий выделки меха // В мире научных открытий. 2010. №2 (08). С. 127-128.

5. И.Ш. Абдуллин, Е.А. Панкова Исследование влияния обработки наноматериалами в условиях ВЧИ плазмы на качество мехового полуфабриката из шкур овчины // «Нанотехника». 2008. № 3 (15). С. 64-66.

6. В.**Х**. Абдуллина, Е.А.Панкова Влияние плазмоактивации полипропиленового волокна на фиксацию наночастиц серебра на ее поверхности // Вестник Казанского технологического университета. 2009. №3. С. 53-56.

УДК 677.4 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-168-172

ПОЛУЧЕНИЕ МНОГОСЛОЙНЫХ НАНОВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЯ
MANUFACTURING OF MULTILAYER ELECTROSPUN NANOFIBROUS WEBS

Рыклин Дмитрий Борисович, Ясинская Наталья Николаевна,
Демидова Мария Александровна, Азарченко Владислав Михайлович
Dzmitry B. Ryklin, Natallia N. Yasiskaya,
Maria A. Demidova, Vladislav M. Azarchenko

Витебский государственный технологический университет, Беларусь, Витебск
Vitebsk State Technological University, Belarus, Vitebsk
(e-mail: ryklin-db@mail.ru, yasinskaynn@rambler.ru, demidova.mariya00@gmail.com, azarchenko22@mail.ru)

Аннотация: Рассмотрены особенности получения многослойных нановолокнистых материалов методом электроформования. Определены наиболее перспективные области применения технологий производства многослойных нановолокнистых материалов для последующего использования в медицине и косметологии.

Abstract: The features of obtaining multilayer nanofibrous webs by electrospinning are considered. The most promising areas of application of multilayer nanofibrous webs technologies for subsequent use in medicine and cosmetology have been identified.

Ключевые слова: электроформование, многослойный материал, структура, нановолокно.

Keywords: electrospinning, multilayer web, structure, nanofiber.

Одним из наиболее перспективных направлений разработки инновационных материалов для медицины является применение метода электроформования, позволяющего получать нановолокнистые материалы и покрытия разной структуры с заданным комплексом свойств. В настоящее время благодаря разнообразию свойств нановолокнистых материалов, покрытий и конструкций, они стали альтернативными терапевтическими средствами для многих сфер биомедицины [1]. Исследователями разрабатываются электроформованные материалы из натуральных и синтетических полимеров с заданной скоростью биодеградации, обладающие нетоксичностью и не вызывающие иммунного ответа у организма пациента; материалы с механизмом таргетной доставки, в которые включен специфический лекарственный компонент [2]; электроформованные конструкции, служащие подложкой для

нарастания костной ткани и ткани органа, применяющиеся как in vivo, так и in vitro [3] и многие другие терапевтические средства, получаемые методом электроформования.

Абсолютное большинство публикаций, касающихся исследований в области электроформования, посвящено созданию и изучению структуры и свойств однокомпонентных или многокомпонентных однослойных материалов. Такие материалы могут быть получены на установках самых разных конструкций, что в значительной степени определяет интерес исследователей к работам в данном направлении. Однако создание многослойных нановолокнистых материалов открывает ряд возможностей, существенно расширяя ассортимент продукции.

В Витебском государственном технологическом университете исследование процесса получения нановолокнистых материалов осуществляется с использованием установки Fluidnatek LE-50 компании Bionicia (Испания), на которой прядильный раствор подается при помощи дозатора через капилляры в зону электроформования. Создание многослойных материалов на установках Fluidnatek может осуществляться за счет последовательного использования нескольких прядильных головок или за счет применения коаксиальной прядильной головки, включающей внутреннюю и внешнюю иглы, через которые формовочный раствор может подаваться последовательно или одновременно [4].

Внешний вид установки Fluidnatek LE-50 представлен на рисунке 1.

Рисунок 1 – Внешний вид установки Fluidnatek LE-50

Анализ технологии производства нановолокнистых материалов позволил выделить следующие три случая, в которых целесообразно получение многослойных структур:

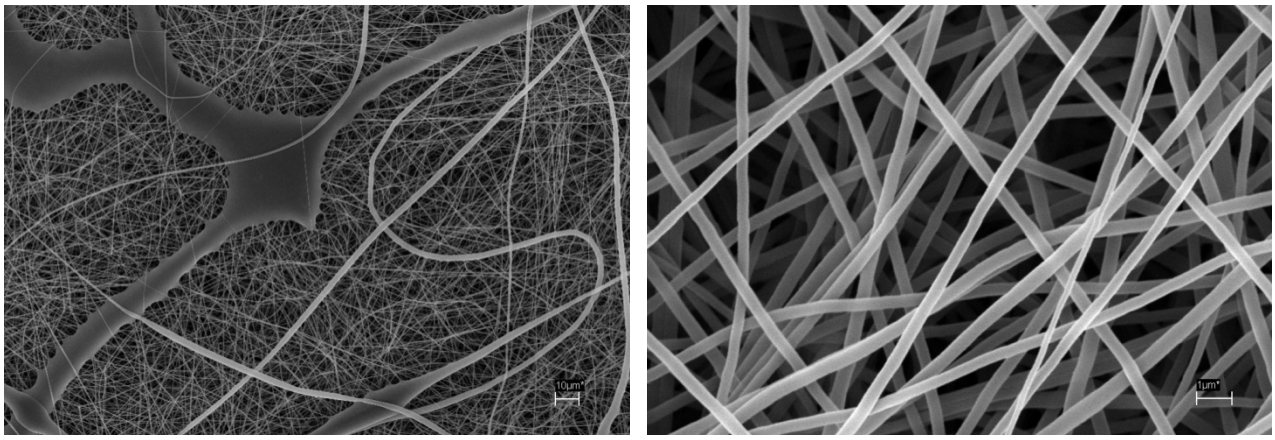
При высокой адгезии нановолокнистого материала определенного состава и назначения к подложке.

Известно, что методом электроформования могут быть получены как нановолокнистые материалы, так и материалы с нановолокнистым покрытием. В обоих случаях, как правило, нановолокнистый слой наносится на подложку, в качестве которой может выступать как текстильный материал, так и бумага. В первом случае слой снимается с подложки, а во втором – используется совместно с ней. При получении нановолокнистых материалов и покрытий процесс электроформования протекает одинаково. Однако к получаемому продукту предъявляются принципиально разные требования. Нановолокнистый материал должен обладать малой адгезией к подложке, то есть сниматься без повреждений и без миграции частиц подложки, особенно, в случае использования его в медицине [5]. В значительной степени данная задача решается выбором материала подложки. Однако практика показывает, что при использовании волокнообразующих полимеров на водной основе в ряде случаев в процессе электроформования из формовочного раствора не испаряется весь растворитель, что приводит к существенному повышению адгезии и возникновении последующих проблем при снятии материала с подложки. Замечено также, что ряд функциональных добавок, таких как

глицерин, раствор прополиса и др., существенно повышают адгезию, что приводит к возникновению проблем при снятии нановолокнистого материала с подложки. В этом случае исследователь может пойти по пути создания двухслойных материалов, нижний слой которого будет сформирован из нейтрального по свойствам полимера, обладающего низкой адгезией к подложке, а верхний – выполнять весь комплекс заданных функций.

При создании материалов, применение которых позволяет обеспечить последовательное выделение активных веществ в соответствии с принципом таргетной доставки.

С учетом применения разрабатываемых материалов в медицине и косметологии важным является вопрос о выборе биологически активных компонентов волокнообразующих растворов. Разрабатываемые на основе способа электроформования технологии позволяют получать неоднородные материалы разной структуры одновременно из нескольких растворов. Добавляемые в раствор активные вещества могут воздействовать на тело человека одновременно или последовательно, или с изменяющейся интенсивностью, что в значительной степени достигается формируемой структурой материала. Достижение заданного изменения свойств материала является сложной задачей, которая может быть решена путем создания многослойных материалов, полученных из полимеров с разной скоростью деградации и содержащих различные по виду и концентрации активные вещества. В качестве примера подобного материала можно привести двухслойный материал, нижний слой которого получен из поливинилового спирта с добавлением активных веществ, а верхний – из полилактида. Указанные полимеры имеют существенно разную скорость биодеградации, что позволяет управлять процессом таргетной доставки лекарств при их применении. Водный раствор поливинилового спирта при получении образца подавался через внутреннюю иглу коаксиальной прядильной головки, а раствор полилактида в хлороформе – через внешнюю иглу. Нанесение нижнего слоя осуществлялось в течение 40 минут, а внешнего слоя – 2 минуты, что связано особенностями процесса биодеградации и выполняемых ими функций. Для изучения структуры полученных материалов и влияния на неё состава и расхода формовочного раствора были получены их изображения при различном увеличении с использованием электронного сканирующего микроскопа LEO 1420 (Carl Zeiss, Германия). На рисунке 2 а видно, что полилактидные волокна формировались менее стабильно и характеризуются высокой неравномерностью по толщине, в то время как поливинилспиртовые волокна, близкие по толщине, образовывали равномерный слой. Средняя толщина поливиниловых волокон составила 160 нм.



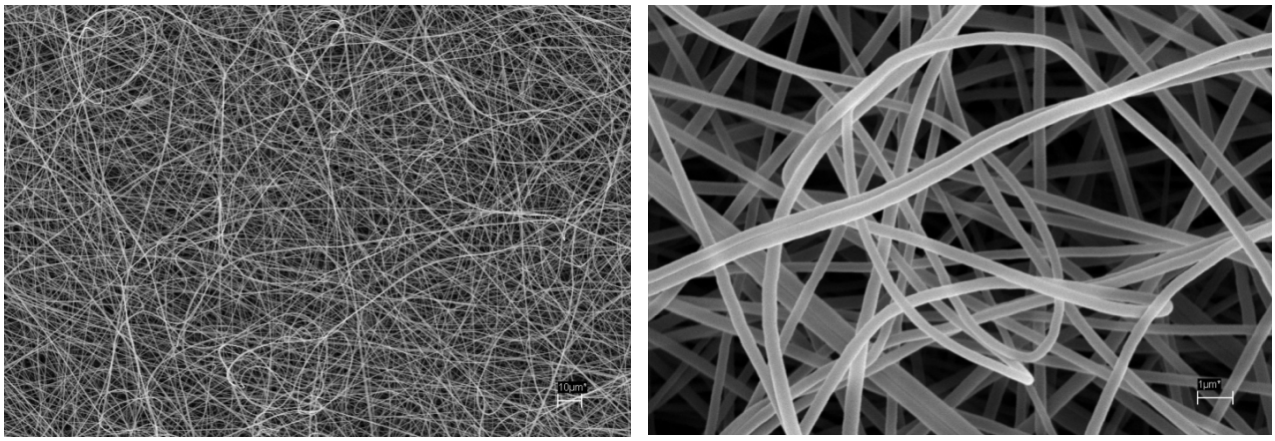
а) б)

Рисунок 2 – Изображения двухслойного нановолокнистого материала (поливиниловый спирт/полилактид):
а – получено при увеличении в 1000 раз, б – получено при увеличении в 15 000 раз

При создании нановолокнистых структур, которые обеспечивают инкапсулирование активных веществ, характеризующихся достаточно высокой летучестью.

В этом случае наличие нескольких слоев позволяет инкапсулировать активное вещество косметологического или медицинского применения внутри полимера, а также обеспечивает медленное и постепенное выделение добавленного в полимер активного вещества, что обуславливает его хорошую впитываемость и позволяет точно рассчитать дозировку. В качестве активного вещества для инкапсуляции во внутреннем слое нарабатываемого трехслойного нановолокнистого материала при проведении исследований было выбрано масло розового дерева. Оно способствует повышению эластичности кожи, подходит для любого типа кожи, обладает антикуперозным действием, смягчает, питает, способствует улучшению микроциркуляции, ускоряет процесс рассасывания рубцов и растяжек, отбеливает, успокаивает кожу, эффективно при заболеваниях кожи [6]. Трехслойная структура выбрана для того, чтобы предотвратить испарение масла, которое может привести к полной или частичной утрате ценных свойств материала.

Получение трехслойного материала происходило в следующей последовательности. На первом этапе на подложку осуществлялось нанесение нановолокнистого слоя из водного раствора поливинилового спирта с использованием одного из капилляров. При формировании второго слоя в дополнение к поливиниловому спирту через второй капилляр подавался раствор масла розового дерева. На заключительном этапе снова формируется слой из поливинилового спирта. Можно отметить, что наличие во внутреннем слое масла розового дерева никак не проявляется на полученных фотографиях получаемых материалов. Однако в процессе формирования внешнего слоя оно оказало влияние на его морфологию. Заметно, что во внешнем слое, сформированном из поливинилового спирта без каких-либо добавок, значительная часть волокон приобрела извитый вид (рис. 3), что может быть объяснено изменением характеристик электростатического поля вблизи коллектора из-за наличия на закрепленной на нем подложке масла розового дерева.



а) б)

Рисунок 3 – Изображения трехслойного нановолокнистого материала с инкапсулированным маслом розового дерева в среднем слое
а – получено при увеличении в 1000 раз, б – получено при увеличении в 15 000 раз

Проведение исследовательских работ по каждому из указанных направлений позволит создать новый ассортимент нановолокнистых материалов, обладающих заданным комплексом свойств, значительно расширив возможности технологии электроформования по сравнению с получением традиционных однослойных материалов.

Выводы

В результате анализа современного ассортимента нановолокнистых материалов, предназначенных для использования в медицине и косметологии, и процесса электроформования, выявлено, что получение многослойных нановолокнистых структур является целесообразным в следующих случаях:

- при высокой адгезии к подложке нановолокнистого материала, использование которого предполагает его снятие после нанесения;
- при создании материалов, применение которых позволяет обеспечить последовательное выделение активных веществ в соответствии с принципом таргетной доставки;
- при создании нановолокнистых структур, которые обеспечивают инкапсулирование активных веществ, характеризующихся достаточно высокой летучестью.

Создание многослойных нановолокнистых материалов позволяет существенно расширить ассортимент изделий для косметологии и медицины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Juncos Bombin A.D., Dunne N.J., McCarthy H.O. Electrospinning of natural polymers for the production of nanofibres for wound healing applications // Materials Science and Engineering: C. V. 114. September 2020. 110994.

2. Stace E.T., Mouthuy P.A., Carr A.J., Ye H.(C.) Biomaterials: Electrospinning // Comprehensive Biotechnology (Third Edition). V. 5. 2019. P. 424-441

3. Rahmati M., Mills D.K., Urbanska A.M., Saeb M.R., Venugopal J.R., Ramakrishna S., Mozafari M. Electrospinning for tissue engineering applications // Progress in Materials Science. August 2020. 100721

4. Рыклин Д.Б., Азарченко В.М., Демидова М.А. Определение рациональных режимов электроформования с использованием прядильных головок различной конструкции // Химические волокна. – 2019. – № 4. – с. 13.

5. Демидова М.А., Азарченко В.М., Рыклин Д.Б. Определение влияния параметров электроформования на равномерность нановолокнистого покрытия // Международный научно-практический симпозиум «Прогрессивные технологии и оборудование: текстиль, одежда, обувь»: сборник материалов. – Витебск, 2020.

6. Cosmobase. Косметическая база [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cosmobase.ru/handbook/show/ROSEWOOD_ESSENTIAL_OIL. – Дата доступа: 25.02.2021.

УДК 675.024.4: 547.458.83: 541.64 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-173-177

ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ДУБИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ОКИСЛЕННЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ
PREPARATION OF POLYMER TANNING AGENT BASED ON OXIDIZED POLYSACCHARIDES

Чурсин Вячеслав Иванович, Борисов Антон Александрович
Vyacheslav I. Chursin, Anton A. Borisov

Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Россия, Москва
The Kosygin State University of Russia, Russia, Moscow
(e-mail: mars8848@rambler.ru; toni.borisov.98@mail.ru)

Аннотация: Приведены результаты экспериментальных исследований кинетики окисления мальтодекстрина периодатом натрия и пероксидом водорода, показано влияние условий окисления на свойства полимерного дубителя. Полученные диальдегидные производные мальтодекстрина использованы для структурирования желатина и в процессе дубления голья с положительными результатами.

Abstract: The results of experimental studies of the kinetics of oxidation of maltodextrin with sodium periodate and hydrogen peroxide are presented, and the effect of oxidation conditions on the properties of the polymer tanning agent is shown. The obtained dialdehyde derivatives of maltodextrin have been used for structuring gelatin and in the tanning process with positive results.

Ключевые слова: экология, дубители, окисление, полисахариды, мальтодекстрин.

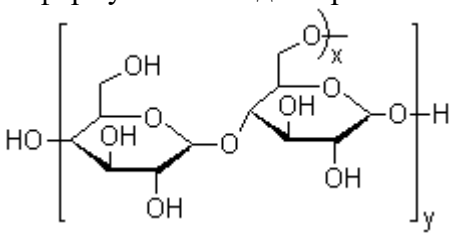
Keywords: ecology, tanning agents, oxidation, polysaccharides, maltodextrin.

В настоящее время в Российской Федерации формируется система государственного регулирования, в основе которой заложены принципы использования наилучших доступных технологий, предусматривающие разработку и внедрение этих технологий в промышленности. Перечень таких технологий и их обоснование сформулированы в научно-техническом справочнике "Выделка и крашение кожи и меха" и ГОСТ Р 56828.36-2018 [1,2]. Одним из перспективных направлений в кожевенном производстве является использование природных соединений, в частности растительных дубильных экстрактов и близких им по химическому составу веществ, обладающих дубящими свойствами. Разработка новых дубителей из возобновляемых источников сырья рассматривается сегодня, как наиболее эффективная стратегия развития.

Полисахариды относятся к веществам природного происхождения и являются одними из распространенных и доступных возобновляемых ресурсов, получаемых при переработке растительного сырья. Они характеризуются отсутствием токсичности, биоразлагаемостью, биосовместимостью, и поэтому находят широкое применение в различных отраслях промышленности [3]. Повысить функциональность и расширить области применения полисахаридов можно путем их модификации. Одним из распространенных методов повышения реакционной способности этих соединений является окисление, в результате которого в структуре образуются альдегидные группы. Альдегиды занимают особое место среди химических реагентов, используемых для структурирования белковых систем, в том числе в качестве дубителей в производстве кожи и меха [4,5]. Это обусловлено их способностью взаимодействовать с аминогруппами белка с образованием оснований Шиффа. Однако применение низкомолекулярных альдегидов ограничено их высокой токсичностью. Так, предельно допустимые концентрации веществ на рабочем месте для формальдегида составляют 0,6-0,8 мг/м^3, для глутарового альдегида - 0,8-1,0 мг/м^3, для глиоксаля порядка 5 мг/м^3 [5]. В этом плане использование в качестве полимерных дубителей химически

модифицированные полисахариды, содержащие альдегидные группы, представляется обоснованным, как по технологическим, так и по экологическим соображениям.

Настоящая работа является продолжением исследований кафедры технологии кожи и меха по окислительной модификации полисахаридов с целью получения реакционноспособных соединений, которые могут составить альтернативу органическим дубителям, используемым в производстве кожи и меха [5-7]. Диальдегидные производные полисахаридов получают путем окисления их различными окислителями [5-9]. В качестве объекта исследования использовали мальтодекстрин - продукт переработки крахмала. Этот выбор обусловлен его доступностью и относительно низкой стоимостью. Мальтодекстрин содержит в своем составе, как простые сахара, так и полимеры сахаридов. Ниже представлена структурная формула мальтодекстрина.



В качестве окислителей использовали пероксид водорода и периодат натрия, при работе с которыми образуется минимальное количество побочных продуктов.

Полисахариды не содержат заместителей, поглощающих в УФ области, поэтому кинетику окисления мальтодекстрина оценивали по результатам измерения электропроводности, вязкости и показателю преломления. Количество образовавшихся альдегидных групп в полисахариде определяли химическим анализом по йодному числу.

Окисление мальтодекстрина проводили при комнатной температуре. Кинетику процесса окисления исследовали на основании данных по изменению электропроводности и вязкости реакционной смеси. Результаты эксперимента приведены на рис.1

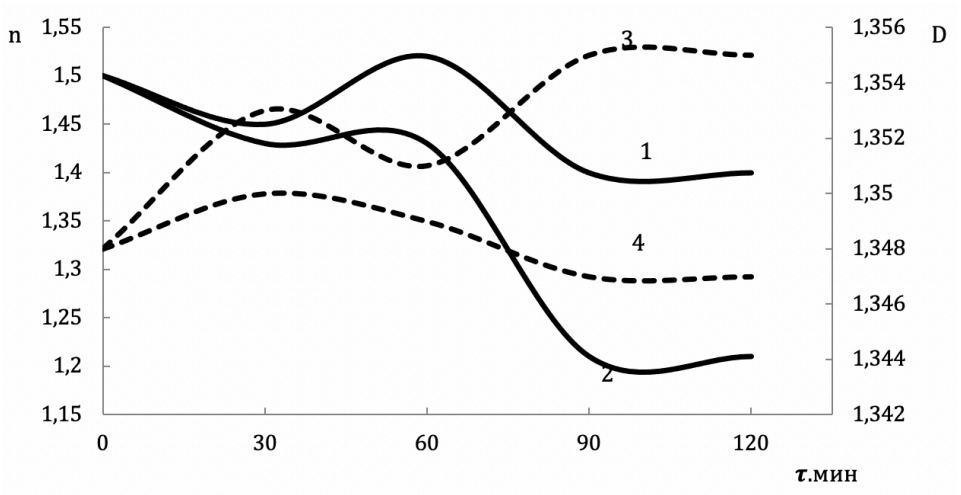


Рисунок 1 — Изменение вязкости (1,2) и показателя преломления (3,4) 10%-го раствора мальтодекстрина в процессе окисления: перйодатом натрия (1,3) и пероксидом водорода (2,4) при расходе окислителей 6 %

Характер изменения показателя преломления раствора при обработке перйодатом натрия во времени позволяет говорить о существенных изменениях, происходящих в структуре мальтодекстрина. Волнообразная зависимость показателя преломления раствора мальтодекстрина во времени позволяет предположить, что на первом этапе происходит окисление гидроксильных групп в альдегидные и только затем возможно дальнейшее их превращение в карбоксильные группы. Следует подчеркнуть, что скорость гидролиза при

окислении периодатом натрия ниже, чем при использовании пероксида водорода, и не сопровождается существенным падением вязкости полученного диальдегида.

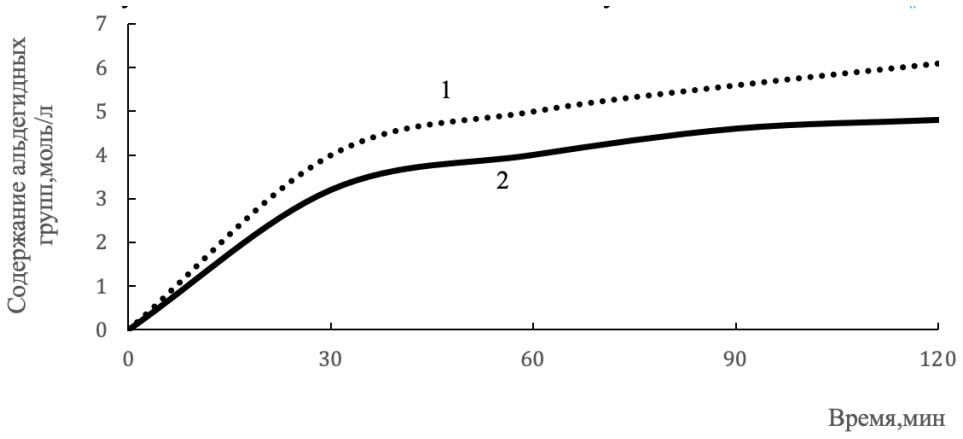


Рисунок 2 — Зависимость содержания альдегидных групп в мальтодекстрине от времени окисления периодатом натрия (2) и пероксидом водорода (2)

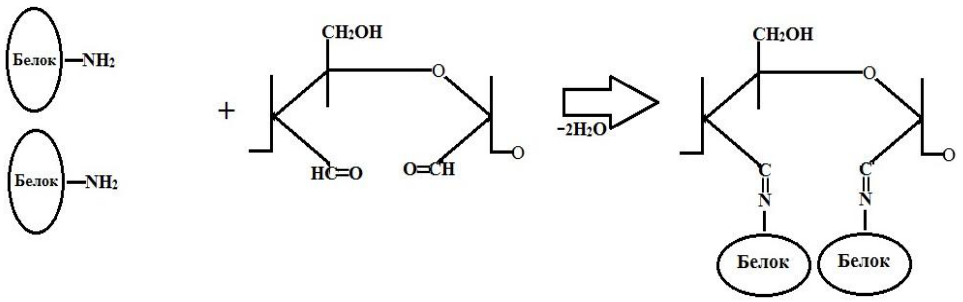
С учетом результатов, представленных на рис.1 и 2, предпочтение следует отдать получению диальдегидных производных мальтодекстрина с использованием в качестве окислителя периодата натрия, обеспечивающего большую функциональность этого полисахарида.

Известно, что наличие в структуре полисахаридов альдегидных групп, способных в мягких условиях взаимодействовать с аминогруппами белка, позволяет повысить его термостойкость [4,5,7]. Одним из основных показателей, характеризующих дубящие свойства различных препаратов, является гидротермическая устойчивость белка, или, как принято в кожевенной терминологии, температура сваривания. Эксперименты по определению дубящей способности диальдегидмальтодекстрина проводили на пленках желатина, которые могут служить модельным аналогом коллагена. Результаты эксперимента приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Влияние степени окисления мальтодекстрина на свойства желатиновой пленки

Показатель	Исходная пленка	Степень окисления мальтодекстрина,%		
		23	33	56
Содержание сорбированного диальдегидмальтодекстрина, %	0	2,3	3,1	4,0
Температура плавления пленки желатина, °С	35	46	50	56
Характеристика пленки	Мягкая, эластичная	Жесткая, хрупкая	Жесткая, хрупкая	Жесткая, хрупкая

Из представленных данных следует, что увеличение сорбции диальдегидмальтодекстрина коррелирует со степенью окисления, то есть с содержанием альдегидных групп. При этом отмечен рост температуры плавления пленки желатина, который составил 21 °С, по сравнению с необработанной пленкой. Схематично эту реакцию можно представить в следующем виде [10]:



Зафиксированное повышение жесткости и хрупкости желатиновой пленки обусловлено образованием большого количества межмолекулярных связей в структуре белка, что снижает их способность к деформации [8].

Результаты эксперимента по дублению голья диальдегидными производными мальтодекстрина, проведенного в опытных условиях, показали, что при обработке препаратами, полученными с использованием перйодата натрия, гидротермическая устойчивость полуфабриката возрастает на 28 °С и составляет 77 °С. При использовании дубителя, полученного окислением мальдодекстрина пероксидом водорода, температура сваривания опытных образцов кожи составила 75 °С. Эти значения соответствуют температуре характерной для кож алюминиевого, циркониевого и титанового дубления.

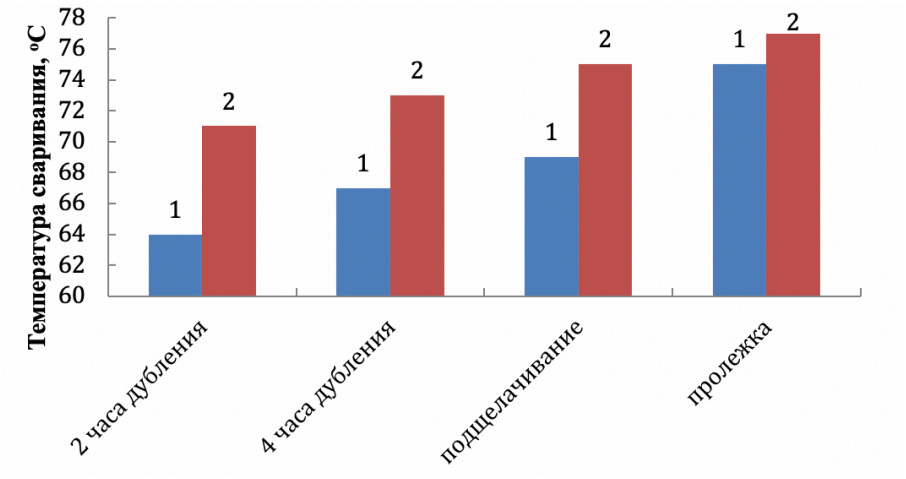


Рисунок 3 — Влияние технологических факторов на температуру сваривания голья при дублении диальдегидмальтодекстрином, полученным при окислении пероксидом водорода (1), периодатом натрия (2)

Таким образом, экспериментально показано, что диальдегидпроизводные, полученные при окислении мальтодекстрина пероксидом водорода и периодатом натрия, являются эффективными сшивающими реагентами, которые могут быть использованы для структурирования желатиновых пленок в медицине и фармацевтике, а также в качестве полимерных дубителей в производстве кожи. В процессе выделки и крашения мехового полуфабриката эти дубители позволят повысить устойчивость волосяного покрова к окислительному отбеливанию и обеспечить требуемые упруго-пластические свойства кожевой ткани меха. Использование диальдегидных производных полисахаридов в производстве кожи и меха положительно скажется на характеристике промышленных стоков (отсутствие минеральных дубителей и токсичных альдегидов) и их способности к биологической очистке. Полученные результаты являются предпосылкой для синтеза реакционноспособных дубителей на основе диальдегидных производных полисахаридов, потребность в которых будет возрастать по мере усиления тенденции на использование возобновляемых ресурсов и экологически чистых технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям.ИТС 40-2017 Дубление, крашение, выделка шкур и кожи. М. Стандартинформ. 2017. 110 с.

2. ГОСТ Р 56828.36-2018 Ресурсосбережение Кожевенная промышленность. Наилучшие доступные технологии использования энергоресурсов. М. Стандартинформ. 2018. 24 с.

3. Klein-Koerkamp C. Efficient oxidative modification of polysaccharides in water using H_2O_2 activated by iron sulfophthalocyanine // Carbohydrate Polymers. 2009. V. 78. P. 938–934.

4. Чурсин В.И., Магомедова П.М. Дубящее действие глиоксаля в присутствии органических добавок. Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности (ИНТЕКС-2017). Сборник статей Ч.2, С.31-34

5.Чурсин В.И. Технологические процессы и экология кожевенного производства: монография. ФГБОУ ВО "РГУ им. А.Н.Косыгина" 2019. 161 с.

6. Чурсин В.И. Окислительная модификация хитозана //Пластические массы. 2011. №5. С. 35-39

7. Чурсин В.И., Чиркова Н.А. Дубящая способность окисленной гидроксиэтилцеллюлозы //Известия вузов Химия и химическая технология. 2007. Т.50. Вып.10. С.132-135

8. Changdao Mu, Jimin Guo, Xinying Li, Wei Lin, Defu Li Preparation and properties of dialdehyde carboxymethyl cellulose crosslinked gelatin edible films // Food Hydrocolloids. 2012. V. 27. N. 1. P. 22-29

9. Гумникова В.И., Дятлов В.А., Гребенева Т.А., Круппа И.С., Киреев В.В., Бахмутов В.И Изучение химического строения диальдегиддекстранов, полученных периодатным окислением в различных условиях // Пластические массы. 2013. № 6. С. 44-50

10. Шаталов И.С., Шаталова А.С., Шлейкин А.Г. Влияние диальдегидкрахмала на прозрачность и растяжение желатиновой пленки // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия. Процессы и аппараты пищевых производств. 2014. №3. С. 285-291

УДК 677.017.88 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-178-182

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СВОЙСТВ МЕМБРАННЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОДЕЖДЫ
PREDICTION OF PROPERTIES OF MEMBRANE TEXTILE MATERIALS FOR CLOTHING

Панкевич Дарья Константиновна, Буркин Александр Николаевич
Darya K. Pankevich, Aleksandr N. Burkin

Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь, Витебск
Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus, Vitebsk
(e-mail: dashapan@mail.ru)

Аннотация: Рассмотрены вопросы прогнозирования свойств композиционных слоистых текстильных материалов, содержащих мембранный слой, в условиях эксплуатации, приведено описание установки, позволяющей моделировать механические эксплуатационные нагрузки материалов для одежды в различных температурно-влажностных условиях, приведены результаты исследования структуры и прогнозирования водонепроницаемости материалов различных структур при пониженной температуре воздуха.

Abstract: The issues of predicting the properties of composite layered textile materials containing a membrane layer under operating conditions are considered, a description of the device is given, which makes it possible to simulate the mechanical operational loads of materials for clothing in various temperature and humidity conditions, the results of studying the structure and predicting the waterproofness of materials of various structures at a low air temperature are given.

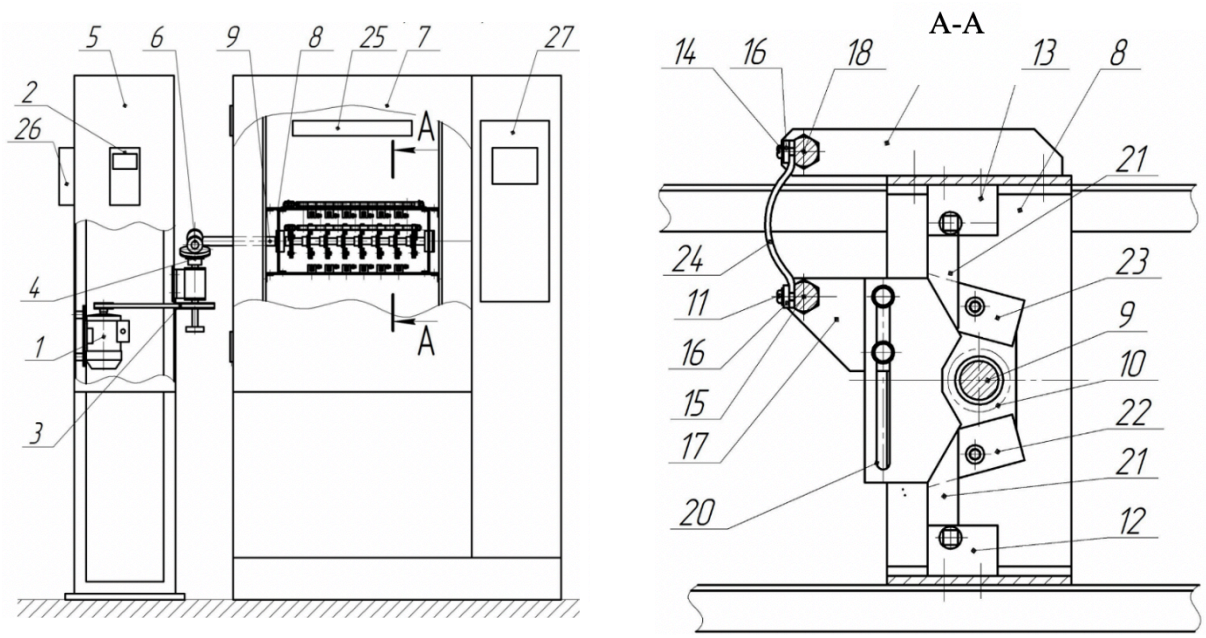
Ключевые слова: мембранные материалы, водонепроницаемость, структура, прогнозирование, комплекс средств.

Keywords: membrane materials, water resistance, structure, prediction, complex of means.

Композиционные слоистые текстильные материалы, содержащие мембранный слой, находят все более широкое применение в легкой промышленности. Они представляют собой объемное сочетание текстильных и полимерных слоев с четкой границей раздела между ними. Областью применения таких материалов является производство водозащитной бытовой, спортивной, специальной одежды и обуви. Мембраны, входящие в состав композита, обеспечивают удивительную комбинацию гигиенических свойств: являются барьером для атмосферных осадков, но проницаемы для парообразной влаги. Показатель водонепроницаемости считается определяющим при оценке их качества, поскольку по назначению мембранные текстильные материалы – водозащитные.

Известно, что существенные изменения претерпевают материалы при одновременном воздействии пониженных температур и трения, многократного изгиба, растяжения: слоистые материалы расслаиваются, образуются микротрещины и просечки слоев, их растяжимость снижается [1]. При этом нет ни стандартного метода исследования свойств мембранных материалов в подобных условиях, ни комплекса средств для его реализации. Неизвестно также, влияют ли инсоляция, температура и влажность эксплуатации на свойства мембранных материалов и каково это влияние для материалов различных структур. Особенно остро вопрос сохранения начального уровня водозащитных свойств материалов в процессе эксплуатации стоит перед производителями одежды, для которых надежность в эксплуатации является одной из составляющих доверия потребителя к бренду. Поэтому экспериментальные данные о свойствах мембранных материалов различных структур в процессе эксплуатации приобретают решающее значение в момент выбора материалов в пакет изделия. Исследование текстильных материалов в лабораторных условиях, имитирующих процесс износа в реальных условиях, является одним из перспективных и малозатратных методов прогнозирования поведения материала в процессе эксплуатации [2].

Для прогнозирования эксплуатационных свойств материалов по результатам кратковременных испытаний коллективом авторов УО «ВГТУ» разработан комплекс средств: установка и методика испытания материалов в различных эксплуатационных условиях [3], портативный прибор для определения водонепроницаемости текстильных материалов [4]. Установка представляет собой модифицированный флексометр Балли, размещенный в климатической камере YTH-408-40-1P. Схема установки представлена на рисунке 1.



а) общий вид б) сечение механизма поворота

1 – электродвигатель, 2 – электросхема, 3 – передаточный механизм, 4 – косая шайба, 5 – стойка, 6 – ролики, 7 – климатическая камера, 8 –корпус, 9 – механизм поворота, 10 – 14 – зажимы, 15, 18 – штанга, 16, 22, 23– прижимная планка,17 – кронштейн, 19 – держатель, 20 – пластина, 21, 24 – образцы материалов, 25 – лампа, 26 –блок управления, 27 –дисплей климатической камеры.

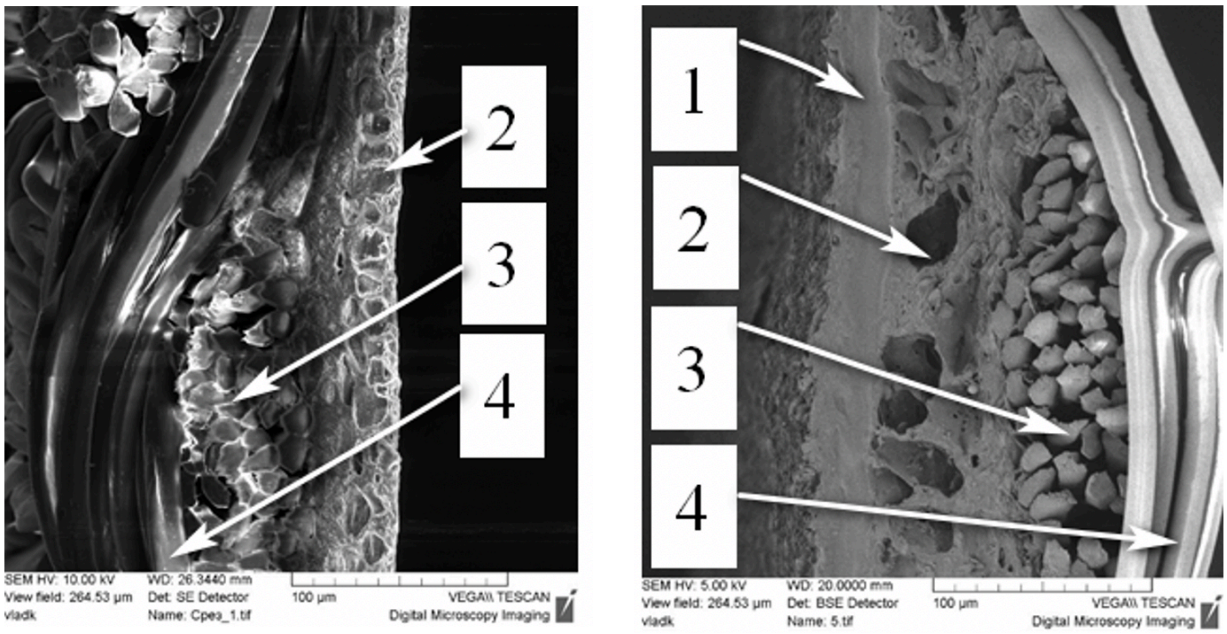
Рисунок 1 – Схема установки для исследования эксплуатационных свойств материалов.

Сущность работы установки сводится к тому, что в климатической камере устанавливают температуру, влажность и режим инсоляции согласно назначению материалов, а с помощью флексометра и дополнительных механизмов к нему задают условия механических нагружений образцов: многоциклового изгиба для образцов 21 или многоциклового растяжения для образцов 24. Методика предполагает моделирование эксплуатационных механических нагрузок в климатической камере при воздействии на материалы любого заданного количества циклов изгиба или растяжения в диапазоне температур от минус 40 °С до плюс 150 °С при различной влажности в соответствии с назначением материала. Конструкция установки позволяет исследовать изменение показателей свойств материалов по стандартным методикам после моделирования эксплуатации. В число доступных для исследования после нагрузок показателей входят: изменение разрывной нагрузки и удлинения при разрыве, определенных по ГОСТ 3813-72; изменение водонепроницаемости, определенной по ГОСТ 413-91 методом Б (высокого давления-малого образца). Разработанная методика позволяет в относительно короткие сроки выполнить прогнозирование свойств материалов при моделировании условий эксплуатации, что позволяет обосновать выбор материалов для одежды конкретного назначения, обладающей стабильным уровнем свойств.

С целью прогнозирования водонепроницаемости мембранных текстильных материалов для одежды в условиях эксплуатации исследованиям подвергали материалы верха зимних

детских курток. В соответствии с условиями эксплуатации материалов был выбран режим 30 000 циклов изгиба при температуре минус 15 °С, условно соответствующий 3 месяцам носки бытовой одежды [5] при наиболее низких температурах, характерных для зимнего периода времени на территории Республики Беларусь, когда возможны достаточно длительные прогулки детей на свежем воздухе.

Микроструктуру мембранных текстильных материалов исследовали методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) на растровом электронном микроскопе VEGA II LSH («TESCAN», Чехия), состав мембран исследовали методом ИК-спектроскопии с использованием ИК-спектрофотометра с Фурье-преобразованием Nexus 5700 с программным обеспечением OMNIC 7.1 в Белорусском республиканском центре зондовой микроскопии Института механики металлополимерных систем имени В.А. Белого НАН Беларуси, г. Гомель. Технические характеристики микроскопа: разрешение 3 нм, увеличение ×4–1000000, максимальный размер кадра 4096×4096 пикселей. На рисунке 2 представлено изображение поперечного среза материалов различных структур: двухслойного мембранного материала, содержащего тканый текстильный слой и пористую мембрану (рисунок 2(а)), и трехслойного мембранного материала, содержащего тканый текстильный слой и комбинированную монолитно-пористую мембрану (рисунок 2(б)).



а) б)

1 – монолитный полимерный слой, 2 – пористый полимерный слой, 3 – пучок филаментов нити основы текстильного слоя, 4 – пучок филаментов нити утка текстильного слоя.

Рисунок 2 – СЭМ-изображение поперечного среза двухслойного (а) и трехслойного (б) мембранного материала (×900)

В исследовании принимали участие материалы указанных структур, выработанные на полиэфирной тканой текстильной основе различных переплетений, имеющие различия в размерах пор, толщине, строении и химической природе полимера мембраны. Исследовали поперечные срезы образцов мембранных текстильных материалов производства ОАО «Моготекс» (Республика Беларусь); «Taslan» (Китайская Народная Республика); «Hipora», «Ultrex» (Республика Корея). Образцы материалов были предоставлены швейным предприятием ЗАО ОПТФ «Світанак», г. Орша (Республика Беларусь), специализирующемся на изготовлении верхней детской одежды.

До и после моделирования эксплуатационных нагрузок определяли уровень водонепроницаемости образцов мембранных материалов. При определении

водонепроницаемости использовали портативный прибор, разработанный на кафедре «Товароведение и техническое регулирование» УО «ВГТУ» [4], который позволяет создавать и поддерживать в измерительной ячейке гидростатическое давление в диапазоне измерений (0-1,0) МПа, с ценой деления манометра 0,002 МПа, класс точности 1. Результаты исследования представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Характеристика образцов мембранных текстильных материалов

Номер образца	Поверхностная плотность, г/м^2	Структура					
		текстильной основы				полимерных мембранных слоев	
		толщина, мкм	переплетение нитей текстильного слоя	количество нитей текстильного слоя на 10 см		толщина слоев, мкм	
				по основе	по утку	пористого	монолитного
1	139	128	комбиниров.	620	540	47	1,2
2	136	121	сложное	580	400/120	38	8
3	137	117	сложное	520	410/128	42	15
4	132	125	сложное	560	400/122	40	13
5	185	199	полотняное	310	310	72	22
6	266	295	полотняное	250	210	63	26
7	211	169	основный репс	450	450	70	24
8	142	269	полотняное	340	220	74	нет
9	115	200	усиленная саржа	488	410	52	нет
10	122	180	полотняное	540	274	65	нет
11	118	170	усиленная саржа	490	320	63	нет

Таблица 2 – Результаты исследования водонепроницаемости материалов.

Номер образца / количество слоев	Описание мембранного слоя по результатам СЭМ и ИК-спектроскопии	Водонепроницаемость, МПа	
		до испытания	после испытания
1 / 3	ПА, структура пористого слоя анизотропна в направлении, перпендикулярном поверхности образца. У границы с текстильным слоем поры диаметром около 25 мкм, у границы с монолитным полимерным слоем – 1-7 мкм. Монолитный слой толщиной около 10 мкм	0,098	0,078
2 / 3		0,078	0,058
3 / 3		0,082	0,064
4 / 3		0,094	0,076
5 / 3	ПУ, структура пористого слоя с крупными несквозными сообщающимися порами неправильной формы размером до 60 мкм, монолитный слой толщиной около 25 мкм	0,048	0
6 / 3		0,058	0
7 / 3		0,048	0
8 / 2	ПУ, структура пористого слоя анизотропная с мелкими порами диаметром около 0,5-1 мкм у поверхности и около 20 мкм на границе с текстильным слоем	0,140	0,052
9 / 2		0,120	0,048
10 / 2		0,100	0,046
11 / 2		0,120	0,044

Выводы

Анализ результатов испытаний позволяет сделать вывод, что мембранные текстильные материалы, содержащие в составе полиамидную комбинированную монолитно-пористую мембрану, выдерживают многоцикловой изгиб при пониженной температуре лучше, чем материалы с полиуретановой мембраной. Поэтому именно такие материалы необходимо применять для изготовления надежной в эксплуатации одежды. В среднем за 30 000 циклов изгиба при температуре минус 15 °С они теряют от 20% до 30% начальной водонепроницаемости, тогда как материалы с полиуретановой мембраной при тех же условиях сохраняют менее 50% начальной водонепроницаемости, а некоторые образцы перестают выполнять водозащитную функцию. Это наблюдение согласуется с известным фактом о морозостойкости полиамидов и неустойчивости полиуретанов к пониженным температурам [6]. Сопоставление результатов исследования структуры и прогнозирования водонепроницаемости мембранных материалов позволяет предположить, что наиболее стабильна в моделируемых условиях водонепроницаемость материалов с анизотропной в направлении, перпендикулярном поверхности образца, структурой пористого мембранного слоя, с мелкими порами диаметром не более 30 мкм. Образцы, выработанные на текстильной основе меньшей толщины с более высокими значениями плотности по основе и утку, показали более стабильный уровень водонепроницаемости. Материалы с полиуретановой комбинированной мембраной с крупными порами менее устойчивы к моделируемым условиям эксплуатации зимних курток, чем материалы с однородной полиуретановой микропористой мембраной.

Таким образом, по результатам прогнозирования водонепроницаемости мембранных текстильных материалов установлено, что структура и химическая природа полимера мембраны оказывают существенное влияние на стабильность водонепроницаемости в моделируемых условиях эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гольдаде В. А, Струк В.А., Воронцов А.С., Авдейчик С.В.* Материаловедение и технология полимеров и композитов: учеб. пособие. Гродно: ГрГУ, 2018. 351 с.

2. *Шустов Ю. С.* Основы научных исследований свойств текстильных материалов. М.: ФГБОУ ВПО «МГТУ им. А.Н. Косыгина», 2012. 120 с.

3. *Панкевич Д. К., Буркин А. Н., Ивашко Е. И.* Методика исследования водопроницаемости мембранных материалов при моделировании условий эксплуатации // сборник статей 7-й Междунар. науч.-технич. конф. «Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов». Могилев: Белорусско-Российский университет, 2020. С. 139.

4. *Буркин А. Н., Панкевич Д. К.* Водонепроницаемость текстильных материалов. Разработка методики и прибора для исследования // Стандартизация. 2016. Вып. 4. С. 52.

5. *Жихарев А. П.* Теоретические основы и экспериментальные методы исследования для оценки качества материалов при силовых, температурных и влажностных воздействиях. М.: ИИЦ МГУДТ, 2003. 327 с.

6. *Кестинг Р.Е.* Синтетические полимерные мембраны: пер. с англ. М.: Изд-во Химия, 1991. 336с.

УДК 677.076.4 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-183-188

РАЗРАБОТКА И ПОЛУЧЕНИЕ НЕТКАНЫХ СЕПАРАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЩЕЛОЧНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ
DEVELOPMENT AND PRODUCTION OF NON-WOVEN SEPARATION MATERIALS FOR ALKALINE BATTERIES

Бокова Елена Сергеевна*, Романова Юлия Сергеевна*,
Смульская Мария Андреевна, Филатов Иван Юрьевич****
Elena S. Bokova*, Yylia S. Romanova*, Maria A. Smulskay, Ivan Y.Filatof****

**Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина*
(Технологии. Дизайн. Искусство), Россия, Москва
The Kosygin State University of Russia, Russia, Moscow
(e-mail: esbokova@ya.ru)
***ООО «Научно-производственный центр «Электроспининг», Россия, Москва*
LLC " Research and Production Center "Electrospining", Russia, Moscow
(e-mail: fiu@electrospinning.ru)

Аннотация: В работе исследованы серарационные нетканые материлы, полученные методом электроаэродинамического фомования из растворов полисульфона в различные растворителях. Показано влияние концентрации и динамической вязкости прядильных растворов на протекание процесса электроформования и диаметр волокон нетакных материалов. Установлены концентрационные зависимости и диапазоны изменения динамической вязкости, определяющие характер прядения и его переход от процесса электрораспыления жидкости (ЭРЖ) к собственно процессу электроформования волокон (ЭФВ). Показана возможность прогнозирования диаметра волокон и размера пор нетканого материала. Установлено, что предпочтительными растворителями для получения сепарационных материалов из полисульфона являются дихлорэтан, циклогексанон и их смеси.

Abstract: the study examined separazione non-woven material obtained by the method of electrohidrodinamica hamowania from solutions of polysulfone in various solvents. The influence of the concentration and dynamic viscosity of spinning solutions on the electroforming process and the fiber diameter of non-woven materials is shown. The concentration dependences and ranges of changes in the dynamic viscosity that determine the nature of spinning and its transition from the process of electrospray liquid (ERW) to the actual process of electroforming fibers (EFV) are established. The possibility of predicting the fiber diameter and pore size of a nonwoven material is shown. It is established that the preferred solvents for the preparation of separation materials from polysulfone are dichloroethane, cyclohexanone and their mixtures.

Ключевые слова: электроформование, нетканые материалы, микроволокна, нановолокна, щелочные аккумуляторы, сепарационные материалы, концентрация, динамическая вязкость, диаметрт волокон

Keywords: electroforming, nonwovens, microfibers, nanofibers, alkaline batteries, separation materials, concentration, dynamic viscosity, fiber diameter

Принцип работы щелочных аккумуляторов основан на химической реакции взаимодействия окислителя и восстановителя, энергия которой превращается в электрическую. Эффективность работы химических источников тока во многом определяется структурой и свойствами сепаратора – диэлектрического материала, играющего роль пространственного разделителя между анодом и катодом для увеличения пути электрического заряда. Помимо барьерной функции, сепараторы обеспечивают механическое удержание активных масс, противодействуя разрушению электродов и росту дендритов, а также препятствуют проникновению продуктов разряда [1].

В ранее проведенных работах был проведен сравнительный анализ физико-механических свойств и щелочестойкости сепарационных нетканых материалов различного полимерного состава, полученных методом электроформования растворов [2,3].

Целью настоящей работы является исследование влияния рецептурно-технологических факторов на структуру сепарационных нетканых материалов для щелочных аккумуляторов.

Сепарационные материалы для химических источников тока относятся к материалам мембранного типа, для которых необходимо сочетание высокой проницаемости, низкого гидродинамического сопротивления и наличия «устойчивой поры», что в совокупности обеспечивает долговечность и надежность работы устройств. Все перечисленные характеристики зависят не только от термо- и хемостойкости выбранного полимера и прядильной композиции на его основе, но и от метода и технологических параметров процесса электроформования.

Наиболее важными структурными характеристиками нетканых материалов для сепараторов, с учетом функции фильтрации при сохранении на высоком уровне механической прочности, являются средний и максимальный диаметр пор, который зависит от диаметра формируемых волокон. Размер волокон, в свою очередь, во многом определяется выбором системы полимер-растворитель [4].

В качестве волокнообразующего полимера в работе использовали полисульфон марки Udel P-3500 LCD. В качестве растворителей дихлорэтан, циклогексанон, хлороформ. Волокна получали электроаэродинамическим методом. Параметр электропроводности в зависимости от выбранной системы полимер-растворитель менялся от 30 до 200 мкСм/см, расход формовочного раствора выбирали максимально возможным до момента появления дефектов (от 3 до 10 мл/ч).

При выборе системы полимер-растворитель, основным контролируемым параметром взаимодействия, который определяет как термодинамическое, так и технологическое сродство является динамическая вязкость. Измерения вязкости растворов проводили на ротационном вискозиметре BROOKFIELD DV-E.

На рисунке 1 приведены кривые зависимости динамической вязкости раствора полисульфона марки Udel P3500 LCD от его концентрации в различных растворителях, а также их смеси в указанных массовых соотношениях.

Исходя из теоретических предпосылок, кривая вязкости для каждой системы может быть разделена на три зоны концентрацией кроссовера и концентрацией зацеплений макромолекулярных клубков. Положение области кроссовера определяется степенью полимеризации макромолекулы полимера, гибкостью полимерной цепи и термодинамическим качеством растворителя. Переход из режима разбавленных (концентрация раствора ниже точки кроссовера) в режим умеренно концентрированных растворов сопровождается изменением как его динамических (вязкость, коэффициент диффузии и т.п.), так и термодинамических свойств. При дальнейшем увеличении концентрации до концентрации зацепления макромолекулярных клубков, в растворе образуется сетка зацеплений макромолекул полимера. Эти области на кривых напрямую связаны с процессом электроформования, а именно его переходом от процесса электрораспыления жидкости (ЭРЖ) к собственно процессу электроформования волокон (ЭФВ) [5-8].

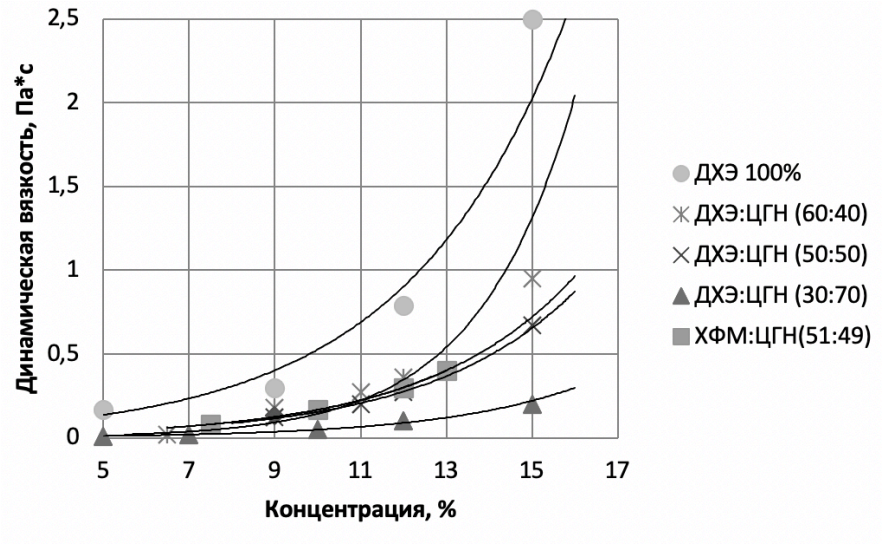


Рисунок 1 – Зависимость динамической вязкости растворов от концентрации полисульфона марки Udel P-3500 LCD при разных составах растворителей

Из рисунка 1 видно, что с увеличением концентрации полимера динамическая вязкость раствора экспоненциально увеличивается. Очевидно, что наиболее сильным сродством обладает пара ПСФ-ДХЭ, для которой характерно наибольшее увеличение динамической вязкости с ростом концентрации полимера. Хлороформ и дихлорэтан обладают близким как термодинамическим, так и технологическим сродством к полимеру, поэтому в системах ПСФ - (ДХЭ:ЦГН) (50:50)) мас.% и ПСФ-ХФМ:ЦГН (51:49)) мас. % вязкостные кривые практически совпадают друг с другом.

По расположению кривых вязкости можно предположить, что наилучшими технологическими свойствами будет обладать раствор полисульфона в смеси ДХЭ:ЦГН (30:70) мас. %, так как при одинаковой концентрации всех исследуемых растворов, последний обладает наименьшей вязкостью.

На рисунке 2 представлены микрофотографии материалов, полученных методом электроформования из растворов ПСФ в смесевом растворителе ДХЭ:ЦГН (50:50) мас%.

Видно, что в первом случае при концентрации раствора 5% образуется материал с дефектами в виде пробрызгиваний, которые отсутствуют у материала, полученного из 13% раствора.

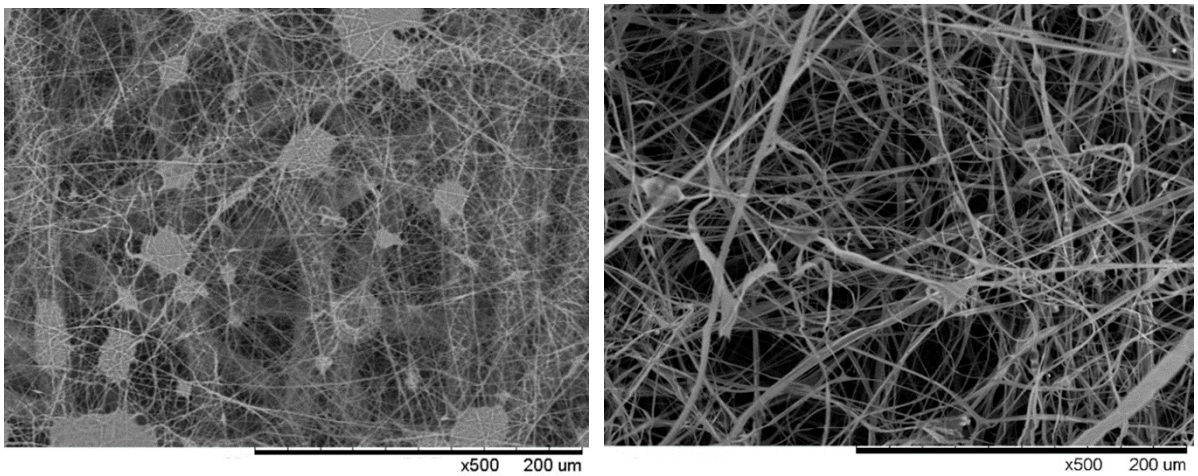


Рисунок 2 – Микрофотографии волокон, полученных из растворов ПСФ вДХЭ : ЦГН (50:50) мас.% концентрации 5% (а) и 13% (б)

Микробрызги на волокне и наличие дефектов в виде бусин подтверждают, что на кривой зависимости динамической вязкости от концентрации формовочного раствора (рисунок 1) концентрация растворов 5 % лежит в переходной области от процесса ЭРЖ к процессу ЭФВ, а концентрация 13 % – в области процесса ЭФВ для первой системы.

В процессе электроформования волокон по электроаэродинамическому методу образуется бесконечно длинное волокно, поэтому наиболее удобной структурной характеристикой материала является средний диаметр волокон (оптический). В зависимости от величины среднего диаметра волокна прямо пропорционально растёт средний диаметр поры материалов, полученных методом электроформования. Из эмпирических исследований известно, что, как правило, средний диаметр поры в три раза больше среднего диаметра волокна [4].

В работе исследовали зависимость среднего диаметра волокна от динамической вязкости раствора, концентрации и состава смесевого растворителя. Для определения среднего оптического диаметра волокон и их распределения по размерам применяли сканирующий электронный микроскоп марки HitachiTM-1000 с программным обеспечением Photoshop CS5.

На рисунке 3 представлена зависимость среднего оптического диаметра волокна от концентрации ПСФ в смесевом растворителе ДХЭ:ЦГН (60:40) мас. %, (50:50), ДХЭ 100% мас. %.

Кривые носят логарифмическую зависимость, согласно которой увеличение вязкости раствора приводит к увеличению значения среднего оптического диаметра волокон. В интервале низких значений вязкости от 0,5 до 1 Па×с, можно наблюдать резкое увеличение диаметра волокон, с последующим переходом вязкостных кривых на плато.

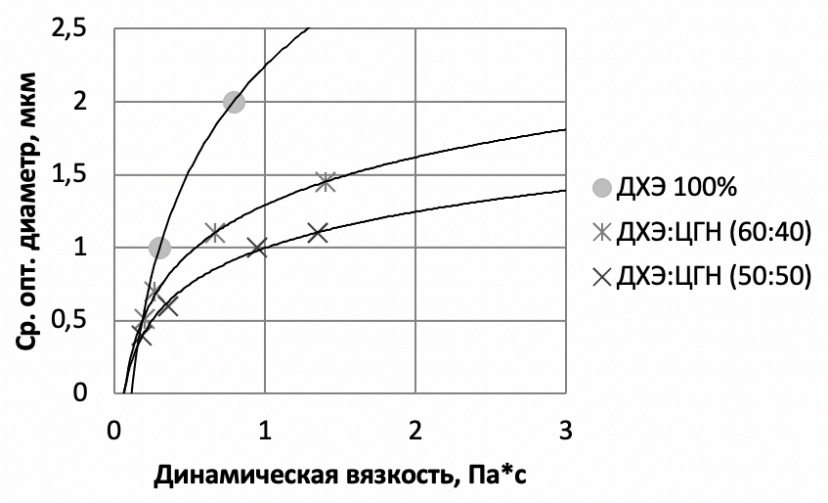


Рисунок 3 - Зависимость среднего оптического диаметра от динамической вязкости формовочного раствора ПСФ-3500 в зависимости от соотношения растворителей в смесевом растворителе ДХЭ:
ЦГН в массовых соотношениях ДХЭ 100 %мас, (60:40) %мас, (50:50) %мас.

Наличие точки перегиба связано с тем, что вязкость является стабилизирующим фактором, обеспечивающим неразрывность струи. Чем выше вязкость, тем меньше времени остается движущим электростатическим силам на вытяжку волокна.

В системах с большим содержанием ДХЭ, как легколетучего компонента, наблюдается практически линейное увеличение среднего оптического диаметра волокон, что связано с высокой летучестью растворителя, который испаряется быстрее, уменьшая тем самым время вытяжки волокна.

По кривым, представленным на рисунке 3 можно оценить диапазоны диаметров волокон, которые можно получить из растворов полисульфона в смеси растворителей с определенным соотношением. Так из раствора ПСФ в чистом ДХЭ 100% можно получить

волокна с диаметром до 3 мкм. Из раствора полимера в смеси ДХЭ: ЦГН (50:50) % мас. от 0, 1 до 1,5 мкм. Таким образом, можно задавать состав формовочного раствора под требуемый диаметр волокон.

На рисунке 4 представлена зависимость среднего оптического диаметра волокна от концентрации ПСФ в смесевом растворителе ХФМ: ЦГН (75:25) мас. %, (65:35) мас.%, и (51:49) мас. %и ДХЭ 100% мас.

Кривые также носят логарифмическую зависимость, согласно которой увеличение концентрации полимера в растворе влияет на увеличение значения среднего оптического диаметра волокон. Очевидно также влияние содержания в системе высококипящего растворителя ЦГН. При одинаковой концентрации, из раствора с большим содержанием ЦГН получен материал с меньшим диаметром волокон, так как при электроформовании увеличивается время вытяжки волокна за счёт увеличения времени испарения растворителя.

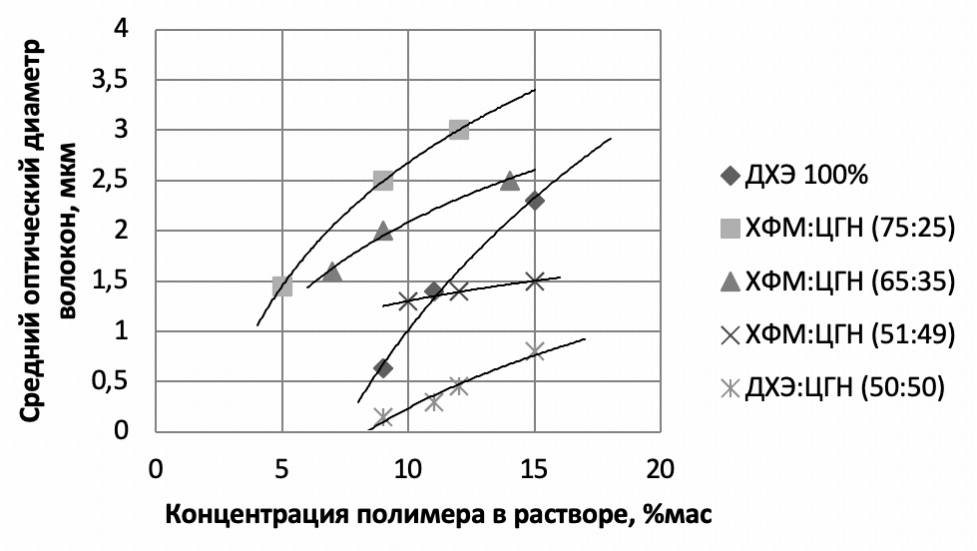


Рисунок 4 – Зависимость среднего оптического диаметра от концентрации полимера ПСФ в зависимости от соотношения растворителей в смесевом растворителе ХФМ: ЦГН (75:25) %мас, (65:35) %мас, и (51:49)%мас, ДХЭ:ЦГН (50:50) %мас, и ДХЭ 100%мас.

Угол наклона кривых для исследованных систем свидетельствует о динамике увеличения среднего оптического диаметра волокон с ростом концентрации. При большем содержании в системе легколетучего компонента – ХФМ или ДХЭ она выше.

Кроме того, данная зависимость дает представление о диапазоне диаметров, которые можно получить из раствора с определенным соотношением растворителя и разбавителя, меняя концентрацию полимера в формовочном растворе. Так, для системы с наибольшим содержанием низкокипящего растворителя ДХЭ характерен самый широкий диапазон диаметров волокон, следовательно, в данном случае легче изменить диаметр волокон, изменяя концентрацию.

В ходе получения образцов выявлено отрицательное воздействие хлороформа на соединительные патрубки электроаэродинамичесой установки электроформования. По ним происходило короткое замыкание и пробой, из-за высокой проникающей способности хлороформа сквозь полимерные перегородки. Поэтому в качестве растворителя для полисульфона предпочтительно использование дихлорэтан, циклогексанона и их и его смесей.

Выводы

В работе исследованы серарационные нетканые материлы, полученные методом электроаэродинамического фомования из растворов полисульфона в различные растворителях. Показано влияние концентрации и динамической вязкости прядильных растворов на протекание процесса электроформования и диаметр волокон нетакных

материалов. Установлены концентрационные зависимости и диапазоны изменения динамической вязкости, определяющие характер прядения и его переход от процесса электрораспыления жидкости (ЭРЖ) к собственно процессу электроформования волокон (ЭФВ). Показана возможность прогнозирования по вязкостным кривым диаметра волокон и размера пор нетканого материала. Установлено, что предпочтительными растворителями для получения сепарационных материалов из полисульфона являются дихлорэтан, циклогексанон и их смеси.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теньковец В.В., Центр Б.И. Основы теории и эксплуатации герметичных никель-кадмиевых аккумуляторов. Издательство: Энергоатомиздат. 1985 г. 96 с.

2.Саливан А.А., Бокова Е.С., Филатов Ю.Н., Смульская М.А., Филатов И.Ю. Использование метода электроформования для получения сепарационных материалов щелочных аккумуляторов // Сборник трудов Всероссийской научной конференции (с международным участием) преподавателей и студентов ВУЗов "Актуальные проблемы науки о полимерах". Россия, Казань, Казанский национальный исследовательский технологический университет, апрель 2020. С 87

3. Саливан А.А., Бокова Е.С., Филатов Ю.Н., Смульская М.А., Филатов И.Ю. Сепарационные материалы для щелочных аккумуляторов// Сборник трудов Всероссийской научная конференции молодых исследователей с международным участием «Инновационное развитие техники и технологий в промышленности (ИНТЕКС-2020)», посвященная Юбилейному году в ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина, Россия, Москва, РГУ им. А.Н Косыгина, апрель 2020, Ч. 3. С. 210-212

4. *Филатов Ю.Н.* Электроформование волокнистых материалов (ЭФВ-процесс) /Ю.Н. Филатов. М.: 2001 г. 231 с.

5. Bokova E.S. ,Lavrentev A.V., Kovalenko G.M.,Filatov I.Y. The development of conditions for the production of porous fibre composites using nonwoven materials based on ultrafine fibres//International Polymer Science and Technology. Vol. 42, Issue 2, 2015, P. 35-39

6. Bokova E.S. ,Grigory M. Kovalenko ,Filatov Y.N.,Evsyukova, N.V. Electrospinning as Promising Technology for Expanding the Assortment of Fibre-Reinforced Porous Composite Materials and Coatings // Fibre Chemistry. Volume 49, Issue 3, 1 September 2017, P. 167-172

7.Elena S.Bokova, Grigory M. Kovalenko, IvanYu. Filatov, Maria Pawlova, Kseniya S. Bokova, Natalya.V Evsyukova. Modification of polyurethane solutions by means of a hard depositor for fiber production by the electrospinning method// FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe. 26,6 (260) pp.63-67.

8. Бокова Е.С. Коваленко Г.М Физико-химические основы технологии производства синтетических кож на основе ультратонких волокон. М.: РИО ФГБОУ ВО «МГУДТ", 2016, 99с.

УДК 675.92.035 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-189-192

РАЗРАБОТКА ПОЛИУРЕТАНОВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ХИМИКО-МЕХАНИЧЕСКОЙ ПОЛИРОВКИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЛОЕВ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

DEVELOPMENT OF POLYURETHANE POLYMER MATERIALS FOR CHEMICAL-MECHANICAL POLISHING OF DIELECTRIC LAYERS OF INTEGRATED CIRCUITS

Терашкевич Дмитрий Игоревич, Бокова Елена Сергеевна,
Коваленко Григорий Михайлович, Гинзбург Александр Сергеевич
Dmitriy I.Terachkevich, Elena S. Bokova, Grigoriy.M. Kovalenko, Aleksandr S.Ginzburg

Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство), Россия, Москва
The Kosygin State University of Russia, Russia, Moscow
(e-mail: esbokova@ya.ru)

Аннотация: В работе представлены результаты анализа пористой структуры полировальных материалов на основе полиуретанов, применяемых в процессе химико-механической планаризации слоев интегральных схем. Описана технология получения пористых образцов методом твердотельного микроячеистого вспенивания

Abstract: The paper presents the results of the analysis of the porous structure of polishing materials based on polyurethanes used in the process of chemical-mechanical planarization of layers of integrated circuits. The technology of obtaining porous samples by solid-state microcellular foaming is described

Ключевые слова: химико-механическая планаризация, полировальные материалы, полируемые пластины, полиуретаны, пористая структура, пористость, структурообразование

Keywords: chemical-mechanical planarization, polishing materials, polished plates, polyurethanes, porous structure, porosity, structure formation.

Одной из перспективных областей применения полиуретановых материалов является процесс химико-механической полировки диэлектрических слоев интегральных схем, который находит широкое применение в микроэлектронике. При этом речь идет как о гибких пористых системах, полученных методом фазового разделения растворов полимера в среде нерастворителя, так и о жестких, полученных методом механического или химического вспенивания. Не зависимо от способа получения полировального материала, основной вклад в его функциональное назначение вносит характер пористой структуры, пористость, форма и размер пор, твердость полимерного каркаса. [1,2]

Обзор опубликованной информации и обобщение опыта ведущих производителей [3-6] показывает, что на данный момент в России отсутствуют собственные полировальные материалы, а приобретение зарубежных затруднено в связи с санкциями наложенными на ведущих производителей микроэлектроники.

Это вызывает необходимость проведения исследований по разработке пористых полировальных материалов отечественного производства на основе полиуретановых композиций пригодных для использования при производстве интегральных схем.

Цель работы – изучение промышленных образцов полировальных материалов, используемых при производстве интегральных схем, а также исследование возможности получения материалов с аналогичными свойствами на основе отечественного поимерного сырья.

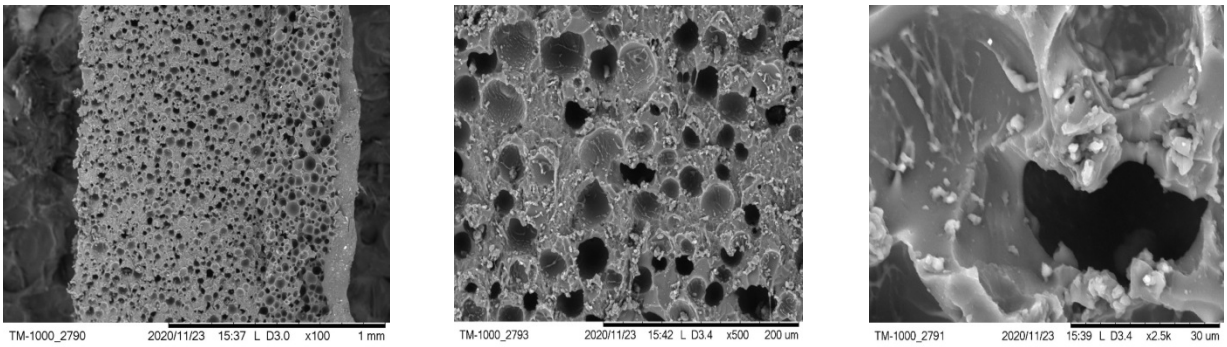
В качестве объектов исследования использованы доступные на мировом рынке полировальные материалы на основе полиэфируретанов марок IC 1000 (производства DOW, США), Politex (производства DuPont, США).

В качестве исходного сырья для получения вспененных образцов применентермопластичный полиэфируретаны марки Витур Т2513-75.

Для анализа микроструктуры поперечного сечения и лицевой поверхности образцов полировальных материалов использовали сканирующий электронный микроскоп (SEM) марки Tescan VEGA 3 SBH, с электронной пушкой с вольфрамовым нагреваемым катодом с термоэлектронной эмиссией и увеличением от 4,5 до 1 000 000.

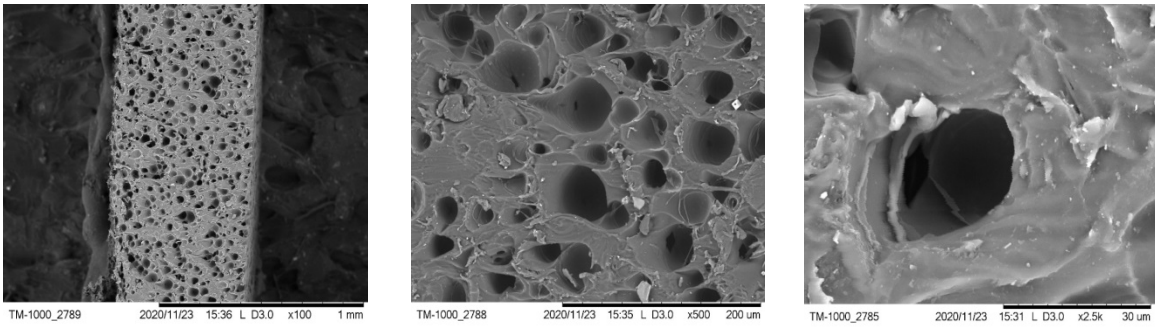
На рисунках 1-4 изображены микрофотографии поперечного среза и поверхности структур полировальных материалов и Politex.

Полировальный материал IC 1000 (рисунок 1,2) представляет собой лист полимерного микропористого материала толщиной порядка 2 мм (80 мил) со сферическими порами изолированного типа, размером от 5 до 55 мкм, равномерно распределенными по толщине (рисунок 1) и поверхности (рисунок 2)



а б в

Рисунок 1 - Фотографии поперечного среза полировального материала IC 1000:
(а) - поперечный срез, ×100 увеличение; (б) - фрагмент среза, ×500 увеличение**;**
(в) - фрагмент поры, ×2500 увеличение



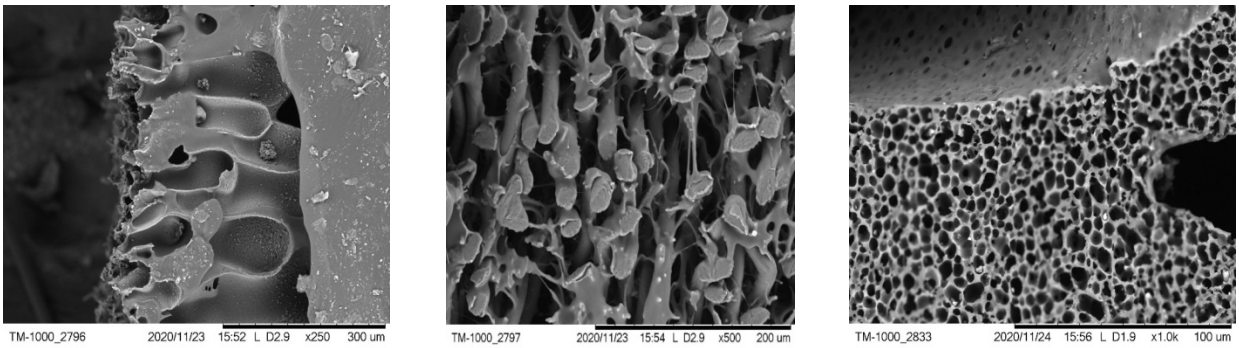
а б в

Рисунок 2 - Фотографии лицевой поверхности полировального материала IC 1000:
(а) - поверхность, ×100 увеличение; (б) - фрагмент поверхности, ×500 увеличение;
(в) - фрагмент поры, ×2500 увеличение.

На рисунках 3,4 приведены микрофотографии полировального материала Politex , состоящего из двух слоев (рисунок 3 а): нетканой основы, пропитанной полимерным связующим (рисунок 3 б), и пористого лицевого покрытия (рисунок 3 в), толщиной порядка 1,5 мм (60 мм). При этом на фрагменте основы (рисунок 3 б) прослеживается наличие волокон, пористая структура полимерного связующего и участки, свидетельствующие об отслоении полимерного связующего от волокна.

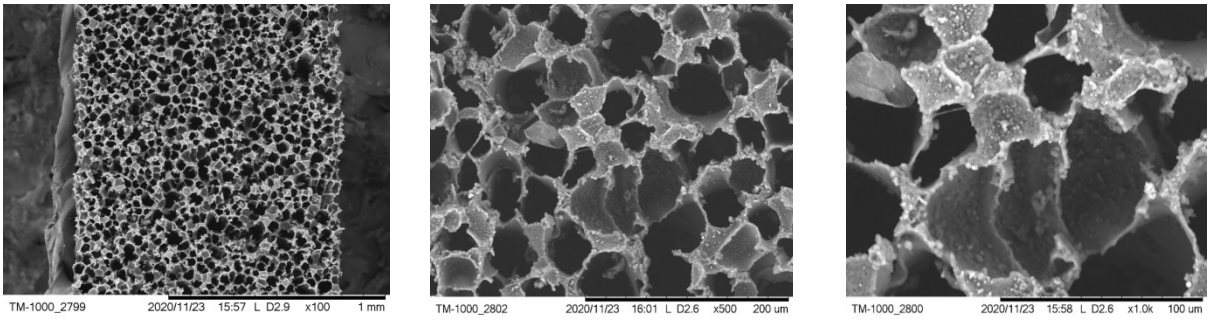
Из фотографии, представленной на рисунке 3 а, видно, что пористая структура лицевого слоя представляет собой систему сообщающихся каплевидных пор, пронизывающих практически всю толщину полимерного покрытия. Средний диаметр пор составляет примерно

100 мкм, а глубина около 300 мкм. Стенка каплевидной поры (рисунок 3 в) имеет мелкопористую структуру, включающую большое число сферических сообщающихся пор, средним диаметром 40 мкм (рисунок 4 а).



а б в

Рисунок 3 - Фотографии поперечного среза полировального материала Politex: (а) - поперечный срез, ×250 увеличение; (б) - фрагмент среза нетканой основы, ×500 увеличение; (в) - фрагмент стенки поры лицевого покрытия, ×1000 увеличение.



а б в

Рисунок 4 – Фотографии лицевой поверхности полировального материала Politex: (а) - поверхность лицевого слоя, ×100 увеличение; (б) - фрагмент поверхности, ×500 увеличение; (в) - фрагмент пор, ×1000 увеличение.

Для оценки возможности изготовления полировальных материалов на основе отечественного химического сырья были проведены лабораторные процессы вспениванивания для материала Витур Т2513-75.

Пористая структура была получена при помощи процесса твердотельного микроячеистого вспенивания (ТМВ) [6]. Образцы полимера в виде экструдированных пластин выдерживали в реакторе закрытого типа под давлением 8 МПа в среде Аргона в течение восьми часов, после чего их на 30 секунд помещали в силиконовое масло при температуре 220^0С. В результате в образцах образовалась пористая структура ячеистого типа, аналогичная материалу IC 1000 (рисунок 5)

На рисунке 5,6 представлены микрофотографии поперечного среза (рисунок 5) и поверхности (рисунок 6) полировального материала. полученного в лабораторных условиях. Структура полировальные материалы практически идентична прототипу материала IC 1000 (рисунок 1,2). Материал представляет собой полимерный лист, толщиной 2 мм (80 мил), с мелкопористой структурой, которая характеризуется наличием сферических пор закрытого типа размером от 9 до 42 мкм.

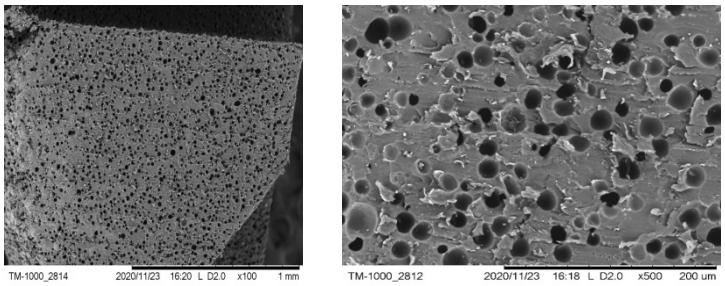


Рисунок 5 - Фотографии поперечного среза полировального материала: (а) - поперечный срез, ×100 увеличение; (б) - фрагмент среза, ×500 увеличение

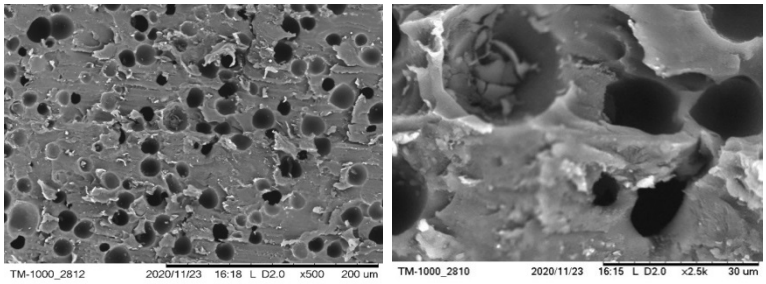


Рисунок 6 - Фотографии лицевой поверхности аналога полировального материала: (а) - фрагмент поверхности, ×500 увеличение; (б) - фрагмент пор, ×2500 увеличение.

Выводы

Таким образом, исходя из соответствия пористых образцов промышленного и лабораторного производства, очевидно, что используемый в работе метод твердотельного микроячеистого вспенивания, может быть использован для получения пористых материалов полировального назначения. Для тиражирования и апробации данной технологии требуются дополнительные исследования, направленные на расширение сырьевой базы полиуретановых термопластов и уточнение технологических параметров вспенивания для конкретной задачи применения полировального материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Shin Hwa Li, Robert O. Miller, Chemical Mechanical Polishing in Silicon Processing, Volume 63 Semiconductors and Semimetals Vol 63, Academic Press / Lee M. Cook, Consumables 11: Pad, pp. 155-157 (307), San Diego, CA 92101-4495, USA (2000).

2. M. R. Oliver (ed.), Chemical-Mechanical Planarization of Semiconductor Materials, pp. 167–213, (Springer-Verlag, Heidelberg, Germany, 2004).

3. Е. С. Бокова, Г.П Андрианова Полиуретаны в производстве искусственных и синтетических кож // Полиуретановые технологии. Журнал. М.. №4. (17) С.38-45, (2008).

4. Е. С. Бокова, Г. П. Андрианова Особенности формирования пористых материалов из растворов ПЭУ при их фазовом разделении // Полиуретановые технологии. Журнал. М. №1 (20). С. 34-37 (2009).

5. E. S. Bokova, G. P. Andrianova Modification of composites for production of porous polymeric materials and coatings by incorporation of interpolymer complexes // Fibre Chemistry, 38 (6), pp. 466-470 (2006).

6. A. Prasad, G. Fotou, and S. Li: The effect of polymer hardness, pore size, and porosity on the performance of thermoplastic polyurethane-based chemical mechanical polishing pads. Cabot Microelectronics Corporation (2013).

УДК 536.12.34 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-193-194

ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА ИЗМЕНЕНИЕ ТЕПЛОПРОДНОСТИ ИЗОБУТАНА
EFFECT OF CARBON NANOTUBES ON CHANGE HEAT DIFFERENCE OF ISOBUTANE

Сафаров Махмадали Махмадиевич*, Джумаева Саиджафар Сафаралиевич, Гуломов Масрур Мирзохонович****
Mahmadali M.Safarov*, Saidjafar S. Jumaev, Masrur M. Gulomov****

**Таджикский технический университет имени ак. М.С.Осими, Душанбе, Таджикистан*
**Tajik technical university by named akad.M.S.Osimi,Dushanbe,Tajikistan*
(e-mail:mahmad1@list.ru)
***Таджикский государственный педагогический университет им. С. Айни, Душанбе, Таджикистан*
***Tajik developmad pedagogical university named S.Aini, Dushanbe, Tajikistan*
(e-mail:jumaev@mail.ru,e-mail:masrur@mail.ru)

Аннотация.В статье приводится результаты экспериментального исследование теплопроводности наножидкостей системы изобутан и наноразмерной углеродной нанотрубок в интервале температуры (293-573) К и давлений (0.101-39.24) МПа. Для измерения теплопроводности исследуемых наножидкостей изобутана с ОУНТ использована метод регулярного теплового режима первого рода (установки профессора Голубева И.Ф.). Общая относительная погрешность измерения теплопроводности при доверительной вероятности 0,95 составляет 3,8%.

Abstracts .The article presents the results of an experimental study of the thermal conductivity of nanofluids of the isobutane system and nanosized carbon nanotubes in the temperature range (293-573)K and pressures (0.101-39.24)MPa. To measure the thermal conductivity of the investigated nanofluids of isobutane with SWCNTs, the method of regular thermal regime of the first kind (set by Professor I.F. Golubev) was used. The total relative error in measuring thermal conductivity at a confidence level of 95% is 3.8%.

Ключевые слава. изобутан, наноразмер, углеродный одностенный нанотрубок, метод регулярного теплового режима первого рода.

Key words. isobutane, nanosize, carbon single-walled nanotubes, the method of regular thermal regime of the first kind.

Исследования теплофизических свойств (теплопроводность, удельная изобарная теплоемкость) веществ имеют давнюю историю. Интенсивность и продуктивность технологических процессов зависит не только от правильной организации химических взаимодей-ствий, но и от направленности потоков тепла и массы.

Разработка материалов с заранее заданными свойствами для различных отраслей народного хозяйства, как и в целом ускорение научно-технического прогресса, невозможна без знания свойств веществ и материалов.Достове|рность данных о свойствах веществ и материалов влияет на качество вып|ускаемой п|родукции.Уровень и э|ффективность фундаментальных и п|рикладных исследований, качество вып|ускаемой продукции во всех отраслях на|родного хозяйства все в большей степени оп|ределяется достоверностью данных, характеризующих свойства наиболее важных для на|уки и промышленности видов сы|рья, материалов, веществ. Для жидкой и паровой фаз к числ|у теплофизических величин, достове|рность которых имеет с|ущественное значение, относятся: теплоп|роводность, теплоёмкость веществ.

Растворы в том числе хладагентов как гаообразных и жидких широко применяются в современной технике в качестве рабочих тел, теплоносителей, химических реагентов. Изучение теплоп|роводности, теплоемкость изобутана жидкостей как в чистом виде, так и

содержащих различные концентрации наночастиц, в значительной степени способствует развитию и совершенствованию сов'ременной тео'рии двухфазных систем; выяснению механизма межмолекуля'рного взаимодействия в жидкостях в чистом виде, а также с добавкой наночастиц, которые дают возможность объяснить ряд физико- химических и тепловых явлений, связанных с молекулярным переносом.

Точные данные по теплопроводности технически важных веществ оп'ределяются экспериментально. В последных годы под руководством профессора М.М.Сафарова (руководителя Теплофизическая школы Таджикистана) провели многочисленные исследование в области теплофизику [1-7]. Экспериментальная установка для исследование теплопроводности наножидкостей состоит из цилиндрический бикалориметр изготовленых из крас-ной меди. Для измерения теплопроводности исследуемых наножидкостей изобутана с ОУНТ использована метод регулярного теплового режима первого рода (установки профессора Голубева И.Ф.). Общая относительная погрешность измерения теплопроводности при доверительной вероятности 0,95 составляет 3,8%.

Выводы. Установлено, что повышение температуры приводит к изменение теплопроводности изобутана во всем интервале давления (0,101-39,24)МПа. Рост давления приводит к повышения теплопроводности растворов на основе изобутана и углеродных одностенных нанотрубок. На основе экспериментальных данных по плотности и закон термодинамичес-кого подобия получен аппроксимационные зависимости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1.Алтунин В.А., Давлатов Н.Б., Зарипова М.А., Сафаров М.М., Алиев И.Н., Яновская М.Л. Экспериментальное исследование плотности и теплоёмкости жидкого чистого гидразина при введении в него чистых сухих фуллеренов. Инженерный журнал: наука и инновации. 2020. № 2 (98). -С. 5.

2.Анакулов М.М., Сафаров М.М., Рахимов С.Т., Олимов С.Т., Пирмадов М.Д. Влияние графи-тового порошка на изменение электропроводности водного раствора этиленгликоля 45 (антифриз) в зависимости от температуры. Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2020. № 1 (49). -С. 14-16.

3.Алтунин В.А., Давлатов Н.Б., Зарипова М.А., Сафаров М.М., Платонов Е.Н., Яновская М.Л. Способы повышения эффективности теплофизических и термодинамических свойств жидких углеводородных и азотосодержащих горючих для двигателей и энергоустановок космического применения. В сборнике: Труды LIII чтений, посвященных разработке науч-ного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Секция «Проблемы ракетной и косми-ческой техники». отв. ред.: В.А. Алтунин, В.В. Балашов, М.Ю. Беляев, Т.Н. Тян. 2019.- С. 138-148.

4.Хакимов Д.Ш., Гуломов М.М., Сафаров М.М., Ойматова Х.Х. Вклад нанотрубок OCSIAL на поведение реологических свойств простых эфиров. В сборнике: Энергосбережение и эффективность в технических системах. Материалы VI Международной научно-техни-ческой конференции студентов, молодых учёных и специалистов. 2019. -С. 169-170.

5.Сафаров М.М., Дастури В.И., Сафаров Ш.Р., Махмадалии К. В сборнике: Энергосбере-жение и эффективность в технических системах. Материалы VI Международной научно-технической конференции студентов, молодых учёных и специалистов. 2019. -С. 188-189.

6.Хакимов Д.Ш., Сафаров М.М., Гуломов М.М., Тимеркаев Б.А., Раджабов А.Р., Давлатов Р.Д. Влияние одностенных углеродных нанотрубок (OCSIAL) на изменение плотности растворов системы бензол - диизопропиловый эфир при нормальном состоянии. В сборнике: Вопросы физической и коллоидной химий. Материалы IV Междун. конф., посвященной памяти докторов химических наук, профессоров Хамида Мухсиновича Якубова и Зухуриддина Нуриддиновича Юсуфова. 2019. - С. 221-227.

7.Собиров Д.Ф., Сафаров М.М. Исследование теплопроводности растворов (HNO3+3HCL) (в разных условиях). В сборнике: Современные методы и средства исследований теплофи-зических свойств веществ. Сборник трудов V Международной научно-технической кон-ференции. 2019. - С.283-292.

УДК 675.92.031 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-195-199

РАЗРАБОТКА УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ПОКРЫТИЙ ИСКУССТВЕННЫХ И СИНТЕТИЧЕСКИХ КОЖ НА ОСНОВЕ ЭКОЛОГИЧНЫХ ЛАТЕКСНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

DEVELOPMENT OF COATINGS PRODUCTION FOR ARTIFICIAL AND SYNTHETIC LEATHER, ON THE BASIS OF SUSTAINABLE LATEX COMPOSITION

Коваленко Григорий Михайлович, Бокова Елена Сергеевна, Новикова Юлия Евгеньевна, Петрова Екатерина Константиновна
Grigory M. Kovalenko, Elena S. Bokova, Yuliya E. Novikova, Ekaterina K. Petrova

Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Россия, Москва
The Kosygin State University of Russia, Russia, Moscow
(e-mail: gregoryi84@yandex.ru)

Аннотация: В работе проведены исследования по получению модифицированных полиуретановых дисперсий с целью их использования для создания покрытий искусственных и синтетических кож с повышенными показателями эксплуатационных свойств.

Abstract: In the studies conducted to obtain modified polyurethane dispersions for their use for coatings of artificial and synthetic leather with enhanced performance properties.

Ключевые слова: полиуретановые латексы, интерполимерные комплексы, искусственная кожа, синтетическая кожа.

Keywords: polyurethane latexes, interpolymer complexes, artificial leather, synthetic leather.

В настоящее время в нашей стране и за рубежом среди синтетических материалов, основу которых составляют высокомолекулярные соединения (ВМС), дисперсии полимеров занимают одно из ведущих мест по количеству областей применения. Основными преимуществами водных дисперсий полимеров являются: возможность их синтеза из довольно широкого круга полимеров, экологичность (отсутствие токсичных органических растворителей), а также регулирование структуры и свойств полимерной композиции различными модифицирующими добавками, которые могут быть введены в латекс в процессе синтеза. Таким условиям в большей степени удовлетворяют водные полиуретановые дисперсии [1].

Модификация латексов открывает широкие возможности увеличения их ассортимента, повышения эффективности процессов латексной технологии и улучшения качества получаемых из них изделий. В этой связи, большой интерес исследователей в последнее время привлекает такой класс полимерных соединений, как интерполимерные комплексы (ИПК). Они обладают рядом свойств, существенно отличающихся от свойств исходных компонентов и находят широкое применение в технологии производства искусственных кож, медицине и других отраслях промышленности. Интерполимерные комплексы являются уникальными соединениями, позволяющими регулировать пористость, гидрофильность или гидрофобность синтетических полимерных материалов, а также придавать им ряд специальных свойств.

Использование таких соединений как ИПК для модификации полиуретановых латексов является актуальной задачей, направленной на получение экологичных покрытий искусственных и синтетических кож, обладающих высокими показателями гигиенических свойств, способных работать в контакте с человеческим организмом [2].

Цель работы – разработка условий получения модифицированных полиуретановых дисперсий для создания искусственных и синтетических кож с высокими показателями эксплуатационных свойств.

В качестве объектов исследования в работе использованы водные дисперсии полиуретанов марок Аквапол® 10, Аквапол® 21 производства ООО «НПП «Макромер им. В.С. Лебедева», г. Владимир (Россия), физико-химические свойства латексов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические свойства полиуретановых латексов

Марка латекса	Полимер, тип изоцианата	Внешний вид	Массовая доля сухого вещества, %	pH	Вязкость динамическая при 25°С, мПа·с
Аквапол® 10 ТУ 2251-051-10488057-2009	Полиуретан Ароматический	Жидкость от матового до молочно-белого цвета	28,0-32,0	6,5-8,5	Не более 100
Аквапол® 21 ТУ 2251-379-10488057-2007	Полиуретан, Алифатический	Жидкость от матового до молочно-белого цвета	28,0-32,0	6,6-8,5	Не более 100

В качестве объектов для модификации латексных систем использовали ИПК, полученные на основе полиакриловой кислоты (ПАК) с молекулярной массой $2 \cdot 10^5$ (ФГУП «НИИ химии и технологии полимеров им. ак. В. А. Каргина с опытным заводом», г. Дзержинск, Россия) и поливиниловго спирта (ПВС) с молекулярной массой $8{,}4 \cdot 10^4$ с содержанием ацетатных групп порядка 10% (фирмы «Celvol», США).

Образование интерполимерных комплексов возможно благодаря взаимодействию таких соединений, функциональные группы которых способны к специфическим взаимодействиям, и геометрическое строение которых не создает препятствий для образования достаточно большого числа межмакромолекулярных связей в расчете на полимерную цепь [3]. В работе для получения ИПК в качестве неионогенного полимера был выбран поливиниловый спирт, так как именно его комплексы с полиакриловой кислотой (полиэлектролит и обязательный участник процесса комплексообразования) изучены довольно хорошо.

Простейшим способом получения поликомплексов между полиакриловой кислотой и неионогенными полимерами является метод простого смешения. Уже при комнатной температуре в сильно разбавленных водных растворах указанных полимеров в интервале определенных значений pH происходит их взаимодействие с образованием ИПК, при этом комплексообразование в таких системах идёт, как правило, через стадию гелеобразования [66, 67].

Модификация водных полиуретановых дисперсий марки Аквапол® осуществлялась путем их введения в систему ПАК:ПВС на стадии комплексообразования.

На первом этапе получали ИПК ПАК:ПВС Водные растворы ПАК и ПВС с концентрацией 0,3 моль/л в соотношениях 1:1 смешивали при Т = 22°С. Титрование проводилось раствором соляной кислоты концентрацией 0,1N на pH-метре типа «pH-121» со стеклянным (для измерения) и хлоркалиевым (для сравнения) электродами, с целью изучения их оптических свойств с помощью фотоэлектроколориметра марки «KF-77» при длине волны λ = 490 нм. При достижении момента начала комплексообразования (pH критического комплексообразования), в систему вводили латекс. Результаты проведения эксперимента представлены в табл. 1, 2.

Таблица 2 – Зависимость оптической плотности от кислотности системы ПАК:ПВС (с добавлением Аквапола® 10)

D	pH	V(HCl), мл	Примечание
0,62	3,32	0	-
1,4	3,18	1 кап	помутнение
∞	6,42	1 кап	Добавление 10 мл Аквапола® 10 вызывает коагуляцию

Таблица 3 – Зависимость оптической плотности от кислотности системы ПАК:ПВС (с добавлением Аквапола® 21)

D	pH	V(HCl), мл	Примечание
0,48	3,34	0	-
1,4	3,18	1 кап	помутнение
∞	5,63	1 кап	Добавление 10 мл Аквапол® 21 вызывает коагуляцию

Такой способ модификации позволяет смешивать компоненты без предварительной коагуляции латекса, при условии образования частиц ИПК в системе. Это подтверждается данными оптической плотности, которые свидетельствуют о переходе композиции ПАК:ПВС через pH критического комплексообразования. В случае альтернативной модификации, при добавлении смеси комплексообразующих полимеров ПАК:ПВС в латекс, происходила преждевременная коагуляция дисперсных систем до момента образования поликомплекса и наступления pH критического комплексообразования.

Образование ИПК, стабилизированных водородными связями, в среде полиуретановых латексов было подтверждено данными ИК-спектроскопии.

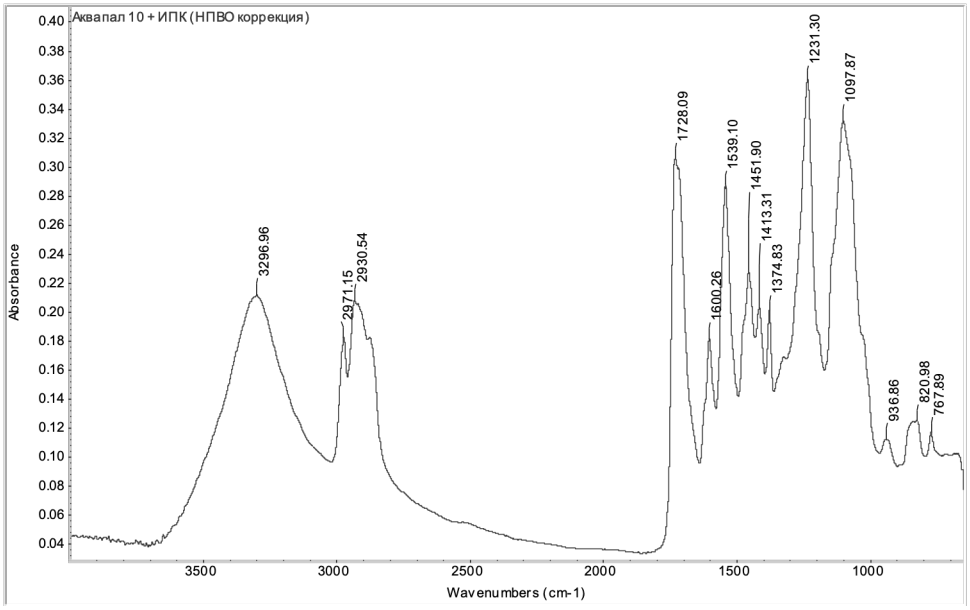


Рисунок 1 – Кривая ИК-спектроскопии для пленки на основе Аквапол® 10 модифицированной ИПК ПАК:ПВС

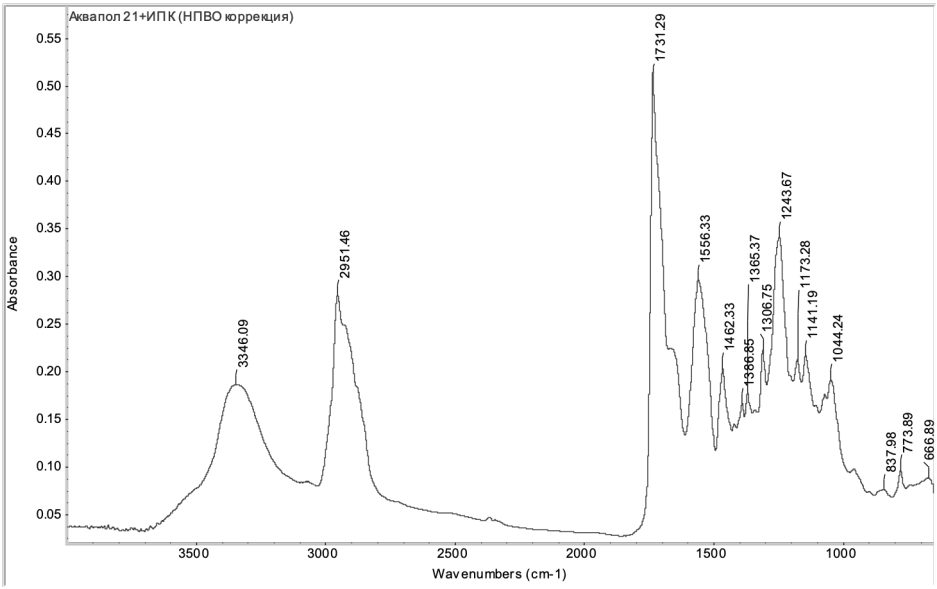


Рисунок 2 – Кривая ИК-спектроскопии для пленки на основе Аквапол® 21 модифицированной ИПК ПАК:ПВС

Анализируя ИК-спектры пленок из латексов, модифицированных ИПК ПАК:ПВС, видно, что имеет место увеличение интенсивности полосы поглощения, характерной для валентных колебаний ОН-группы, которая также незначительно смещается в ближнюю область спектра (до 3550 см-1). Таким образом, можно говорить об увеличении числа водородных связей, что свидетельствует об образовании устойчивых интерполимерных комплексов.

Основной целью направленной модификации латексных систем композициями на основе полимер-полимерных комплексов являлось увеличение показателей гигиенических свойств. Однако, модификация исходных полимеров различными системами, в том числе полимерными композициями может приводить к снижению показателей физико-механических свойств.

Таблица 3 – Деформационно-прочностные свойства пленок

Материал	Предел прочности при растяжении σ_p, МПа	Относительное удлинение ε, %
Плёнка на основе латекса «Аквапол 10»	7,5	301
Плёнка на основе латекса «Аквапол 21»	4	167
Плёнка на основе латекса Аквапол® 10, модифицированная ИПК ПАК-ПВС	7,3	250
Плёнка на основе латекса Аквапол® 21, модифицированная ИПК ПАК-ПВС	3,9	135

Из полученных данных видно (таблица 3), что при модификации латексов композициями на основе ИПК происходит снижение эластичности ПЭУ пленок, тогда как прочность их практически не меняется. Это может быть связано с тем, что частицы ИПК обладают отличной адгезией к различным полимерным связующим и являются своего рода импрегнирующей добавкой для латексных систем, поэтому прочность при разрыве остается

прежней. Снижение показателя относительного удлинения объясняется повышением жесткости пленочных систем, вследствие их модификации ИПК.

Таблица 4 – Гигиенические свойства пленок

	Паропроницаемость П, %	Гигроскопичность Г, %	Влагоотдача В, %
Плёнка на основе латекса «Аквапол 10»	7,2	3,5	3,3
Плёнка на основе латекса «Аквапол 21»	4,8	2,3	2,1
Плёнка на основе латекса Аквапол® 10, модифицированная ИПК ПАК-ПВС	10,1	8,2	6,1
Плёнка на основе латекса Аквапол® 21, модифицированная ИПК ПАК-ПВС	6,5	4,5	3,3

При оценке показателей гигиенических свойств, выявлено (таблица 4), что модификация полиэфируретановых латексов композициями на основе ИПК ПАК:ПВС приводит к повышению этих характеристик. Это можно объяснить тем, что ИПК по своему строению представляют собой системы, характеризующиеся двутяжными ленточными структурами с упорядоченными и дефектными областями. Наличие последних придает комплексным соединениям высокую транспортную активность по отношению к парам воды. Значения показателя паропроницаемости в некоторых случаях превышают соответствующие показатели для синтетических кож пятого поколения (≥3,5 мг/(см^2×час).

Таким образом, в работе исследован процесс комплексообразования между полиакриловой кислотой и поливиниловым спиртом в среде водных полиуретановых дисперсий. Выявлено, что образуется стехиометрический поликомплекс состава ПАК:ПВС 1:1. Доказано, что при введении латексов в смесь ПАК-ПВС при критическом pH комплексообразования не приводит к преждевременной коагуляции системы. Показана возможность получения плёнок из водных полиуретановых дисперсий, модифицированных полимер-полимерными комплексами. Установлено, что введение ИПК приводит к существенному повышению показателей гигиенических свойств полиуретановых водных дисперсий, что создает перспективы для их применения в качестве композиций для пропитки и получения лицевых покрытий искусственных и синтетических кож.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zafar F., Ghosal A., Sharmin E., Chaturvedi R., Nishat N. A review on cleaner production of polymeric and nanocomposite coatings based on waterborne polyurethane dispersions from seed oils // Progress in Organic Coatings – №131. – 2019. P. 259-275.

2. Снежко А. Г. Модификация латексных систем полимерными комплексами сорбиновой кислоты / А. Г. Снежко [и др.] // Пластические массы. – 2006. – №11. – С. 33.

3. Коваленко Г. М. Разработка условий получения интерполимерных комплексов в бинарных растворителях и возможностей их применения: Дис. канд. техн. наук: 05.17.06 / Г. М. Коваленко – М, 2011. – 136 с.

УДК 677.494

ВЛИЯНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ МОЗАИЧНЫХ МЕМБРАН «ПОЛИКОН» НА ИХ СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА
INFLUENCE OF FEATURES OF THE MANUFACTURING PROCESS OF THE POLIKON MOSAIC MEMBRANE ON THE STRUCTURE AND PROPERTIES

Терин Денис Владимирович*, **, Цыпляев Сергей Васильевич*, Черкасов Владимир Владимирович*, *, Кардаш Марина Михайловна***
Denis V. Terin*, **, Sergey V. Tsyplyaev*, Vladimir V. Cherkasov*, *, Marina M. Kardash***

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., Россия, Саратов*
** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov*
(e-mail: m_kardash@mail.ru, tsiplyayev@mail.ru)
*** Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Россия, Саратов*
*** N.G. Chernyshevsky Saratov State University, Russia, Saratov*
(e-mail: terinden@mail.ru)
**** Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Россия, Москва*
**** National University of Science and Technology "MISiS", Russia, Moscow*
(e-mail: v.basenchikov@yandex.ru)

Аннотация: Рассмотрены особенности использования нетканого вискозного материала в качестве волокнистой основы мозаичных мембран «Поликон». Изучены технологические особенности условий получения мембран, исследованы физико-механические свойства и сорбционная характеристика мозаичных мембранных структур. Экспериментальные исследования подтвердили адекватность математических моделей, описанных в наших ранних работах, для оптимизации структуры и свойств гетерогенных анионо-катионообменных мембран мозаичной структуры и их применимость для мембранных структур на вискозном волокне.

Abstract: Features of the application of non-woven viscose fiber material as the basis for the mosaic membranes "Polikon" were considered. The technological aspects of the conditions for obtaining membranes, their physical and mechanical properties, and the sorption characteristics of mosaic membrane structures were studied in detail. Experimental studies have confirmed the adequacy of the mathematical models. These models were described in our early works. This has made their application possible to optimize the structure and properties of heterogeneous anion-cation exchange membranes mosaic structure and their applicability to membrane structures on viscose fiber.

Ключевые слова: мозаичные мембраны, ионообменные матрицы, композиционный материал.

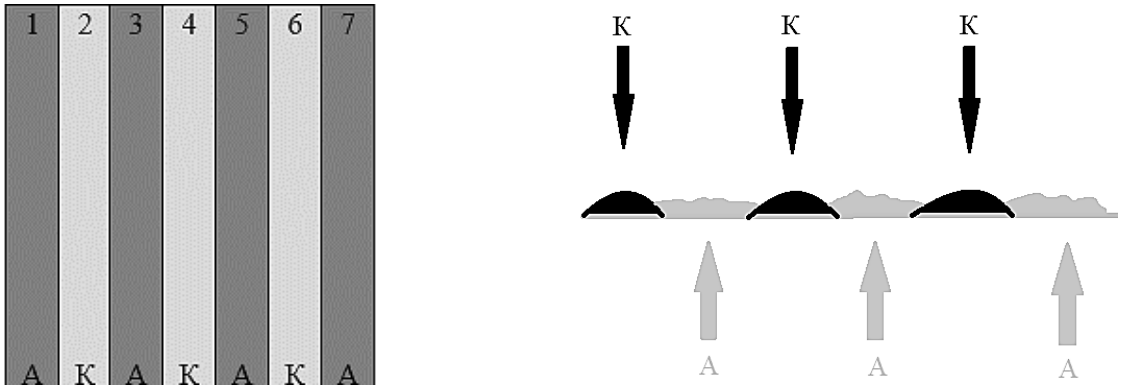
Keywords: mosaic membranes, ion exchange matrix, composite material.

На данный момент одним из перспективных направлений развития в области мембранных технологий является усовершенствование характеристик, определяющих целевое применение ионообменных мембран. Эксплуатирующая мембранные технологии промышленность все более внимательно и детально подходит к вопросу использования у себя экономически обоснованных, эффективных и экологичных решений. Как вид, мозаичные мембраны являются современными и эффективными ионообменными материалами, имеющие большой потенциал для модернизации и применения [1, 2]. В работе [3] авторами описывается получение мозаичных мембран на основе двух типов разноименно заряженного ПВА блок-сополимера, методом поочередного нанесения полос из этих сополимеров на стеклянное

основание. Нанесенные таким образом полимерные полоски из двух типов сополимера склонны к химическому взаимодействию друг с другом, что приводит к формированию мозаичной мембраны. Описываемая мембрана обладает высокой проницаемостью для электролитов и может использоваться для опреснения и концентрирования соленых растворов в пищевой промышленности и водоочистке. Ксю Р. с соавторами [4] методом межфазной полимеризации, в результате реакции L-лизина и 1,3,5-бензолтрикарбонилтрихлорида, получили заряженную тонкопленочную мозаичную мембрану, обладающую высокой чувствительностью к концентрации солей в водных растворах, и которая может применяться для разделения красителей и солей в текстильной промышленности, а также на стадии предварительной очистки сточных вод. Мембрана имеет относительно простой способ изготовления и достаточно недорогие материалы. Интересна технология [5, 6] быстрого и простого получения заряженных мозаичных мембран методом струйной печати композитными чернилами (на основе поливинилового спирта) на поверхности поликарбонатной трековой травленой мембраны с порами, размером 30 нм. Продемонстрирована возможность управления суммарным поверхностным зарядом мозаичных мембран путем осаждения противоположно заряженных материалов. Эти мембраны могут быть использованы во многих существующих и появляющихся наноразмерных технологиях, которые основаны на селективном транспорте и отделении ионов растворенных веществ. Вопросы по получению модифицированных бислойных мембран и применению их в качестве полимерного электролита водородно-воздушного топливного элемента освещены в работе авторов [7]. Были исследованы диффузионная проницаемость и удельная электропроводность бислойных перфторированных мембран МФ-4СК, модифицированных нанотрубками галлуазита (НТГ), на поверхность которых осаждены наночастицы (НЧ) благородных металлов. В работе [8] авторами представлен метод получения биполярной ионообменной мембраны, пригодной для использования в ZnBr-батареях, LiBr-батареях и электролизерах. Мембрана изготавливается горячим прессованием или экструзией смеси анионообменного иономерного порошка, катионообменного иономерного порошка и непористого полимерного порошка. Авторами допускается, что иономеры ионного обмена могут стать связующими при отверждении, что делает мембрану механически более прочной. В работе [9] авторы проводили синтез заряженных мозаичных мембран используя сложный многостадийный подход. Заряженные нанослои цвиттерион-гидротальцита были синтезированы путем прививки сульфобетаинметакрилата (СБМА) на поверхность положительно заряженного гидротальцита Mg/Al с помощью поверхностно инициированной радикальной полимеризации с обратным переносом атомов. Впоследствии заряженные мозаичные мембраны были получены путем встраивания различных количеств цвиттерион-гидротальцита в раствор полиэфирсульфона (ПЭС) с помощью индуцированного разделения фаз. Известен также способ получения многослойной заряженной мозаичной мембраны, состоящей из нижнего опорного и промежуточного пористых волокнистых гидрофильных слоев, а также верхнего ионообменного слоя на основе поливинилового спирта [10]. Таким образом, обеспечивается многослойная зарядно-мозаичная структура мембраны, обладающая большой проницаемостью для солей, что позволяет эффективно разделять электролиты и не-электролиты и удалять электролиты (обессоливание). Исследуемая мембрана обладает механической прочностью и может быть применена в диффузионном диализе.

Изучаются различные подходы к получению эффективных мозаичных мембран с высокой степенью проницаемости, используемых преимущественно для работы в водных средах, однако недостаток в изучении физико-механических характеристик препятствует обоснованию полной картины функциональности исследуемых мембран. Одной из задач проведенного исследования стала экспериментальная проверка применимости математических моделей [11] для оптимизации структуры и свойств гетерогенных анионо-катионообменных мембран мозаичной структуры.

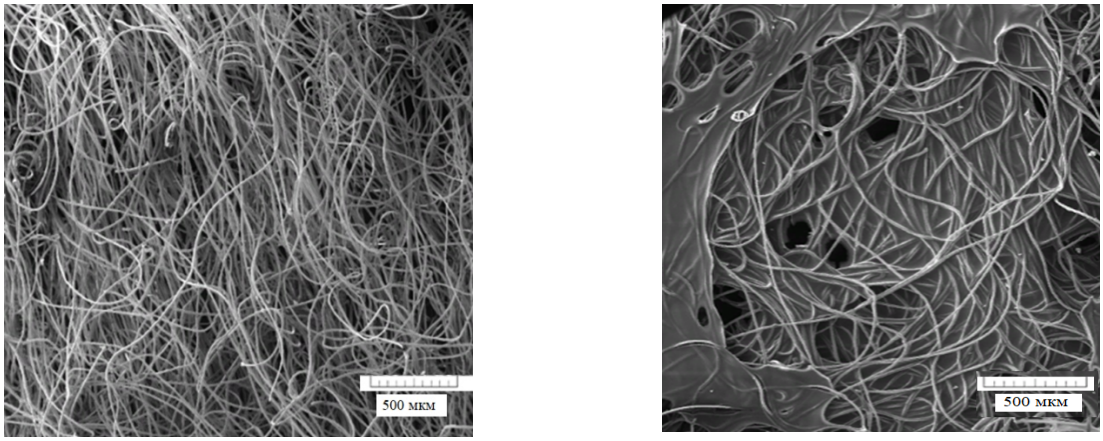
В данной работе объектами исследования являлись образцы мозаичных мембран, полученные нами методом поликонденсационного наполнения и содержащие чередующиеся катионитовые и анионитовые составляющие матриц, формируемые непосредственно на поверхности и в объеме волокнистой основы. Катионитовая матрица является полимер-аналогом известного сильнокислотного катионита КУ-1, содержит сульфогруппу $-SO_3H$. Анионитовая матрица полимер-аналог полифункционального анионита смешанной основности ЭДЭ-10П содержит вторичные и третичные аминогруппы и четвертичные аммониевые группировки. В качестве армирующей составляющей мембраны использовали нетканый материал на основе вискозного волокна (ВВ). Конструктивные особенности модельных образцов представлены на рис. 1.



а) б)

Рисунок 1 – Мозаичная мембрана «Поликон»

Мембраны получали первоначально формированием катионитовой матрицы, оставляя на волокнистой основе свободное пространство для последующего формирования анионитовой матрицы. Содержание катионитовых и анионитовых матрицы выдерживались строго в одинаковом соотношении. Ширина катионитовых и анионитовых полос в исходном сухом состоянии была не более 4 мм.



а) б)

Рисунок 2 – СЭМ изображения поверхности вискозной основы (а) и анионитового фрагмента (б) мозаичной мембраны «Поликон»

Особенностью данного способа получения является полное отсутствие граничного слоя, при этом наблюдается ярко выраженном переходном слое между катионитовым и анионитовым фрагментом, появление которого обусловлено силами поверхностного натяжения ионообменных мономерезационных составов и ВВ. Переход молекулы из глубины мономеризационого состава (жидкости) в поверхностный слой связан с необходимостью

совершения работы против действующих в поверхностном слое сил. Эта работа совершается молекулой за счет запаса ее кинетической энергии и идет на увеличение потенциальной энергии молекулы, подобно тому как работа, совершаемая летящим вверх телом против сил земного притяжения, идет на увеличение потенциальной энергии тела. При обратном переходе молекулы вглубь жидкости потенциальная энергия, которой обладала молекула в поверхностном слое, переходит в кинетическую энергию молекулы. Поскольку положение равновесия соответствует минимуму потенциальной энергии, мономеризационый состав, предоставленный сам себе, будет принимать форму с минимальной поверхностью. Твердые тела также обладают поверхностным натяжением. Для пояснения эффекта смачиваемости требуется ввести несколько коэффициентов. Пусть $\alpha_{т.г.}$, $\alpha_{т.ж.}$, $\alpha_{ж.г.}$ – коэффициенты поверхностного натяжения на границах: твердое тело – газ (αт.г.); твердое тело – жидкость ($\alpha_{т.ж.}$); жидкость – газ ($\alpha_{ж.г.}$). Тогда отсчитываемый внутри жидкости угол θ между касательными к поверхности твердого тела и поверхности тела - краевой угол, при этом справедливо: $\theta = arccos(|\alpha_{т.г.} - \alpha_{т.ж.}|/\alpha_{ж.г.})$, при $(|\alpha_{т.г.} - \alpha_{т.ж.}|/\alpha_{ж.г.}) \leq 1$. В случае когда $\alpha_{т.ж.} > (\alpha_{т.г.}+\alpha_{ж.г.})$ как бы ни был краевой угол близок к 180°, сила $\alpha_{т.ж.}$ превалирует над другими. В этом случае поверхность, по которой жидкость граничит с твердым телом, стягивается в точку, жидкость отделяется от твердой поверхности – имеет место частичное не смачивание. Именно этот процесс предопределяет формирование мембраны как показано на рисунке 1б, т.е. условно от «катионита к аниониту». Для отработки технологического процесса получения мозаичных мембран было изучено влияние времени выдержки при отверждении ионитовых составляющих материала на количество летучих и степень отверждения матриц, т.к. именно эти показатели свидетельствуют о прохождении и завершенности процесса отверждения и, следовательно, играют важную роль в получении материалов с высокими сорбционными и физико-механическими свойствами, что немало важно при эксплуатации данных материалов. Эксперимент проводили по отдельным составляющим мозаичных мембран (АС – анионитовая составляющая, КС – катионитовая составляющая). В качестве примера на рисунке 2 представлено изображение исходной вискозной матрицы и анионитовой составляющей мембраны.

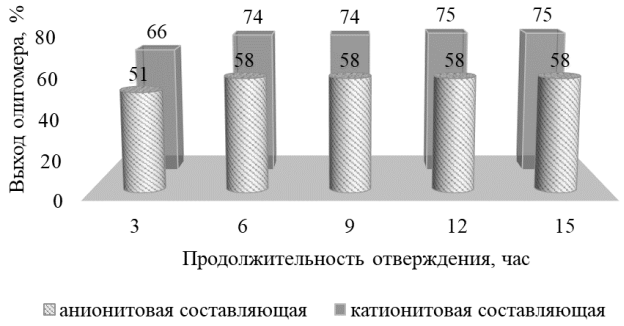


Рисунок 3 – Влияние продолжительности процесса отверждения на выход готовой ионообменной матрицы

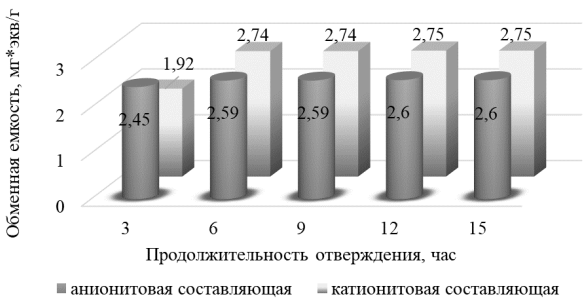


Рисунок 4 – Зависимость статической обменной емкости от продолжительности процесса отверждения

Поиск технологических условий получения мембран с высокими свойствами и структурой позволил определить оптимальную продолжительность процесса отверждения ионообменных матриц ~ 6 часов (см. рис.3 и 4). Данный выбор сказывается и на физико-механических свойствах (рис. 5), иисследованы механические (на динамическом механическом анализаторе DMA Q800) и термогравиметрические (на термогравиметрическом анализаторе TGA Q500) свойства полимерных ионообменных мембран, в различных случаях: анионит и катионит в сухом виде; катионит и анионит при постоянной растягивающей нагрузке 1,5 Н при скорости нагрева 8°/мин. Смачиваемость поверхностей готовых

мембранных структур отличаются. Проведено исследование температурных зависимостей деформации для образцов в сухом и во влажном состоянии.

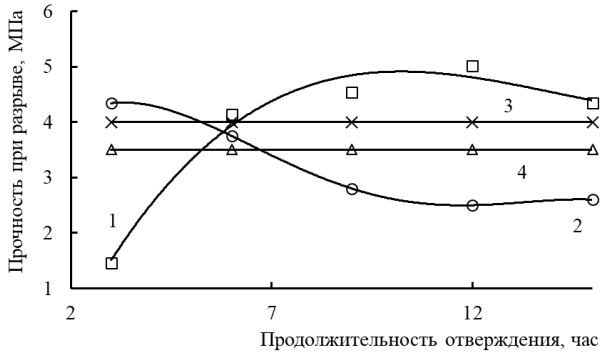


Рисунок 5 – Влияние продолжительности процесса отверждения на физико-механические характеристики: 1 – АС на ВВ, 2 – КС на ВВ, 3 – КС+АС, 4 – ВВ

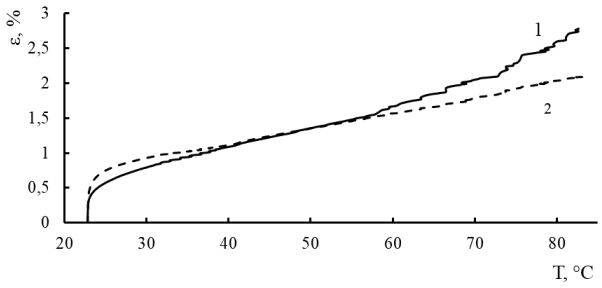
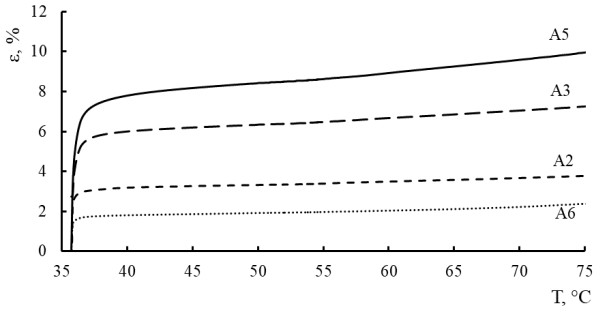
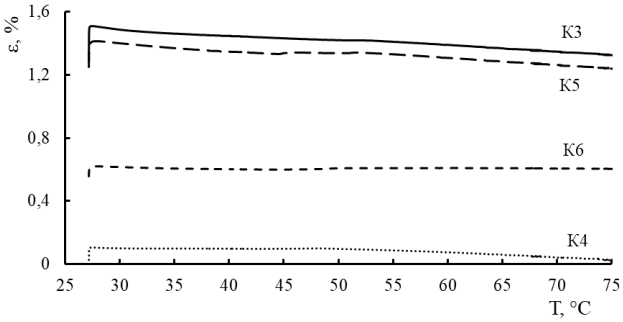


Рисунок 6 – Температурная зависимости деформации сухой (1) и влажной (2) вискозной матрицы

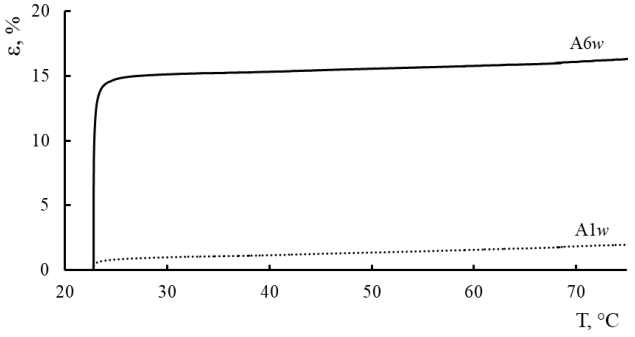


а)

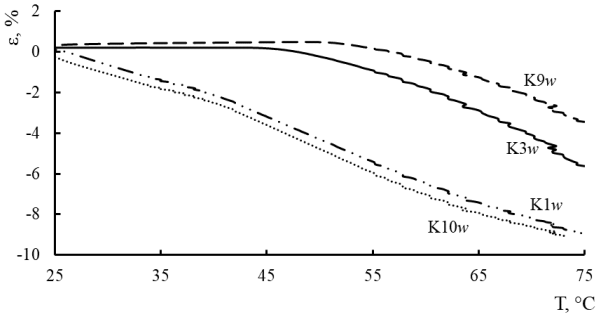


б)

Рисунок 7 – Температурные зависимости деформации сухих анионитовых (а) и катионитовых (б) фрагментов мозаичной мембраны «Поликон»



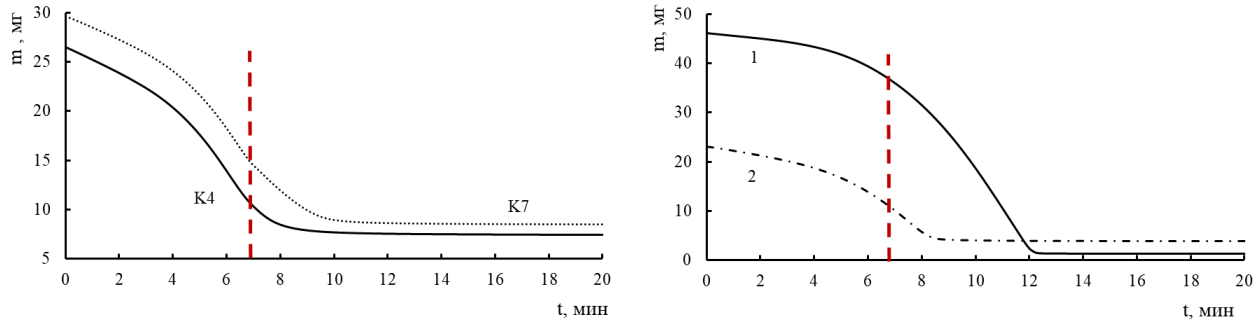
а)



б)

Рисунок 8 – Температурные зависимости деформации влажных анионитовых (а) и катионитовых (б) фрагментов мозаичной мембраны «Поликон»

Термогравиметрические исследования образцов проходили в набухшем состоянии фрагментов, красная пунктирная линия (рис. 9) разграничивает области на два участка, нагрев образца и время, при котором наступает изотерма в 100 °С соответственно.



а) б)

Рисунок 9 – Термогравиметрическая зависимость исследования катионитовых (а) анионитовых составляющих мембраны и вискозного волокна (б)

С помощью термогравиметрических кривых определили влагопоглощение в модельных мембранных фрагментах (таблица 1).

Таблица 1 – Термогравиметрические точки

Объекты	m_{max}, мг	m_{min}, мг	$m(H_2O)$, мг
Вискоза чистая	46,08	1,34	44,74
Катионит (К4)	26,49	7,41	19,08
Анионит (А1)	23,05	3,93	19,12

Исследования механических и термогравиметрических свойств показали, что нетканый материал на основе вискозного волокна является эластичным материалом, как в сухом, так и во влажном виде, деформация составляет 2-2,5 %, соответственно жесткость образцов плавно уменьшается с течением времени и ростом температуры. Катионообменная составляющая мембраны имеет более высокую сопротивляемость. При этом показано, что, управляя рабочей температурой процесса для мозаичных мембран, полученных по технологической цепочке «от катионита к аниониту» можно добиваться близкого к оптимально предельному выходу по эксплуатационным характеристикам используя цикл «растяжение-сжатие».

Выводы

Проведено экспериментальное исследование технологических особенностей условий получения мембран «Поликон». Изучены температурные зависимости физико-механические свойств и сорбционных характеристик мозаичных мембранных структур на модельных катионитовых и анионитовых фрагментах. Исследовано влияние продолжительности процесса отверждения на выход готовой ионообменной матрицы, определены зависимость статической обменной емкости от продолжительности процесса отверждения и прочность при разрыве от продолжительности процесса отверждения. Обнаружено, что, управляя рабочей температурой процессов эксплуатации мембран можно добиваться предельно высоких значений выхода по катиониту и аниониту, регулируя скорости протекания ионнообменных процессов в мембране вариацией температурной зависимости цикла «растяжение-сжатие». Экспериментальные исследования подтвердили адекватность математических моделей [11] для оптимизации структуры и свойств гетерогенных анионо-катионообменных мембран мозаичной структуры.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-08-00721 А

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Volfkovich, Y. M., Rychagov, A. Y., Mikhalin, A. A., Kardash, M. M., Kononenko, N. A., Ainetdinov, D. V., Sosenkin, V. E. Capacitive deionization of water using mosaic membrane//Desalination. 2018. № 426. С.1-10.

2. Вольфкович Ю. М. Емкостная деионизация воды (обзор)//Электрохимия. 2020, Т. 56. №1. С. 20-55.

3. Saito T., Kakihana Y., Yasukawa M., Higa M. PVA-based Charged Mosaic Membrane with Striped Pattern Prepared by Means of Dispensing Technique//Bulletin of the Society of Sea Water Science, Japan. 2019. №73. P. 98-99.

4. Xu, R., Wang, J., Chen, D., Liu, T., Zheng, Z., Yang, F., Xiang, M. Preparation and performance of a charge-mosaic nanofiltration membrane with novel salt concentration sensitivity for the separation of salts and dyes//Journal of Membrane Science. 2020. №595. P. 117472.

5. Gao P., Hunter, A., Summe, M. J., & Phillip, W. A. A Method for the efficient fabrication of multifunctional mosaic membranes by inkjet printing//ACS Applied Materials & Interfaces. 2016. 8(30). P. 19772-19779.

6. Mark J. Summe, Sushree Jagriti Sahoo, Jonathan, K. Whitmer, William A. Phillip. Salt permeation mechanisms in charge-patterned mosaic membranes//Molecular Systems Design & Engineering. 2018. №3. P. 959-969.

7. Филиппов А. Н., Кононенко Н. А., Фалина И. В., Тицкая Е.В., Петрова Д. А. Электродиффузионные характеристики бислойных мембран, модифицированных галлуазитом//Коллоидный журнал. 2020. Т. 82. № 1. С.106-118.

8. Fan Q. Bipolar ion-exchange membranes for batteries and other electrochemical devices. United States Patent No.: US 9074290. 2015.

9. Wang J., Zhang Y., Zhu J., Hou, J., Liu J., Van der Bruggen B. Zwitterionic functionalized layered double hydroxides nanosheets for a novel charged mosaic membrane with high salt permeability//Journal of Membrane. 2016. № 510. P. 27-37.

10. Jikihara A., Kobayashi K., Ube M. Multilayered charge-mosaic membrane and manufacturing method therefor. United States Patent No.: US 9346020 B2. 2016.

11. Terin D.V., Kardash M. M., Druzhinina T.V., Tsyplyaev S.V. Effect of structural heterogeneity of “Polikon” mosaic materials on their properties //Membranes and Membrane Technologies. 2019. V. 1. N.5. P. 323-330.

УДК 677.027.625 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-207-209

ВЛИЯНИЕ ФТОРСОДЕРЖАЩИХ ДОБАВОК НА СТРУКТУРУ ПОЛИМЕРНЫХ ВОЛОКОН
EFFECT OF FLUORIDE SUPPLEMENTS ON POLYMER FIBER STRUCTURE

Колоколкина Надежда Васильевна
Nadezhda V. Kolokolkina

Российский государственный университет им. А.Н.Косыгина (Технологии.Дизайн.Искусство), Россия, Москва
A.N.Kosygin Russian state University (Technology. Design.Art.)Russia, Moscow
(e-mail: nvkolok@mail.ru)

Аннотация: Рассмотрены возможности получения модифицированных полимерных (фторсодержащего, хлорсодержащего)материалов с высоким уровнем антиадгезионных свойств и сохранением упруго-прочностных показателейпри использовании метода коагуляционного формования из растворов волокнообразующих полимеров с добавками фторсодержащего ПАВ, исследованы антиадгезионные и прочностные свойства полимерных материалов.

Abstract: Opportunities to obtain modified polymer (fluoride, chlorine-containing) materials with high levels of anti-adgesion properties and preservation of elastic-strength indicators are considered when using the method of coagulation moulding from solutions of fiber-forming polymers with supplements of fluoride-containing PAV, the anti-adgesion and strength properties of polymer materials are investigated.

Ключевые слова: пониженная смачиваемость, краевой угол смачивания, относительная прочность, фторсодержащая добавка

Keywords: the lowered wettability, the regional angle of wetting, viscosity of solutions, fluoride supplement

Большие возможности в придании волокнам новых и устойчивых свойств обеспечивается применением методов композитной модификации. Введение в формовочный раствор перед формованием малых полимерных добавок является одним из эффективных приемов влияния на структуру и свойства получаемых волокон, пленок.

Как известно, упруго прочностные свойства полимерных волокон зависят от химического состава волокнообразующего полимера и от сложившейся надмолекулярной структуры полимера в процессе формования и последующей обработки сформованного волокна. Вводимые в структуру полимера добавки в большей или меньшей степенибудут влиять на баланс межмолекулярных взаимодействий, составляющих основу для проявления прочностных свойств полимерных волокон. Поэтому при исследовании влияния фторсодержащих добавок на уровень смачиваемости полимерных волокон - фторлоновых и хлориновых целесообразно изучать прочностные свойства. Физико-механические свойства структурно модифицированных волокон являются отражением тех структурных преобразований, которые происходят при введении добавок.

Относительная прочность сформованных волокон хлорин и фторлон (вытянутого в глицериновой ванне при температуре 137 ^{o}C) без добавок и с добавками частиц ПТФЭ была определена на разрывной машине.

Зависимость прочностных показателей модифицированного волокна хлорин

представлена в таблице 1 и модифицированного волокна фторлон втаблице 2.

Как видно из полученных данных, прочность модифицированных волокон снижается при увеличении количества ПТФЭ в структуре волокна. Этот фактор может, по-видимому, объясняться тем, что при введении частиц полимера ПТФЭ во фторлоновое волокно образуются неравномерные структуры , возможно, с « пустотами и трещинами». Образуется

структура с дефектами, влияющими как на степень кристалличности полимера, температуру стеклования, так и эластические свойства полимера.

Таблица 1 – Прочностные характеристики модифицированного частицами ПТФЭ волокна хлорин

Тип волокна	Количество ПТФЭ в волокне,%	Относительная прочность, сН/текс
Хлорин	0	6,0
Хлорин с ПТФЭ	0,2	5,5
Хлорин с ПТФЭ	0,5	3,5
Хлорин с ПТФЭ	1,0	2,5
Хлорин с ПТФЭ	2,0	2,3

Таблица 2 – Прочностные характеристики модифицированного частицами ПТФЭ волокна фторлон

Тип волокна	Количество ПТФЭ в волокне, %	Относительная прочность, сН/текс
Фторлон	–	12,4
Фторлон с ПТФЭ	0,5	11,0
Фторлон с ПТФЭ	1,0	10,5
Фторлон с ПТФЭ	2,0	10,3
Фторлон с ПТФЭ	5,0	8,5

Представляло интерес проведение сравнительных исследований по модифицированию полимерных волокон с вероятностью улучшения равномерности структурных образований при получении волокна и, соответственно, повышения их упруго прочностных свойств введением добавок фторированнного ПАВ. В качестве ПАВ использовали фторированный катионоактивный ПАВ ПОФ-7.

$$[\,F\,(C_6F_{12})CO\,NH\,(C_3H_6)\,N^+(CH_3)_2C_2H_4OH]^{\,+}\,Cl^-$$

Предварительно были проведены исследования по влиянию этого ПАВ на уровень антиадгезионных свойств хлориновых и фторлоновых волокон, поверхностно обработанныхПОФ-7. Краевой угол смачивания при небольших добавках повышается в среднем на10-12 %.Эти данные приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Краевой угол смачивания поверхностно модифицированного фторированного ПАВ ПОФ-7 хлоринового и фторлонового волокон

Состав волокна	Количество введенного ПОФ-7, % масс	Краевой угол смачивания, град,вода
Хлорин(исх)	-	70
Хлорин + ПОФ-7	0,01	80
Хлорин + ПОФ-7	0,05	85
Хлорин + ПОФ-7	0,1	95
Хлорин + ПОФ-7	0,5	95
Фторлон (исх)	-	85
Фторлон +ПОФ-7	0,01	87
Фторлон + ПОФ-7	0,05	90
Фторлон + ПОФ-7	0,5	100

Этот факт увеличения краевого угла смачивания, возможно, связан с повышением шероховатости поверхности волокна при его получении и дополнительной ролью этого показателя в повышении несмачиваемости волокон [1].Фторированные ПАВ способны ориентированно располагаться в поверхностном слое волокон: фторсодержащим радикалом - наружу, агидрофильной частью – внутрь волокна, что и обеспечивает высокие значения краевого угла смачивания.

ПОФ-7 использовали при получении модифицированных хлоринового и фторлоновых волокон с добавкой ПТФЭ. Волокно получали методом коагуляционного формования из растворов, содержащих полимер: хлорированный ПВХ или фторопласт-42 и добавки частиц ПТФЭ 1,0% иПОФ-70,02 -0,05 %. Данные о смачиваемости и относительной прочности волокна приведены в таблице4.

Таблица 4 – Прочностные характеристики и смачиваемость модифицированных частицами ПТФЭ и добавкой ПОФ-7волокон хлорин и фторлон

Тип волокна	Краевой угол смачивания, град	Относительная прочность, сН/текс
Хлорин	70	6,0
Хлорин с ПТФЭ+ПОФ-7- 0,02%	100	5,6
Хлорин с ПТФЭ+ПОФ-7- 0,05%	110	6,2
Фторлон	85	12,4
Фторлон с ПТФЭ + ПОФ-7 – 0,02%	105	11,9
Фторлон с ПТФЭ + ПОФ-7- 0,05%	110	12,5

Приведенные данные свидетельствуют о влиянии добавок ПАВ на структуру формуемого волокна. Фактор сохранения относительной прочности волокна может, по-видимому, объясняться тем, что при введении в волокно добавки ПОФ-7образуются равномерные относительно бездефектные структуры, характерные для структурно немодифицированных волокон.

Таким образом показано, что добавки фторированного ПАВ в относительно небольших количествах можно использовать при получении модифицированных галогенсодержащих волокон с высоким уровнем антиадгезионных свойств и сохранением физико-механических показателей.

Выводы

Для модифицирования хлорсодержащего и фторсодержащего волокон использовали введение в структуру волокна частиц политетрафторэтилена. Достигаемый уровень антиадгезионных свойств достаточно высокий, однако прочность модифицированных волокон снижается, что свидетельствует об изменении полимерной структуры волокон. Показано, что введение в волокно небольших добавок фторированного ПАВ ПОФ-7 при формовании приводит к созданию более бездефектной волокнистой структуры, и упруго-прочностные свойства восстанавливаются.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макеев А. В., Айрапетян В.С. Анализ современных методов исследования шероховатости поверхности деталей // Вестник СГГА. – 2014. – № 4. – С. 80 – 86.

УДК 677.494 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-210-214

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЯ, ДЛЯ УДАЛЕНИЯ РАЗЛИВОВ УГЛЕВОДОРОДОВ
OIL SPILLS REMOVAL WITH NONWOVEN MATERIALS PRODUCED BY ELECTROSPINNING

Малахов Сергей Николаевич, Чвалун Сергей Николаевич
Sergey N. Malakhov, Sergey N. Chvalun

Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт" Россия, Москва
National Research Center «Kurchatov Institute», Russia, Moscow
(e-mail: s.malakhov@mail.ru)

Аннотация: В работе проанализированы основные тенденции в области использования микро- и нановолокнистых нетканых материалов для удаления разливов нефти и продуктов ее переработки.

Abstract: The paper analyzes the main trends in the use of micro- and nanofibrous nonwovens for oil spills removal.

Ключевые слова: электроформование, нетканые материалы, сорбция углеводородов.

Keywords: electrospinning, nonwoven materials, oil sorption.

Нефть и жидкие продукты ее переработки играют важнейшую роль в современном мире. При этом на любом этапе работы с ними (добыча, переработка, транспортировка) возникает риск их утечек, что приводит к значительному загрязнению биосферы, в т.ч. водоемов. Так, два крупнейших разлива углеводородов, произошедшие в результате аварий на нефтяных платформах Ixtoc I (1979 год) и Deepwater Horizon (2010 год), расположенных в Мексиканском заливе – привели к выбросу в океан около 480 000 и 680 000 тонн нефти соответственно [1]. Разгерметизация резервуара ТЭЦ-3 в Норильске привела к выбросу в окружающую среду более 20 тыс. тонн дизельного топлива, большая часть из которого оказалась в близлежащих водоемах [2]. В связи с этим, разработка материалов для ликвидации последствий подобных разливов нефти является весьма актуальной.

К настоящему времени предложен ряд материалов для сорбции жидких углеводородов с поверхности воды. Данные сорбенты можно разделить на три условные группы: неорганические материалы (вермикулит, перлит, диатомит и ряд других минералов, а также волокна неорганической природы), органические материалы природного происхождения (например, древесные и хлопковые волокна) и органические материалы синтетического происхождения (в форме волокнистых и иных структур с высокой удельной поверхностью).

Среди неорганических материалов для удаления углеводородов нужно отметить гибридные мембраны, состоящие из нанонитей оксида марганца, получаемых путем упаривания соответствующих водных суспензий, синтезированных на основе сульфата калия, персульфата калия и сульфата марганца [3]. Для достижения большей гидрофобности нанонити покрывали полидиметилсилоксаном, что позволило получить краевой угол смачивания водой 172 градуса. Полученная мембрана характеризуется сорбционной емкостью около 20 г/г по моторному маслу.

Авторами [4] в качестве мембран для удаления углеводородов были предложены аэрогели на основе целлюлозы: полученные материалы характеризуются краевым углом смачивания водой в 145 градусов и сорбционной емкостью 18-20 г/г по сырой нефти. При этом данные аэрогели изготавливали не из первичной целлюлозы, а из переработанных бумажных отходов.

В работе [5] для сорбции углеводородов предложено использовать полые волокна из капока (хлопкового дерева), имеющие высокую гидрофобность и сорбционную емкость. Отмечается, что по мере увеличения плотности упаковки волокна с 0,02 до 0,09 г/см3

происходит снижение сорбционной емкости материала с 36 до 8 г/г по дизельному топливу. Материалы из хлопковых волокон также могут быть использованы для удаления углеводородов из воды, они характеризуются сорбционной емкостью 20-30 г/г по растительным маслам и 20-25 г/г по моторному топливу. После 10 циклов сорбции-десорбции материалы сохраняют около 70% первоначальной емкости [6].

Чрезвычайно высокую сорбционную емкость – более 100 г/г по моторному и арахисовому маслам – имеют губчатые материалы на основе полиуретана [7], при этом после 10 циклов использования материал сохраняет около 80% сорбционной емкости. Полиуретановые пены также имеют высокие значения сорбционной емкости – до 60-80 г/г по сырой нефти [8]. Общим недостатком подобных губчатых материалов является сложность в получении образцов больших геометрических размеров, пригодных для использования на практике.

Одними из наиболее подходящих сорбентов для сбора углеводородов являются нетканые материалы, получаемые методом электроформования. Данный способ позволяет получать волокнистые структуры с низкой плотностью упаковки (менее 10%) и высокоразвитой поверхностью из большого количества полимеров [9]. Что немаловажно, метод электроформования отличается аппаратной простотой, применяется в промышленности и позволяет получать нетканые полотна практически неограниченного размера. Одним из наиболее активно используемых полимеров для получения волокнистых сорбентов методом электроформования является полистирол (в т.ч. в виде смесей с другими полимерами) [10-17], что обусловлено его хорошей растворимостью (и, как следствие, простотой и гибкостью переработки), дешевизной и высокой гидрофобностью образующихся волокнистых структур.

Так, авторами [10] предложено использовать микроволокнистые материалы из смеси полистирола с поливинилхлоридом (в соотношении 9:1), данные образцы демонстрируют сорбционную емкость около 120 г/г по арахисовому маслу и свыше 140 г/г – по моторному. В работах [11-13] электроформованием растворов полистирола получены микроволокнистые материалы как с гладкой, так и с развитой пористой поверхностью, их сорбционная емкость достигала 110-140 г/г для моторного масла и 90-110 г/г – для растительных масел. Нетканые материалы, полученные коаксиальным электроформованием с использованием раствора полиуретана в качестве ядра волокна и полистирола – в качестве оболочки, демонстрируют меньшие значения сорбционной емкости – 40-65 г/г по моторному маслу и 35-50 – по подсолнечному, при этом после 5 циклов использования их сорбционная емкость составляет около 60% от изначальной [14]. Авторами [15] показана возможность использования нановолокнистых полистирольных материалов, нанесенных на стальную микросетку, для быстрого разделения смесей «вода – дизельное топливо». В работе [16] предложено использовать композитные волокна на основе полистирола с добавлением до 4 масс. % монтмориллонита, что позволило увеличить сорбционную емкость материала более чем в 1,5 раза по сравнению образцами из чистого полистирола. При этом, для получения волокнистых сорбентов может быть использован не только первичный полимер, но и вторичное сырье на основе полистирола [17].

Полиолефины отвечают всем требованиям, предъявляемым к идеальному сорбенту: они недороги, гидрофобны и олеофильны, имеют низкое влагопоглощение и малую плотность (меньше плотности воды, что обеспечивает естественную плавучесть материала), легко перерабатывается из расплава. Как следствие, в настоящее время для удаления масляных загрязнений зачастую используют коммерчески доступные волокнистые сорбенты, получаемые раздувом или по технологии «спанбонд», однако сорбционная емкость таких материалов невелика и, как правило, не превышает 20-30 г/г [18].

Развитие технологии электроформования расплава полимера позволило создать перспективные высокоэффективные сорбционные материалы на основе полиолефинов [19-24]. Так, авторы [19] достигли для нетканых материалов из полипропилена сорбционной емкости 129 и 80 г/г по моторному и арахисовому маслам соответственно, при этом после 7 циклов использования материалы сохраняют около 80% своей первоначальной сорбционной емкости.

Схожие результаты показаны в работе [20], где максимальная сорбционная емкость полипропиленовых материалов составила 98 г/г. Авторы [21] формовали микроволокнистые материалы из расплава полипропилена с введением низкомолекулярных добавок: ионных жидкостей, органических и неорганических солей, при этом сорбционная емкость полученных нетканых полотен достигала 60 г/г. В качестве сорбционных материалов могут быть использованы не только полотна из чистого полипропилена, но и его смесей с другими полимерами [22]. Высокоэффективные сорбционные материалы (с емкостью около 95 г/г) также могут быть получены электроформованием расплава полиэтилена [23]. Авторы [24] исследовали свойства нетканых материалов на основе этилен-октенового эластомера с гладкой и рельефной морфологией волокон. Было установлено, что сорбционная емкость в первом цикле выше для материалов с развитой морфологией волокон, однако при повторном использовании чуть более эффективными оказываются полотна с гладкой поверхностью волокон, что может быть связано с более эффективной десорбцией углеводорода из них.

Несмотря на возможность повторного использования, сорбционные материалы в конечном итоге необходимо тем или иным образом утилизировать. Решением данной проблемы может быть использование биоразлагаемых полимеров, среди которых особое место занимает полилактид, который в настоящее время нашел широкое применение: от производства упаковки и одноразовой посуды до создания медицинских изделий и хирургических материалов. И действительно, нетканые материалы, полученные электроформованием полилактида, демонстрируют высокую сорбционную емкость (до 100 г/г и выше по моторному маслу) [27-29]. При этом, было показано, что их сорбционная емкость сильно зависит от плотности упаковки волокон: увеличение плотности (например, за счет усадки во время отжига) приводит к значительному снижению сорбционной емкости материала [29]. Помимо материалов из полилактида, для сорбции углеводородов могут быть использованы волокнистые полотна на основе поликапролактона и его смесей с другими полимерами [30].

Таким образом, создание высокоэффективных материалов для разделения отделения углеводородов от воды с использованием метода электроформования полимеров, на сегодня является актуальной задачей, привлекающей внимание исследователей. При этом наиболее перспективными, на наш взгляд, являются два направления: создание высокоэффективных материалов электроформованием расплава полиолефинов и разработка биоразлагаемых сорбционных материалов.

Работа поддержана грантом РФФИ и Правительства Москвы (проект 21-33-70084).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Barron M.G. et al. Long-term ecological impacts from oil spills: comparison of exxon valdez, hebei spirit, and deepwater horizon // Environmental Science & Technology. 2020. V. 54. №. 11. P. 6456-6467.
2. Сазонов А.Д., Комаров Р.С., Передера О.С. Разлив нефтепродуктов в Норильске 29 мая 2020 года: предполагаемые причины и возможные экологические последствия // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. 2020. Т. 1. №. 5. С. 173-177.
3. Yuan J. et al. Superwetting nanowire membranes for selective absorption // Nature Nanotechnology. 2008. V. 3. №. 6. P. 332-336.
4. Nguyen S.T. et al. Cellulose aerogel from paper waste for crude oil spill cleaning // Industrial & Engineering Chemistry Research. 2013. V. 52. №. 51. P. 18386-18391.
5. Lim T.T., Huang X. Evaluation of kapok as a natural hollow hydrophobic-oleophilic fibrous sorbent for oil spill cleanup // Chemosphere. 2007. – V. 66. №. 5. P. 955-963.
6. Deschamps G. et al. Oil removal from water by selective sorption on hydrophobic cotton fibers // Environmental Science & Technology. 2003. V. 37. №. 5. P. 1013-1015.
7. Wu D. et al. Oil sorbents with high sorption capacity, oil/water selectivity and reusability for oil spill cleanup // Marine Pollution Bulletin. 2014. V. 84. №. 1-2. P. 263-267.

8. Tanobe V.O.A. et al. Evaluation of flexible postconsumed polyurethane foams modified by polystyrene grafting as sorbent material for oil spills // Journal of Applied Polymer Science. 2009. V. 111. №. 4. P. 1842-1849.

9. Lim C.T. et al. Nanofiber technology: current status and emerging developments // Progress in Polymer Science. 2017. V. 70. P. 1-17.

10. Zhu H. et al. Evaluation of electrospun polyvinyl chloride/polystyrene fibers as sorbent materials for oil spill cleanup // Environmental Science & Technology. 2011. V. 45. №. 10. P. 4527-4531.

11. Lin J. et al. Subtle regulation of the micro-and nanostructures of electrospun polystyrene fibers and their application in oil absorption // Nanoscale. 2012. V. 4. №. 1. P. 176-182.

12. Wu J. et al. Electrospun porous structure fibrous film with high oil adsorption capacity // ACS Applied Materials & Interfaces. 2012. V. 4. №. 6. P. 3207-3212.

13. Lin J. et al. Nanoporous polystyrene fibers for oil spill cleanup // Marine pollution bulletin. 2012. V. 64. №. 2. P. 347-352.

14. Lin J. et al. Co-axial electrospun polystyrene/polyurethane fibres for oil collection from water surface // Nanoscale. 2013. V. 5. №. 7. P. 2745-2755.

15. Lee M.W. et al. Electrospun polystyrene nanofiber membrane with superhydrophobicity and superoleophilicity for selective separation of water and low viscous oil // ACS Applied Materials & Interfaces. 2013. V. 5. №. 21. P. 10597-10604.

16. Lakayan S. et al. Electrospun polystyrene/Cloisite 20A fiber for selective separation of oil from water surface // Journal of Environmental Chemical Engineering. 2020. V. 8. 103775.

17. Yadav S. et al. Recycling of thermoplastic polystyrene waste using citrus peel extract for oil spill remediation //Journal of Applied Polymer Science. 2019. V. 136. №. 33. 47886.

18. Wei Q. F. et al. Evaluation of nonwoven polypropylene oil sorbents in marine oil-spill recovery // Marine Pollution Bulletin. 2003. V. 46. №. 6. P. 780-783.

19. Li H. et al. Polypropylene fibers fabricated via a needleless melt-electrospinning device for marine oil-spill cleanup // Journal of Applied Polymer Science. 2014. V. 131. №. 7. 40080.

20. Bubakir M.M. et al. Temperature effect on sorption capacity of PP melt electrospun ultrafine fibers in marine oil spill cleanup // Key Engineering Materials. 2017. V. 717. P. 104-111.

21. Малахов С.Н., Белоусов С.И., Чвалун С.Н.. Влияние низкомолекулярных добавок на структуру и свойства нетканых материалов, полученных электроформованием расплавов полипропилена // Химические волокна. 2020. № 5. С. 46-50.

22. Malakhov S.N., Chvalun S.N. Nonwoven materials produced by melt electrospinning of polyamide-6 and its blends with polypropylene, polystyrene and polylactide for oil spills removal // AIP Conference Proceedings. 2020. V. 2285. 040012.

23. Malakhov S. N., Chvalun S. N. Melt electrospinning of polyethylene fibres for oil collection from water surface // Journal of Physics: Conference Series. 2019. V. 1347. 012082.

24. Malakhov S.N., Chvalun S.N. Multifunctional nonwoven materials, produced by electrospinning of a heated solution and melt of ethylene-octene copolymer // Materials Today Communications. 2019. V. 21. 100729.

25. Li H. et al. Needleless melt-electrospinning of biodegradable poly (lactic acid) ultrafine fibers for the removal of oil from water // Polymers. 2017. V. 9. №. 2. 3.

26. Liang J.W. et al. Enhancement of the oil absorption capacity of poly (lactic acid) nano porous fibrous membranes derived via a facile electrospinning method // Applied Sciences. 2019. V. 9. №. 5. 1014.

27. Malakhov S.N., Chvalun S.N. Preparation of nonwoven materials for removal of oil spills from water by electrospinning of polylactide melt // Russian Journal of Applied Chemistry. 2019. V. 92. №. 11. P. 1487-1491.

28. Иорданский А.Л. и др. Новые фибриллярные композиты на основе биоразлагаемых полиэфиров поли-(3-гидроксибутирата) и полилактида с высокой селективной абсорбцией нефти из водной среды // Доклады Академии наук. 2019. Т. 487. №. 5. С. 528-531.

29. Reshmi C.R. et al. Fabrication of superhydrophobic polycaprolactone/beeswax electrospun membranes for high-efficiency oil/water separation // RSC advances. 2017. V. 7. №. 4. P. 2092-2102.

30. Li R. et al. Polycaprolactone/poly (L-lactic acid) composite micro/nanofibrous membrane prepared through solution blow spinning for oil adsorption // Materials Chemistry and Physics. 2020. V. 241. 122338.

УДК 67.05:66.04:677.4 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-214-216

АППАРАТУРНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ДЛИННОМЕРНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ
HARDWARE DESIGN OF THE PROCESS OF THERMAL-OXIDATIVE STABILIZATION OF LONG-LENGTH FIBROUS MATERIALS

Морозова Маргарита Андреевна*, Морозов Андрей Борисович **, Редина Людмила Васильевна*
Margarita A. Morozova*, Andrey B. Morozov, Ludmila V. Redina***

**Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Россия, Москва*
The Kosygin State University of Russia, Russia, Moscow
(e-mail: 180193@stud.rguk.ru)
***ООО «ПромТехРециклинг», Россия, Самара*
PromTehRecycling LLC, Russia, Samara
(e-mail: mabingtec@mail.ru)

Аннотация: В статье представлено разработанное устройство непрерывной термоокислительной стабилизации длинномерных волокнистых материалов, позволяющее обеспечить необходимые показатели качества, повысить выход продукта, минимизировать энергетические потери и, как следствие, улучшить экологическую обстановку.

Abstract: The article presents a developed device for continuous thermal-oxidative stabilization of long-length fibrous materials, which allows to provide the necessary quality indicators, increase product yield, minimize energy losses and, as a result, improve the environmental situation.

Ключевые слова: термоокислительная стабилизация, автоматизация процессов.

Keywords: thermal-oxidative stabilization, automation of processes.

Полимерные композиционные материалы на основе углеродных волокон (УВ) все больше находят применение в различных областях человеческой деятельности. И если раньше они применялись только в узкоспециализированных областях (оборонной, авиакосмической), то сейчас возможности их использования затрагивают и массовые сегменты: автомобилестроение, гражданское строительство, спортивный досуг и т.д.

Важными сдерживающими факторами масштабирования производства углеродного волокна и его применения в РФ являются отсутствие достаточной сырьевой базы и высокая стоимость готового волокна [1].

Данную проблему возможно решить, используя в качестве прекурсора многотоннажные виды волокон. В литературе встречаются исследования по получению углеродных материалов на основе алифатических полиамидов [2], полиэтилентерефталата [3]. Так, в работе [4] было показано, что использование силоксанового каучука и полифосфата аммония позволяет влиять на процесс термоокисления, оказывая стабилизирующее действие при термолизе поликапроамида. Однако таких публикаций немного и можно утверждать, что еще не найдены оптимальные условия переработки этих волокон в углеродное волокно. Поэтому разработка технологии и специальных устройств для их получения является актуальной задачей.

Процесс получения УВ состоит из трех основных стадий термообработки: предокисления, карбонизации и графитации. Предварительное окисление волокна – наиболее важная и сложная стадия, необходимая для формирования структур-предшественников, обеспечивающих образование оптимальной структуры углерода, а также определяющая свойства конечного углеродного волокна.

В патенте [5] предложена камера для непрерывной температурной обработки длинномерного материала, содержащая рабочую часть проходного типа для входа и выхода материала, направляющие валы, средства подачи окислителя, газовой среды и удаления продуктов пиролиза, и нагревательные элементы. Рабочая часть состоит из последовательно соединенных секций, нижняя секция герметично изолирована, а каналы секций, кроме второй снизу, закрыты на торцах газовыми затворами. Однако недостатками этого устройства является невозможность использования других видов волокон, кроме полиакрилонитрильных (ПАН), заявленных в патенте, а также отсутствие камер сушки и полимеризации аппретов и огнезащитных пропиток, поступающих на окислительную термостабилизацию волокна.

Для получения УВ на основе термопластичных волокон (например, поликапроамидных), было разработано устройство непрерывной термоокислительной стабилизации длинномерных волокнистых материалов, схема которого представлена на рисунке 1 [6].

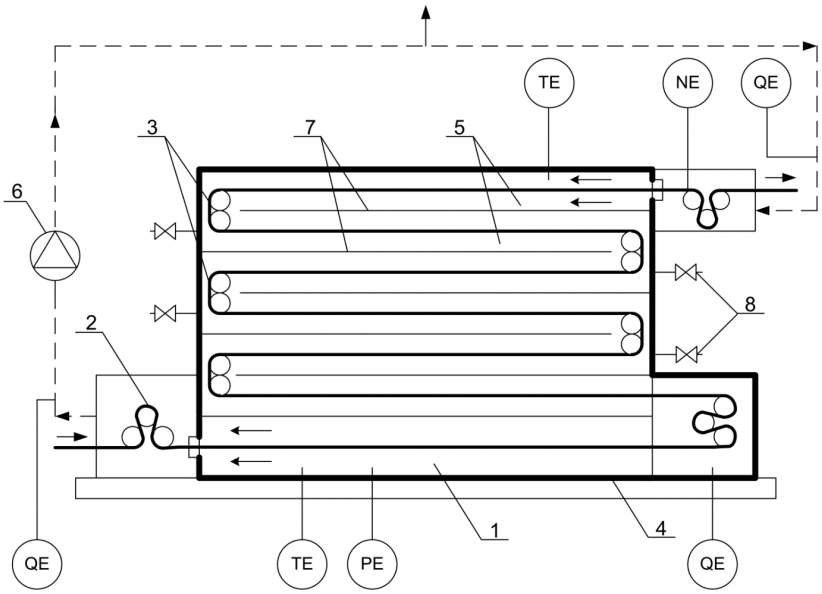
Целью разработки является диверсификация сырья, используемого в устройстве, снижение энергозатрат процесса окислительной термостабилизации за счет контроля и автоматического регулирования параметров, а также увеличение выхода продукта, минимизация энергетических и тепловых потерь и улучшение экологической обстановки.

Процесс термоокислительной стабилизации проводится следующим образом. Перед началом работы обрабатываемый материал с подающего устройства с помощью тянущих и направляющих вальцов протягивают через все каналы устройства непрерывной термоокислительной стабилизации и закрепляют на приемном устройстве.

Для снижения теплопотерь устройство футеровано теплоизоляцией. В нижнюю часть печи интегрирована камера сушки, снабжённая тянущими аппаратами, что обеспечивает диверсификацию сырья, используемого в устройстве. Сушка предварительно обработанного аппретом или огнезащитной пропиткой волокна осуществляется нагретыми отходящими газами из камер термостабилизации, которые движутся в камере сушки противотоком, обеспечивая, в том числе, энергоэффективность устройства. Температура в камере сушки на входе волокнистого материала регистрируется датчиками температуры и автоматически поддерживается на уровне 150 – 180 ˚С. Степень готовности материала к подаче в камеры термостабилизации определяется газоанализатором, установленным в камере сушки.

Термоокислительная стабилизация волокнистого материала производится в воздушной среде, которая циркулирует противотоком по отношению к движению материала при помощи вентилятора. Подогретая до 270 – 300 ˚С обрабатывающая газовая среда перемещается вниз по камерам термостабилизации, создавая градиент температур за счет теплообмена с волокнистым материалом. В случае отклонения температурного режима от нормального регулировку на каждом уровне проводят с помощью электрических нагревателей и контролируемого подсоса атмосферного воздуха при помощи клапанов. Количество камер термоокислительной стабилизации зависит от производительности устройства, т.е. от требуемой скорости окисления. После прохода камер и транспортирующих роликов окисленный волокнистый материал выводят из устройства и подвергают дальнейшей обработке.

Часть отработавших газов из устройства, при помощи вентилятора, установленного на входе волокнистого материала в камеру сушки, направляют на газоочистку, остальное – на циркуляцию. Расположение вентилятора позволяет создать пониженное давление, что исключает рассеивание газообразных веществ через отверстия камеры в окружающую среду.



1 - камера сушки; 2 – тянущие вальцы; 3 – направляющие вальцы; 4 – теплоизоляция**; 5 –** камеры термостабилизации; 6 – вентилятор; 7 – электрические нагреватели; 8 – клапаны QE – газоанализатор; TE – датчик температуры; PE – датчик давления; NE – датчик натяжения

Рисунок 1 – Схема устройства непрерывной термоокислительной стабилизации длинномерных волокнистых материалов

Таким образом, разработано устройство непрерывной термоокислительной стабилизации для волокнистых материалов, отличающееся тем, что включает дополнительно камеру сушки и полимеризации аппретов и огнезащитных пропиток, которое позволит обеспечить более высокий выход углеродного волокна, минимизировать энергетические и тепловые потери и улучшить экологическую обстановку.

В настоящее время производится сборка устройства и разрабатывается схема автоматизированного управления.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-33-90055.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследовательская группа ИНФОМАЙН. Обзор рынка углеволокна в мире и СНГ. Декабрь, 2017. 144 с.
2. Karacan I. Characterization of amorphous carbon fibers produced from thermally stabilized polyamide 6 fibers // J. Ind. Text. 2016. V. 65. P. 1 – 27.
3. Ваганов В.Е. Исследование и разработка технологических способов снижения горючести полимерных волокон из полиэтилентерефталата для материалов строительного назначения // Вісник ПДАБА. 2013. №12 (189). С. 4 – 11.
4. Морозова М.А. Исследование термохимических превращений поверхностно-модицифицированного поликапроамидного волокна / М.А. Морозова, Л.В. Редина // Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности: сборник материалов Международной научной студенческой конференции. Часть 1. М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2018. С. 185 – 187.
5. Бучнев Л. М., Вербец Д. Б., Конюшенков А. А., Каверов А. Т. Камера для непрерывной температурной обработки длинномерного волокнистого материала. Патент № 2423561. МПК – D01F 9/22. 10.07.2011.
6. Морозов А. Б., Морозова М. А. Устройство непрерывной термоокислительной стабилизации длинномерных волокнистых материалов. Патент на полезную модель № 180584. МПК – D01F 9/00. 19.06.2018.

УДК 614.841.41 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-217-221

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВСПУЧИВАЮЩИХСЯ ОГНЕЗАЩИТНЫХ СОСТАВОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
EVALUATION OF THE EFFECT OF INTUMESCENT FLAME RETARDANTS ON THE FIRE HAZARD INDICATORS OF TEXTILE MATERIALS

Спиридонова Вероника Гербертовна, Циркина Ольга Германовна, Шабунин Сергей Александрович, Никифоров Александр Леонидович, Ульева Светлана Николаевна
Veronika G. Spiridonova, Olga G. Tsirkina, Sergey A. Shabunin, Alexander L. Nikiforov, Svetlana N. Uleva

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Россия, Иваново
Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, Russia,, Ivanovo
(e-mail: nika.spiridonowa@yandex.ru; ogtsirkina@mail.ru; sergeyshabunin@yandex.ru; anikiforoff@list.ru; jivotjagina@mail.ru)

Аннотация: в данной статье рассмотрены аспекты использования вспучивающихся огнезащитных составов для снижения пожарной опасности тканей технического назначения из натуральных волокон. Показана эффективность вспучивающихся композиций на основе таниновой кислоты. Приводятся экспериментальные данные по пожароопасным свойствам исходного материала и входящих в его состав текстильных волокон, а также тканей, обработанных вспучивающимся огнезащитным составом.

Abstract: this article discusses the aspects of the use of intumescent flame retardants to reduce the fire hazard of technical fabrics made of natural fibers. The effectiveness of bulging compositions based on tannic acid is shown. Experimental data on the fire-hazardous properties of the starting material and its constituent textile fibers, as well as fabrics treated with an intumescent flame retardant, are presented.

Ключевые слова: текстильные материалы, пожароопасные свойства, таниновая кислота, вспучивающаяся огнезащита, термогравиметрический анализ.

Keywords: textile materials, fire hazard properties, tannic acid, intumescent fire protection, thermogravimetric analysis.

В настоящее время для снижения пожароопасных свойств текстильных материалов применяются несколько способов огнезащитной отделки. К ним относятся поверхностная или объемная обработка тканей растворами огнезащитных композиций с последующим образованием на его поверхности труднорастворимых соединений и химическая модификация волокон с образованием ковалентных связей между антипиреном и макромолекулой волокнообразующего полимера [1]. Традиционно для обработки текстильных материалов и изделий из них применяются выпускаемые под разными торговыми марками огнезащитные композиции на основе солей брома, фосфата аммония, мочевины и ряда других химических соединений.

Вместе с тем, в настоящий момент на первый план выходят экотоксикологические проблемы, связанные с использованием антипиренов. Установлено, что материалы с огнезащитной отделкой могут оказывать негативное влияние на состояние здоровья человека и окружающую среду при их производстве, использовании и дальнейшей утилизации [2]. Исходя из сказанного, важной задачей является разработка огнезащитного состава для текстильных материалов из натуральных волокон с низким или нулевым содержанием формальдегида и поиск альтернативы используемым в настоящее время антипиренам [3].

Одними из наиболее перспективных видов антипирирующих составов являются интумесцентные (вспучивающиеся) огнезащитные составы. В качестве компонентов для

вспучивающейся огнезащитной композиции могут быть выбраны вещества из следующих групп: фосфорсодержащие соединения (обычно полифосфаты аммония), гидроксид алюминия или магния, борат цинка, меламин [4].

В представленной работе в качестве объектов исследования использовались образцы хлопкового и льняного волокон, брезент состава 52% хлопка + 48% льна с поверхностной плотностью 380 г/м^2 и загущенные составы на основе танина, которые при определенных условиях обладают способностью вспучиваться и образовывать на поверхности материала слой кокса, предотвращающий дальнейшее горение полотна. Выбор танина [5,6] в качестве основы вспучивающейся огнезащитной композиции обоснован его доступностью и достаточно высокой эффективностью, что подтверждается исследованиями интумесцентных огнезащитных составов, применяемых для обработки строительных конструкций из древесины, металлов и каменных материалов [7].

С целью определения пожароопасных свойств исходных волокнистых материалов и текстильных полотен, прошедших огнезащитную обработку вспучивающимися составами, проведены термические исследования, в частности, термогравиметрический анализ (ТГА) [8].

В первую очередь испытанию подвергались исходные необработанные хлопковые и льняные волокна, из которых вырабатывается брезент, и брезентовое полотно. Результаты термического анализа показали, что численное значение потери массы ткани практически не отличается от значений, полученных для волокон. Максимальный тепловой эффект для материала «брезент» отмечается при температуре 340°С, для хлопкового волокна – 330°С, для льняного волокна – 355°С [9].

На втором этапе исследований на брезент методом печати наносили вспучивающийся огнезащитный состав на основе танина. При этом осуществляли одностороннюю и двустороннюю печать полотна. Для сравнения использовались образцы брезента, обработанные огнезащитными составами Пекофлам и Тезагран Л-3, которые в настоящее время наиболее широко используются для огнезащитной отделки целлюлозосодержащих текстильных материалов.

Полученные термогравиметрические кривые для испытуемых образцов с нанесенным вспучивающимся составом представлены на рисунке 1, где кривая, выделенная зеленым цветом – термогравиметрическая зависимость (TG, мг), показывает потерю массы образца; фиолетовым цветом выделена кривая, описывающая дифференциальную термогравиметрическую зависимость (DTG, мг/мин), характеризующую скорость изменения массы образца; кривая синего цвета соответствует тепловому потоку (мВ).

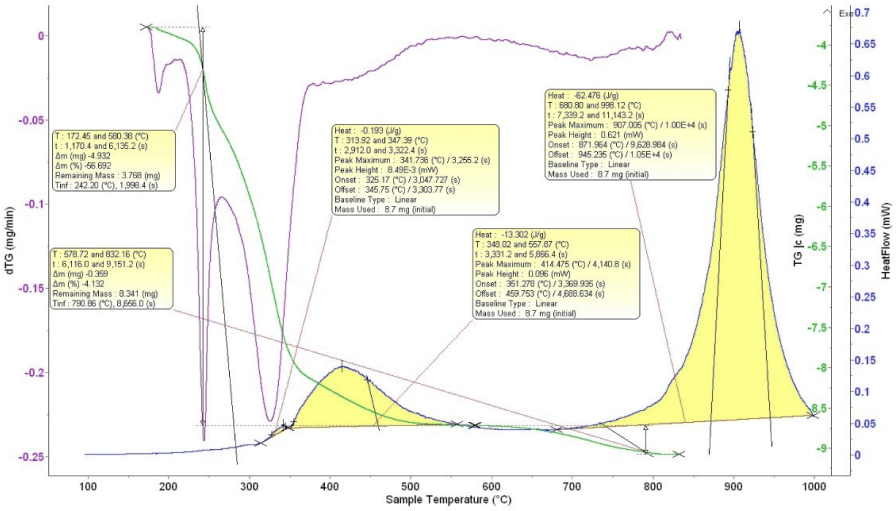
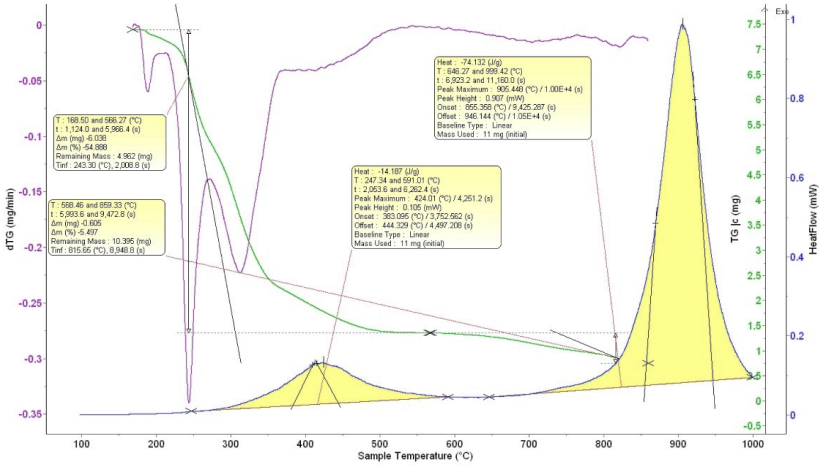


Рисунок 1. а)

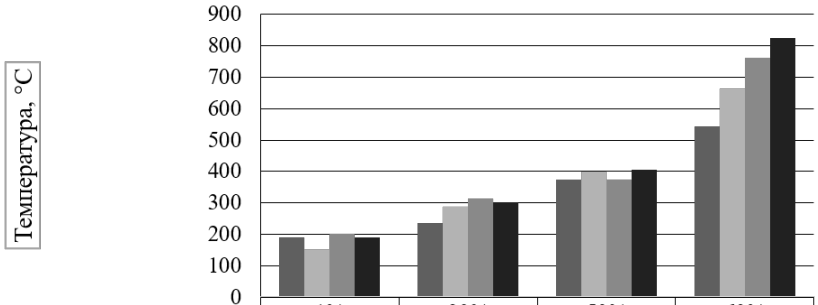


б)

Рисунок 1 – Термогравиметрические зависимости для образцов брезента с нанесенным составом на основе танина:
а) – одностороннее нанесение, б) – двустороннее нанесение

Аналогичным образом были получены термогравиметрические кривые для образцов брезента, обработанных составами на основе Пекофлама и Тезаграна Л-3 [10].

По полученным термогравиметрическим кривым, определены температуры, при которых потеря массы испытуемых образцов составила 1, 10, 30, 50, 60 %. Данные представлены на рисунке 2, где в каждой из четырех приведенных групп экспериментальных данных соблюдается последовательность слева направо: брезент, обработанный Пекофламом; брезент, обработанный Тезаграном Л-3; брезент с односторонним нанесением вспучивающегося состава; брезент с двусторонним нанесением вспучивающегося состава.



	1%	30%	50%	60%
Пекофлам	189	235	374	543
Тезагран Л-3	154	289	400	663
Танин (одностороннее нанесение)	202	314	374	760
Танин (двустороннее нанесение)	190	303	405	825

Рисунок 2 – Процент потери массы образцами в зависимости от температуры

Из значений температур, приведенных на рисунке 2, видно, что термодеструкция ткани, обработанной предлагаемым вспучивающимся огнезащитным составом выше, чем аналогичный показатель для Пекофлама и Тезаграна Л-3. Таким образом, полученные результаты подтверждают высокую огнезащитную эффективность разработанной композиции.

Исходя из полученных термогравиметрических кривых, были определены температуры, при которых достигается максимальная скорость разложения образцов. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Температура, при которой достигается максимальная скорость разложения

Образец	DTG, peak max, °C
1 – необработанный брезент	263
2 – брезент, обработанный Пекофламом	224
3 – брезент, обработанный Тезаграном Л-3	289
4 – брезент с односторонним нанесением вспучивающегося состава на основе танина	243 и 325
5 – брезент с двусторонним нанесением вспучивающегося состава на основе танина	243 и 312

Полученные значения температур максимальной скорости разложения образцов графически могут быть представлены в виде гистограмм (рисунок 3). Отметим, что при анализе результатов термических исследований были выявлены два пика на дифференциальной термогравиметрической зависимости для образцов брезента с огнезащитной обработкой. Данный факт можно объяснить тем, что первый пик (243°C) соответствует разложению брезента (263°C), второй пик (312°C и 325°C) отражает разложение танина (340°C).

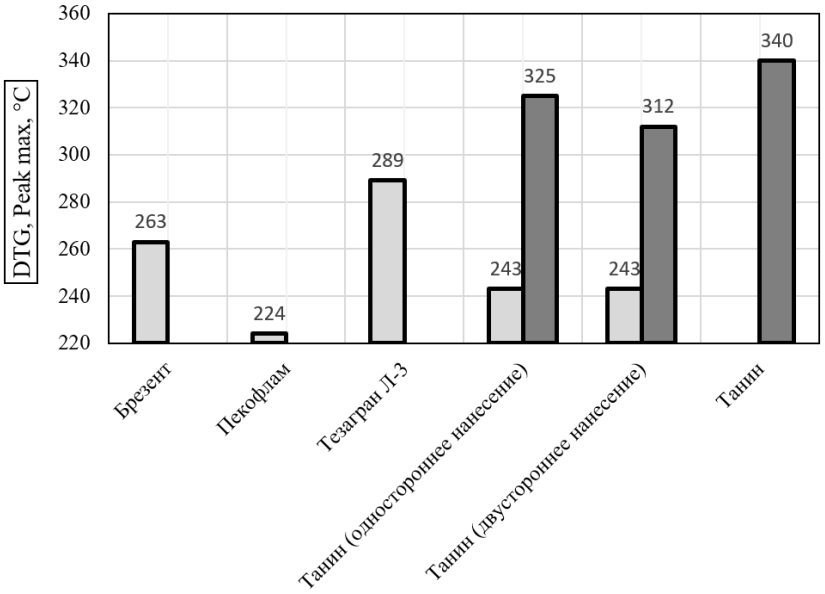


Рисунок 3 – Результаты дифференциальной термогравиметрии

Выводы

Полученные экспериментальные данные наглядно доказывают, что применение вспучивающихся огнезащитных составов на основе танина позволяет эффективно снижать пожарную опасность текстильных материалов.

Использование вспучивающихся огнезащитных составов на основе танина оказывает существенное влияние на величину показателя потери массы образца при тепловом воздействии и приводит к увеличению времени сопротивления текстильного материала источнику зажигания.

Возможными областями применения обработанных вспучивающими огнезащитными составами текстильных материалов являются тентовые и палаточные ткани, шторы и занавесы культурно-зрелищных учреждений, противопожарные шторы и противопожарные занавесы, а также другие конструктивные средства противопожарной защиты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Способы и средства огнезащиты текстильных материалов. Руководство МЧС России. – Введ. 2004-01-21. М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2004. 48 с.

2. Jian-yun Ma. Analysis on the Fire Risk Existing in the Storage of Textile Materials and Textile Goods // Procedia Engineering: Published by Elsevier Ltd. Open access under CC BY-NC-ND license. Peer-review under responsibility of School of Engineering of Sun Yat-Sun University, 2014. № 71. P. 271-275.

3. Horrocks A.R. Textile flammability research since 1980 – Personal challenges and partial solutions // Polymer Degradation and Stability, 2013. №98. P. 2813-2824.

4. Еремина Т.Ю., Гравит М.В., Дмитриева Ю.Н. Особенности и принципы построения рецептур огнезащитных вспучивающихся композиций на основе эпоксидных смол // Пожаровзрывобезопасность, 2012. №7 (Том 21). С. 52-56.

5. Коноплева М.М. Фармакогнозия: природные биологически активные вещества / М.М. Коноплева. Витебск: Витебский государственный медицинский университет, 2013. 234 с.

6. Таннины // Большая Российская энциклопедия: [в 35 т.] / под ред. Ю.С. Осипова. М.: Большая российская энциклопедия, 2016. 767 с.

7. Лоран Н.М., Циркина О.Г., Пустовалов И.А. Исследование эксплуатационных характеристик вспучивающегося огнезащитного покрытия, модифицированного углеродными наноструктурами // Современные проблемы гражданской защиты. 2020. №4. С. 104-110.

8. Шаталова Т. Б., Шляхтин О. А., Веряева Е. Методы термического анализа: методическая разработка. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2011. 72 с.

9. Спиридонова В.Г., Циркина О.Г., Никифоров А.Л., Ульева С.Н. Оценка пожароопасных свойств текстильных материалов на основе растительных волокон // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XV Международной научно-практической конференции, посвященной 30-й годовщине МЧС России. Иваново: ФГБОУ ВО ИПСА ГПС МЧС России, 2020. С. 128-132.

10. Оценка пожарной опасности текстильных материалов на основе термогравиметрических исследований / В.Г. Спиридонова, Ю.А. Молоткова, С.Н. Ульева, А.Л. Никифоров, О.Г. Циркина, А.В. Петров // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: сборник материалов VI Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 17 апреля 2019 г. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. С. 339-344.

УДК 692.175.2 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-222-224

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАСТЕРБАТЧЕЙ С РАЗЛИЧНЫМИ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМИ АГЕНТАМИ
OBTAINING AND INVESTIGATING THE EFFECTIVENESS OF MASTERBATCHES WITH VARIOUS ANTIBACTERIAL AGENTS

Миролюбова Татьяна Викторовна, Редина Людмила Васильевна, Чмутин Игорь Анатольевич
Tatyana V. Mirolyubova, LyudmilaV. Redina, Igor A. Chmutin

Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Россия, Москва
The Kosygin State University of Russia, Russia, Moscow
(e-mail: tatmir@yandex.ru, lvredina@mail.ru, tchmutin@mail.ru)

Аннотация: Рассмотрены некоторые особенности получения мастербатчей с антибактериальными агентами для производства полипропиленового нетканого материала спанбонд, используемого для медицинских масок и халатов, приведены результаты экспериментального исследования эффективности полученных мастербатчей на антибактериальную активность в лабораторных условиях.

Abstract: Some features of obtaining masterbatches with antibacterial agents for the production of polypropylene non-woven spunbond material used for medical masks and dressing gowns are considered, and the results of an experimental study of the effectiveness of the obtained masterbatches for antibacterial activity in laboratory conditions are presented.

Ключевые слова: мастербатч, нетканый материал спанбонд, антибактериальные добавки для полиолефинов, антибактериальные агенты.

Keywords: masterbatch, non-woven spunbond material, antibacterial additives for polyolefins, antibacterial agents.

За последние годы использование различных антибактериальных добавок для полимеров приобрело массовое распространение в производстве товаров медицинского назначения (раневые покрытия, катетеры, медицинский текстиль), пищевой упаковки (лотки, пленочные экструзионные материалы, вспененные подложки для мясо-молочной продукции), секторе товаров народного потребления (мешки для мусора, ковровые покрытия, подлокотники сидений для больниц, ручки тележек супермаркетов) и т.д.. В связи с ухудшением за последний год санитарно-эпидемиологической обстановки ощущается дефицит одноразовых синтетических материалов медицинского назначения, несмотря на увеличение производственных мощностей по выпуску полипропиленовых материалов типа спандбонд для создания медицинских масок и халатов, шапочек, укрывных материалов. Особенно важным аспектом становится биомодификация полимерных изделий, т.е. способность поддерживать стерильную поверхность в течение длительного времени и удлинения срока службы «одноразовых» изделий. Существует несколько способов производства полимерных материалов с бактерицидными свойствами:

- пропитка волокнистых материалов различными составами, содержащими биоактивные агенты [1];
- ламинация готовых материалов – нанесение тонких полимерных слоев, содержащих антибактериальную добавку;
- введение антимикробной добавки непосредственно в базовый полимер при производстве синтетического материала типа спанбонд в виде полимерного композиционного материала (ПКМ) – мастербатча или суперконцентрата.

Поскольку первые два способа предполагают последующие циклы обработки готового материала, что несет в себе дополнительные финансовые затраты и временные потери, по

нашему мнению, оптимальным является третий способ. Спандбонд медицинского назначения, как правило, бывает любых оттенков синего или белого цвета, т.е. уже произведен при участии мастербатча. Следовательно, введение антибактериального агента непосредственно в мастербатч для окрашивания полипропилена не только исключит дополнительные этапы обработки готового материала для придания биоцидности (пропитки или ламинации), но и существенно сократит сырьевую себестоимость готового материала. Особое внимание требуется уделять выбору антибактериального агента. Он должен быть не только совместим с другими компонентами мастербатча для окрашивания полипропиленового волокна, но и проявлять эффективность при низком содержании в составе материала, чтобы не изменять структуру уже наполненного ПКМ.

Существуют антибактериальные агенты различного биоцидного действия и природы:

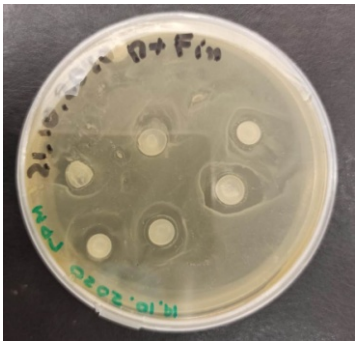
- компоненты растительного происхождения с антимикробными свойствами (бетулин, прополис, чистый цитраль или CO_2-экстракт флаведо цитрусовых плодов и пр.);
- компоненты химической природы (полигуанидины, полифосфонаты, изотиазолины и пр.);
- металлсодержащие неорганические соединения (ионы металлов, их комплексы, соединения мышьяка, оловоорганические соединения, оксиды меди, серебра и пр.) [2.3].

На базе производственной полимерной компании ООО «Полистом» были получены ПКМ в виде мастербатчей с 10% содержанием различных антибактериальных агентов, в качестве которых использовали агент растительного происхождения (производства Индии) – образец №1 и DCOIT (химический органический агент на основе хлорпроизводного изотриазолина) – образец №2. Для сравнения был получен мастербатч без антибактериального агента – образец №3.

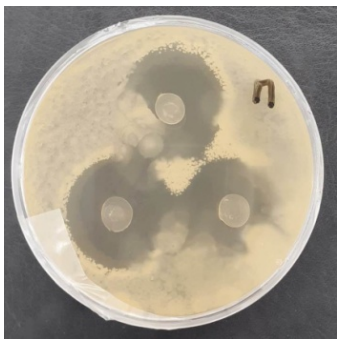
Антибактериальный агент смешивался с предварительно измельченной в порошок полимерной матрицей на высокоскоростном лабораторном смесителе LMX10-VS. Процесс производства ПКМ, модифицированного антибактериальными агентами, проводился на линии грануляции, включающей двушнековый экструдер Leistritz с целью более равномерного распределения наполнителя. Оптимальной матрицей для создания антибактериального ПКМ, был выбран ЛПЭНП (линейный полиэтилен низкой плотности) марки SABIC 500026 (ОАЭ) с высоким индексом текучести расплава (ПТР=50 г/10мин при 190°С и нагрузке 2,16 кгс) [4], что также способствовало более равномерному распределению (диспергированию) наполнителей (красящих пигментов и антибактериальных агентов) в мастербатче. Кроме того, выбор полимерной матрицы был обусловлен низкой температурой ее плавления - 120°С. Известно, что при высоких температурах некоторые антибактериальные агенты теряют свои свойства, поэтому при создании ПКМ придерживались максимально низких температур (до 140°С) на всех зонах экструдера.

Антибактериальные свойства композиционного материала оценивали стандартным методом по МУК 4.2.1890—04, который заключался в исследовании чувствительности микроорганизмов, помещенных на твердую питательную среду - мясопептонный агар (МПА). Тест-объектом служила грамм положительная спорообразующая бактерия *Bacillus subtilis*. Изучаемые образцы мастербатчей (срезы гранул диаметром 8мм и равных по массе) помещали в стерилизованные чашки Петри с предварительно засеянным газоном суточной культуры выбранного микроорганизма в питательной среде. Чашки с образцами инкубировали в термостате 24 часа при 37°С, по истечении выдержанного времени были сделаны фотографии, представленные на рисунке 1.

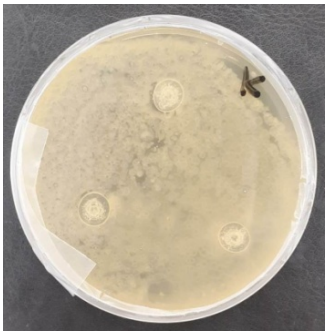
Результаты исследования антимикробной активности определялись по измерению размеров зон роста подавления бактерий и сопоставлялись с контрольными значениями, представленными в таблице 1. Сравнение происходило с контрольным образцом № 3, не содержащим какие-либо антибактериальные компоненты.



Образец №1



Образец №2



Образец №3

Рисунок 1 – Зоны подавления роста бактерий испытуемых образцов

Таблица 1 – Биоактивность и значения зон роста подавления бактерий образцов

Биоактивность	Рефренсные значения, мм	Размеры зоны подавления роста бактерий, мм		
		Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3
отсутствует	≤ 10			0
слабовыраженная	11-15	15		
выраженная	15-25			
высокая	≥ 25		30	

Как видно из представленных данных, все образцы мастербатчей имеют антибактериальную активность разной степени выраженности. Следует заметить, что образец № 2, на основе химического антибактериального агента, показал биоактивность в 2 раза выше, чем образец № 1 с агентом растительного происхождения. Кроме того, он также проявил явно-выраженную биомодификацию – устойчивую инактивацию бактерий при комнатной температуре 23°С в течение последующих 30 дней, продолжая подавлять зоны роста микроорганизмов. Таким образом, можно отметить пролонгирование эффекта антимикробной активности и сделать вывод о том, что данный мастербатч при окрашивании и биомодификации полипропиленового материала может продлить сроки эксплуатации готовых изделий из спанбонда – медицинских масок, халатов, укрывных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тарасова П. А., Кузикова И. Л., Медведева Н. Г., Асташкина О. В., Лысенко А. А. Биоактивные фильтрующие материалы на основе натуральных и синтетических волокон для средств индивидуальной защиты органов дыхания // Химические волокна. 2020. № 5. С. 21-24.

2. Чуловская А. Л., Гарасько Е. В., Кравченко Т. П. Композиционный материал на основе полипропилена с биоцидными свойствами // Успехи в химии и химической технологии. 2013. Т. XXVII. №3. С. 115-120.

3. Дмитриева А. Д., Кузьменко В. А., Одинцова Л. С., Одинцова О. И. Синтез и использование наночастиц серебра для придания текстильным материалам бактерицидных свойств // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2015. Т. 58. Вып. 8. С. 67-70.

4. Раувендаль К. Экструзия полимеров/ под ред. Малкина А. Я. – СПб: Профессия, 2010. 762 с.

УДК 677.074 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-225-227

МОЗАИЧНЫЕ МЕМБРАНЫ «ПОЛИКОН», АРМИРОВАННЫЕ ВИСКОЗНЫМ ВОЛОКНОМ
"POLYKON" MOSAIC MEMBRANES REINFORCED WITH VISCOSE FIBER

Терин Денис Владимирович*,, Цыпляев Сергей Васильевич*,**
Черкасов Владимир Владимирович*,*, Кардаш Марина Михайловна ***
Denis V. Terin*,, Sergey V. Tsyplyaev*, Vladimir V. Cherkasov*,***, Marina M. Kardash***

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., Россия, Саратов*
** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov*
(e-mail: m_kardash@mail.ru, tsiplyayev@mail.ru)
***Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Россия, Саратов*
***N.G. Chernyshevsky Saratov State University, Russia, Saratov*
(e-mail: terinden@mail.ru)
****Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Россия, Москва*
****National University of Science and Technology "MISiS", Moscow, Russia*
(e-mail: v.basenchikov@yandex.ru)

Аннотация: Рассмотрены некоторые особенности создания мозаичных мембран «Поликон», полученных по технологии «от анионита к катиониту». Приведены результаты экспериментального исследования физико-механических свойств материала как объекта ионного переноса.

Abstract: Some features of fabrication of "Polykon" mosaic membranes obtained by the "from anionite to cationite" technology are considered. The results of an experimental study of the physical and mechanical properties of a material as an object of ionic transfer are presented.

Ключевые слова: мозаичные мембраны, «от анионита к катиониту», полиамфолиты, ионообменные матрицы, композиционный материал.

Keywords: mosaic membranes, "from anionite to cationite", polyampholytes, ion exchange matrix, composite material.

Совершенствование методов ионного разделения водно-солевых растворов является значимым вопросом для решения задач пробоподготовки и повышения аналитических свойств мозаичных мембранных структур [1]. Эффективное разделение солей металлов и органических соединений по данным литературы наблюдается при диализе их растворов через дорогостоящие импортные мозаичные мембраны. Целью данной работы является экспериментальное апробирования математических моделей [2-4], описанных нами ранее, позволяющих связать условия получения, технологические параметры с физико-механическими характеристиками получаемых мозаичных мембран «Поликон». А также расширение представлений о поликонденсационных процессах синтеза и структурообразования анионо-катинообменной матрицы на поверхности и структуре химических волокон, установление закономерностей проведения синтеза и отверждения в едином технологическом цикле анионо-катионообменной матрицы на поверхности и в структуре волокон, модификацию и разработку новых композиционных гетерогенных анионо-катионообменных мембран мозаичной структуры с высокими эксплуатационными показателями.

Мозаичные мембраны «Поликон» получали на вискозной волокнистой основе методом поликондесационного наполнения, при этом первоначально формировали анионитовую

матрицу оставляя на волокнистой основе свободное пространство для последующего формирования катионитовой матрицы (рис.1).

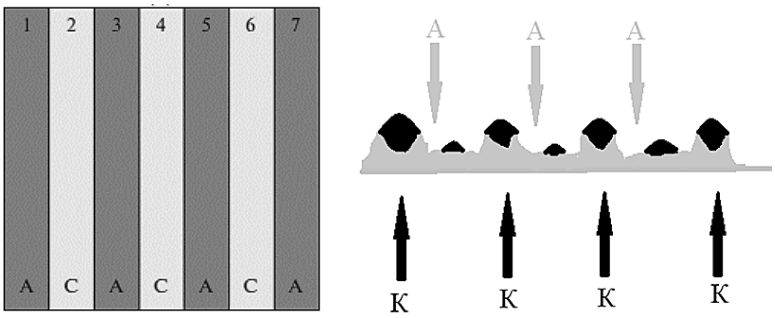


Рисунок 1 – Морфологическая особенность технологии получения мозаичных мембран «от анионита к катиониту»

Полученные образцы исследовались на термогравиметрическом анализаторе TGA Q500 и динамическом термомеханическом анализаторе DMA Q800 в различных режимах деформации (сжатие, растяжение) и температур. Для образцов, которые исследовались только на динамическом-механическом анализаторе скорость нагрева - 8°С/мин, начальная и конечная точки температуры: ~25-30°С и 90°С соответственно, различия эксперимента определялись временем выдержки образцов в деионизированной воде (60 с и 24 ч) и силе постоянной растягивающей нагрузки (1,5 Н). Во втором эксперименте образцы исследовались параллельно, на двух установках одновременно. Целью было нахождение зависимости деформации, от содержания воды в катионитовых и анионитовых фрагментах мембран. Скорость нагрева 10°/мин, максимальная температура ~100 °С. Время вымачивания составило 1-3 с и 24 ч. Растягивающая нагрузка для всех образцов была одинаковой - 1,5 и 3Н. При достижении максимальной температуры ~100°С образцы выдерживались при изотерме (аналогично и для динамического механического анализатора при постоянной нагрузке) в течение 15 минут.

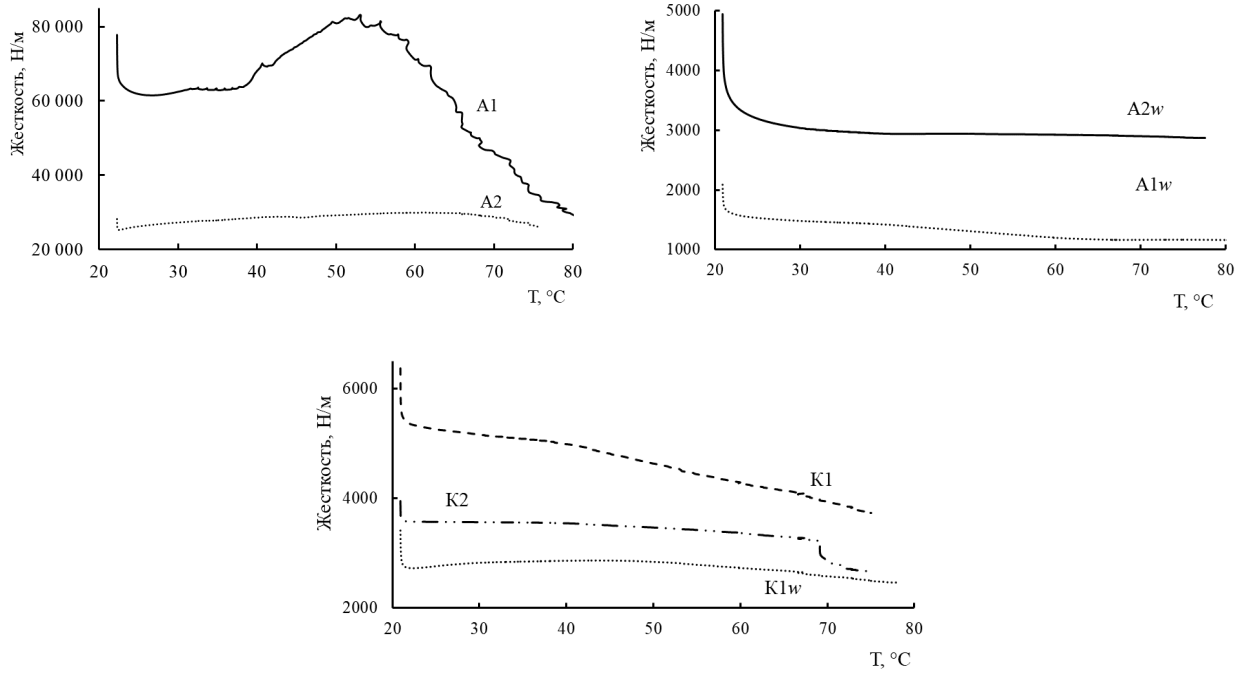


Рисунок 2 – Температурная зависимости жесткости (Н/м) для сухих и влажных (*w*) анионитовых (А) и катионитовых (К) фрагментов мембран при постоянной растягивающей нагрузке 1,5 Н

По термогравиметрическим кривым определяли влагосодержание (мг) в мембране (таблица 1).

Таблица 1 – Термогравиметрические точки

Влагосодержание		m_{max}, мг	m_{min}, мг	$m_{воды}$, мг
А→К	К3 при 1,5 Н	27,94	8,594	19,35
	К2 при 3 Н	25,04	5,96	19,09
	А6 при 1,5 Н	22,11	6,243	15,87
	А4 при 3 Н	16,02	5,5	10,51

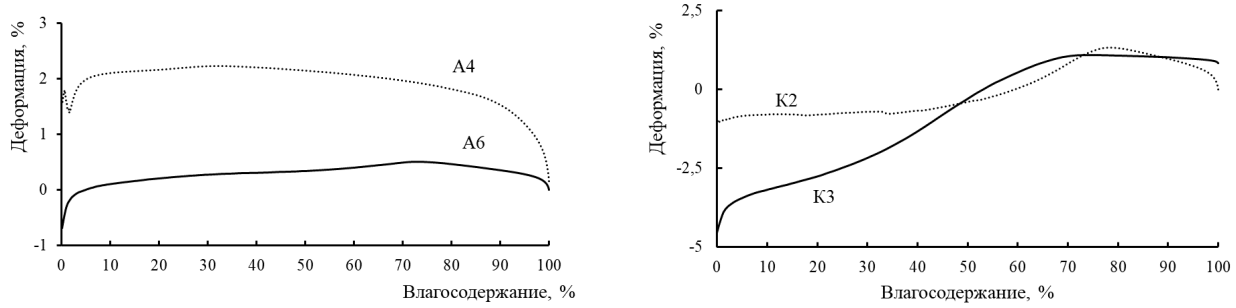


Рисунок 3 – Влияние влагосодержания на деформацию анионитовых и катионитовых фрагментов мембран при постоянной внешней растягивающей нагрузке, Н: А4 -3, А6 -1,5; К2-3, К3-1,5

Обнаружено, что анионитовые фрагменты мембран при возрастании рабочей температуры и влагосодержания наименее склонны к экстремальной деформации, катионитовые фрагменты проявляют первоначально склонность к «сжатию» и при постепенном увеличении влагосодержания и рабочей температуры начинает превалировать растяжение.

Выводы

Рассмотрены некоторые особенности создания мозаичных мембран «Поликон», полученных по технологии «от анионита к катиониту». Приведены результаты экспериментального исследования физико-механических свойств материала как объекта ионного переноса. Экспериментально апробированы математические модели [2-4], описанных нами ранее, позволяющие связать условия получения - технологические параметры - физико-механические характеристики получаемых мозаичных мембран «Поликон».

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-08-00721 А

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mohammadi A. H., Richon D. Methane hydrate phase equilibrium in the presence of salt (NaCl, KCl, or $CaCl_2$) + ethylene glycol or salt (NaCl, KCl, or $CaCl_2$) + methanol aqueous solution: Experimental determination of dissociation condition / J.Chem. Thermodynamics. 2009. V. 41. P. 1374-1377.

2. Кардаш М.М., Терин Д.В. Поиск технологического инварианта и эволюция «структура-свойства» материалов «Поликон» / Мембраны и мембранные технологии. 2016. Т. 6. № 2. С.152-160.

3. Terin D.V., Kardash M. M., Druzhinina T.V., Tsyplyaev S.V. Effect of structural heterogeneity of “Polikon” mosaic materials on their properties //Membranes and Membrane Technologies. 2019. V. 1. N.5. P. 323-330.

4. Терин Д.В., Кардаш М.М., Дружинина Т.В., Цыпляев С.В. Латерально-мозаичные композиционные материалы «Поликон» на основе химических волокон и ионитовых матриц//Химические волокна. 2019. №4. С.20-21.

УДК 536.23.54 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-228-229

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО НАНОПОРОШКА НА ПОВЕДЕНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВА ВОДЫ
INFLUENCE OF THERMAL NANOPOWDER ON THE BEHAVIOR OF ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF WATER

Сафаров Махмадали Махмадиевич*, Норов Зафар Юлдошевич*, Тиллоева Тахмина Рустамовна*, Зарипова Мохира Абдусаломовна***
Mahmadali M. Safarov*, Zafar U.Norov, Tahmina R. Tilloeva***, Mohira A.Zaripova***

**Таджикский технический университет имени акад. М.С.Осими, Душанбе, Таджикистан*
**Tajik technical university by named akad.M.S.Osimi,Dushanbe,Tajikistan*
(e-mail:mahmad1@list.ru, mohira@list.ru)
***Таджикский государственный педагогический университет им. С. Айни, Душанбе, Таджикистан*
***Tajik developmad pedagogical university named S.Aini, Dushanbe,Tajikistan*
(e-mail:zafar@mail.ru)
****Филиал НИУ МЭИ в г. Душанбе, Душанбе, Таджикистан*
**** Branch of NIU MEI in Dusanbe sity, Tajikistan*
(e-mail:tahmina17@mail.ru)

Аннотация: В статье приводится результаты экспериментального исследование электропроводности и удельной сопротивления наножидкостей системы вода и наноразмерной пентаэласт в интервале температуры (293-473)К и давлений (0.101-29.32)МПа. Для изме-рения электропроводности исследуемых наножидкостей воды с ТНП использована потенциометрическом метод. Общая относительная погрешность измерения электропроводность при доверительной вероятности 0,95 составляет 2,5%.

Abstracts: The article presents the results of an experimental study of the electrical conductivity and resistivity of nanofluids of the water and nanosized pentaelast system in the temperature range (293-473) K and pressures (0.101-29.32) MPa. To measure the electrical conductivity of the investigated nanofluids of water with TNP, a potentiometric method was used. The total relative error in measuring electrical conductivity at a confidence level of 0.95 is 2.5%.

Ключевые слова: вода, термический нанопорошок, температура, давления, концентрации наночастиц.

Key words: water, thermal nanopowder, temperature, pressure, concentration of nanoparticles.

Уровень развития промышленности характеризуется не только объемом произ-водства и ассортиментом выпускаемой продукции, но и показателями ее качества. Показа-телями качества продукции в числе других технических характеристик являются и их электрофизические свойств. Для совершенствования и оптимизации технологических процессов необходимы научно обоснованные инженерные расчеты, которые нуждаются в информации о электрофизических свойства рабочего вещества в широкой области изменения параметров состояния. Использование ориентировочных или даже приближенных данных по свойствам веществ в инженерных расчетах приводит к существенному завышению металлоемкости установок и снижению их технико-экономических показателей.

В связи с этим, дальнейшее уточнение электрофизических и кинетических данных рабочих веществ, представляет собой значительный резерв совершенствования технологического процесса.

В данном случае при растворении герметика в воде (дистиллированная, водопроводная и антифриз), меняется электрофизические свойства теплоносителя. Исследования электрофизических свойств растворов системы воды и герметика (ТНП), в зависимости от

температуры и давления, имеют большое научное и практическое значение и относятся к числу основных физико-химических величин, характеризующих свойства жидкостей, растворов и входящих в качестве основных параметров, в уравнения гидродинамики и теплообмена при расчетах и проектировании процессов и аппаратов.

Появился целый ряд новых технологических процессов, протекающих при высоких температурах и давлении, что послужило основанием для совершенствования и интенси-фикации ранее существующих процессов, применяемых в химической, топливной, маши-ностроительной и других отраслях. Для измерения электропроводности растворов системы термического порошка и воды нами было использована, метод плоского конденсатора разра-ботанный и запатентованы нами в Патетном отделе Республики Таджикистан и потенцио-метрическом метод. Общая относительная погрешность измерения электропроводность при доверительной вероятности 0,95 составляет 2,5%. Установка в основном состоит из плос-кого конденсатора наноамперволтметр и другие. В статье приводится результаты экспери-ментального исследование электропроводности и удельной сопротивления наножидкостей системы вода и наноразмерной пентаэласт в интервале температуры (293-473)К и давлений (0.101-29.32)МПа. Используя экспериментальные данные по удельной электросопротивле-ния и электропроводности растворов и закон подобия нами получен эмпирические урав-нения и корреляционные зависимости связывающие между этими электрическими свойст-вами.

Выводы.

Установлено, что добавки термического нанопорошка (пентаэласт) в воде изменяет их электропроводности. Электропроводность исследуемых растворов также завысить от температуры и концентрации напольнителей. Повышение давление приводит к увеличения электропроводности исследуемых растворов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сафаров, М.М., Анакулов М.М.* Зависимость электропроводности теплоносителей от тем-пературы и концентрации углеродных нанотрубок. Мониторинг. Наука и технологии. 2013. № 2 (15). -С. 87-93.

2. *Anakulov, M.M., Zaripov J.A., Nazirov Sh.M., Zaripova M.A., Safarov M.M.*The use of the ther-mal and optical properties of an antifreeze + graphite powder system to calculate the efficiency of solar collectors. Measurement Techniques. 2012. Т. 55. № 6. -С. 681-686.

3. *Tilloeva, T.R., Dzhuraev D.S., Tagoev S.A., Zoirov Kh.A., Zaripova M.A., Safarov M.M.The* thermal diffusivity of a colloidal solution of nanosilver as a function of the pressure at room temperature/Measurement Techniques. 2012. Т. 55. № 3. -Р. 316-320.

4. *Сафаров, М.М., Давлатов Н.Б., Маниш И.Б., Зарипова М.А., Тиллоева Т.Р.* Влияние фул-лерена C_{60}, C_{70}, нанокристаллической меди на изменение теплопроводности и температуро-проводности жидкого гидразина в широком интервале параметров состояния. Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 19.- С. 60-63.

5. *Сафаров, М.М., Тиллоева Т.Р., Зарипова М.А., Назруллоев А.С.* Расчет коэффициента ак-тивности бинарных и тернарных жидкостей/Вестник Казанского технологического уни-верситета. 2014. Т. 17. № 20. -С. 61-64.

6. *Анакулов, М.М., Сафаров М.М., Рахимов С.Т., Олимов С.Т., Пирмадов М.Д.* Влияние гра-фитового порошка на изменение электропроводности водного раствора этиленгликоля 45 (антифриз) в зависимости от температуры. Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2020. № 1 (49). -С. 14-16.

УДК [547.856.1+546.7]:628.543 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-230-232

НАПРАВЛЕННЫЙ СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ АЗОКРАСИТЕЛЕЙ, ОБЛАДАЮЩИХ ВЫРАЖЕННОЙ СОРБЦИОННОЙ АКТИВНОСТЬЮ
TARGETED SYNTHESIS AND STUDY OF THE PROPERTIES OF AZO DYES WITH EXPRESSED SORPTION ACTIVITY

Селезнев Владислав Сергеевич, Исаева Татьяна Александровна, Кобраков Константин Иванович
Vladislav S. Seleznev, Tatiana A. Isaeva, Konstantin I. Kobrakov

Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Россия, Москва
The Kosygin State University of Russia, Russia, Moscow
(e-mail: sinntezz@mail.ru, tanya.isaeva7@yandex.ru, kobrakov-ki@rguk.ru)

Аннотация: Разработаны методы синтеза и изучены некоторые свойства водонерастворимых (дисперсных) и водорастворимых (кислотных) красителей, обладающих выраженными хелаторными свойствами. Предложены пути практического использования сорбционные активности красителей.

Abstract: Methods of synthesis have been developed and some properties of water-insoluble (dispersed) and water-soluble (acidic) dyes with pronounced chelating properties have been studied. Ways of practical use of the sorption activity of dyes are proposed.

Ключевые слова: азокрасители, сорбционная активность, хемосорбенты, очистка сточных вод, ионы тяжелых металлов.

Key words: azo dyes, sorption activity, chemisorbents, waste water treatment, heavy metal ions.

Свойство многих азосоединений комплексно связывать ионы некоторых металлов давно и успешно используется для получения так называемых металлосодержащих красителей [1].

При образовании комплекса происходит, как правило, изменение или углубление цвета красителя, металлосодержащие красители обеспечивают повышенную устойчивость окраски к действию света, стирки и т.д.

Однако способность органического соединения образовывать комплексы с ионами металлов обуславливает и некоторые другие важные в практическом отношении свойства: биологическая активность, связанная с участием комплексообразователей в металло–лигандном гомеостазе [2], способность волокон и тканей окрашенных красителями, имеющими в структуре молекулы хелатофорные группы хемосорбировать ионы металлов из технологических стоков или экстрактов растительного сырья, т.е. выполнять роль элементов фильтрующих устройств [3].

Ранее нами был разработан подход к синтезу красители, обладающих фунгицидной активностью, основанный на поэтапном синтезе хромофорных и биофорных элементов структуры красителя [4].

Представляется интересным и перспективным исследовать возможность использования аналогичного подхода и для синтеза хелатофорных (сорбционно–активных) красителей.

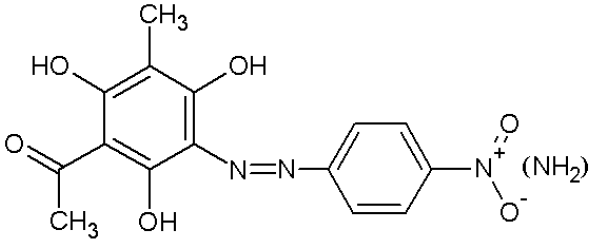
В опубликованных ранее работах мы сообщали, что азопроизводные 2,4,6-тригидрокситолуола (ТГТ) и 1,3,5–тригидроксибензола (ТГБ) образуют в растворах комплексные соединения с ионами ряда металлов: Cu^{2+}, Co^{2+}, Cd^{2+}, Cr^{3+} и др. [5, 7]. Комплексообразующие свойства азопроизводных ТГТ и ТГБ могут быть модифицированны

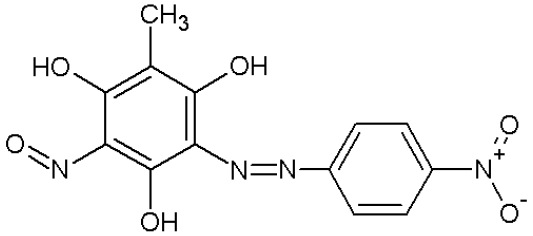
введением в структуру азо– или диазосоставляющей электронноизбыточных групп, например: =N–, O=C< , –N=O, >C=N–OR и др.

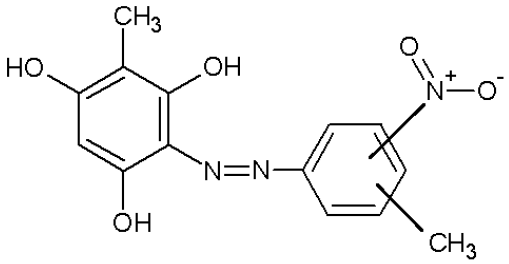
В зависимости от конкретной задачи алгоритм синтеза сорбционно–активных красителей может включать первоначальное создание хромофорной системы, а затем хелатофорной, однако возможен и обратный порядок.

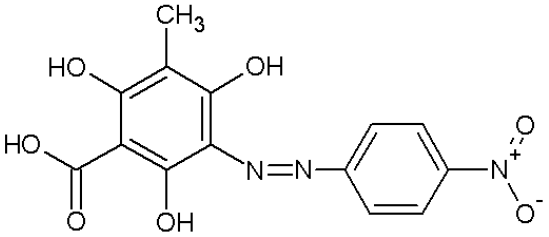
В настоящей работе изучены методы получения сорбционно–активных дисперсных (водонерастворимых) и кислотных (водорастворимых) красителей.

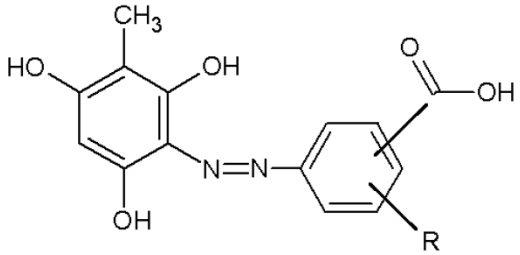
Структуные формулы некоторых красителей, синтезированных и изученных в настоящей работе приведены ниже:

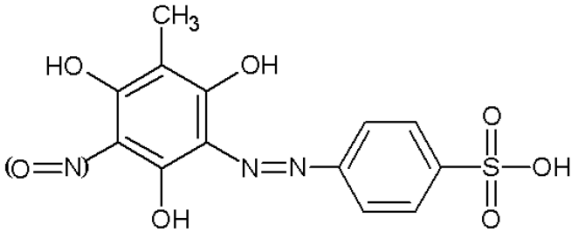












Изучено взаимодействия полученных азопроизводных с ионами ряда металлов в водно–спиртовых растворах и рассчитаны составы и константы устойчивости образующихся комплексов.

Проведено крашение поликапроамидной и шерстяной ткани синтезированными красителями, изучена устойчивость окраски образцов к действию различных физико-химических факторов.

Исследована эффективность извлечения окрашенными образцами ткани ионов меди, хрома, кобальта, железа из водных растворов соответствующих солей.

По исходной и остаточной концентрации катионов металлов, определённой методом атомно-адсорбционной спектроскопии и степени «металлизации», определённой по изменению колористических свойств окрашенной ткани сделаны выводы о хемосорбционных свойствах окрашенных образцов ткани. Установлено, что в зависимости от типа металла и строение красителя степень хемосорбции лежит в пределах 50 – 90 %.

Полученные результаты позволяют предложить синтезированные красители и окрашенные ими ткани в качестве:

- хеморбентов для удаления катионов тяжелых металлов из водных растворов;
- эффективных элементов фильтровальных устройств для механической и хемосорбционной очистки сточных вод.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Степанов Б.И.* Введение в химию и технологию органических красителей. М.: Химия, 1971, 448 с.

2. *Карцев В.Г.* Концепция молекулярных механизмов действия гетерофункциональных пестицидов, как лигандно активных агентов // Сб. материалов Всесоюзной конференции. Химия и технология пиридинсодержащих пестицидов. Черноголовка, отделение ИХФ АН СССР, 1988. С. 9-44.

3. *Волянский О.В.* Комплексные соединения переходных металлов с новыми карбо (гетеро) циклическими хелатирующими лигандами. Синтез, строение, свойства. Дис. … д-р. хим. наук. М.: МГУДТ, 2017. 274 с.

4. *Кузнецов Д.Н.* Разработка методов синтеза и исследование свойств биоцидных гетарилсодержащих азосоединений: дис. … канд. хим. наук: 02.00.03. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2011. 192 с.

5. *A.T. Amangdam, O.V. Kovalchukova, S.B. Strashnova, P.V. Strashnov, E.P. Romashkina, O.V. Volyansky*. Experimental and Theoretical Investigations of Complex Formation of Substituted Phenylazo-Derivatives of Methylphloroglucinol // Journal of Advances in Chemistry. 2013. Vol. 4. № 1. P. 295-300.

6. *Е.П. Ромашкина, О.В. Волянский, П.В. Страшнов, В.А. Акилова, О.В. Ковальчукова, С.Б. Страшнова, К.И. Кобраков.* Изучение процессов комплексообразования d-металлов с азокрасителями на основе метилфлороглюцина // Тез. докладов XIX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии, Волгоград, 2011. С. 357.

7. *Ковальчукова О.В., Страшнова С.Б., Страшнов П.В., Ромашкина Е.П., Волянский О.В., Кобраков К.И.* Особенности координационной химии полифункциональных азотсодержащих гетероароматических гидроксисоединений // Бутлеровские сообщения. 2011. Т. 24. № 1. С. 76-83.

УДК 536.23.54 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-233-234

ВЛИЯНИЕ НАНОРАЗМЕРНОГО ДИОКСИДА ТИТАНА НА ИЗМЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ТОЛУОЛА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ
INFLUENCE OF NANOSIZED TITANIUM DIOXIDE ON CHANGE IN DENSITY OF TOLUENE DEPENDING ON TEMPERATURE AND PRESSURE

Сафаров Махмадали Махмадиевич*, Джабборзода Матлаби,**
Махмадиев Бахтиер Махмадалиевич**
Mahmadali M. Safarov*, Matlabi Jabborzoda, Bakhtier M. Makhmadiev**

**Таджикский технический университет имени акад. М.С.Осими, Душанбе, Таджикистан*
**Tajik technical university by named akad.M.S.Osimi, Dushanbe, Tajikistan*
(e-mail:mahmad1@list.ru)
***Таджикский государственный педагогический университет им. С. Айни, Душанбе, Таджикистан*
***Tajik developmad pedagogical university named S.Aini, Dushanbe, Tajikistan*
(e-mail: matlab@mail.ru)

Аннотация: В статье приводится результаты экспериментального исследования плотности наножидкостей системы толуол и наноразмерной диоксид титана (с эффектами памяти) в интервале температуры (293-560)К и давлений (0.101-49,01)МПа. Для измерения плотности исследуемых наножидкостей толуола и оксидов титана использован метод гидростатического взвешивания. Общая относительная погрешность измерения плотности при доверительной вероятности 95% составляет 0,1%.

Abstract: The article presents the results of an experimental study of the density of nanofluids of the toluene system and nanosized titanium dioxide (with memory effects) in the temperature range (293-560) K and pressures (0.101-49.01) MPa. To measure the density of the investigated nanofluids of toluene and titanium oxides (with memory effects), the method of hydrostatic weighing was used. The total relative error of density measurement at a confidence level of 95% is 0.1%.

Ключевые слова: толуол, эффект памяти, наноразмерный диоксид титана, метод гидростатического взвешивания.

Keywords: toluene, shape memory, nanosize, titanium dioxide, hydrostatic weighin.

Уровень развития промышленности характеризуется не только объемом производства и ассортиментом выпускаемой продукции, но и показателями ее качества. Показателями качества продукции в числе других технических характеристик являются и их термодинамические свойства.

Для совершенствования и оптимизации технологических процессов необходимы научно обоснованные инженерные расчеты, которые нуждаются в информации плотности рабочего вещества в широкой области изменения параметров состояния. Использование ориентировочных или даже прибли-женных данных по свойствам веществ в инженерных расчетах приводит к существенному завышению металлоемкости установок и снижению их технико-экономических показателей.

Исследована плотность наножидкостей системы толуол и наноразмерной диоксид титана (с эффектами памяти) в интервале температуры (293-560)К и давлений (0.101-49,01) МПа. Для измерения плотности исследуемых наножидкостей толуола и оксиды титана использован метод гидростатического взвешивания (на установке профессора Гусейнова К.Д.). Установлено, что с повышением массовой концентрации наноразмерных оксидов (диоксида титана) в толуоле плотность их коллоидных растворов растет по экспоненциальному закону. Общая относительная погрешность измерения плотности при доверительной вероятности 95% составила 0,1%. Ранее нами была изучена плотность

различных коллоидных и кластерных наножидкостей на основе углеродосодержащих жидкостей. Результаты приведены в работах [1-10].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алтунин В.А., Давлатов Н.Б., Зарипова М.А., Сафаров М.М., Алиев И.Н., Яновская М.Л. Экспериментальное исследование теплофизических свойств жидкого чистого гидразина при различных температурах и давлениях. Инженерный журнал: наука и инновации. 2019. № 10 (94). С. 5.

2. Алтунин В.А., Давлатов Н.Б., Зарипова М.А., Сафаров М.М., Алиев И.Н., Яновская М.Л.Экспериментальное исследование плотности и теплоёмкости жидкого чистого гидразина / Инженерный журнал: наука и инновации. 2019. № 11 (95). С. 7.

3. Джураев Х.Ш., Асомиддинов З.Ш., Сафаров М.М., Умаров А.Н. Определение тепло-проводности некоторых жидких растворов с помощью математической модели явления переноса тепла. Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 1. С. 19-22.

4. Сафаров М.М., Гуломов М.М., Давлатов Р.Д., Хакимов Д.Ш., Рафиев С.С., Раджабов А. Р., Хасанова С.С., Раджабова Д.Ш., Ойматова Х.Х., Хусайнов З.К. Анализ применимости уравнения типа Тэйта к различным классам веществ в конденсированном состоянии на примере плотности. ii. вычисление плотности. Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. 2018. № 2. С. 92-99.

5. Раджабов А.Р., Сафаров М.М., Хакимов Д.Ш., Давлатов Р.Д. Плотность системы "касторовое масло" в зависимости от концентрации бензола при атмосферном давлении и комнатной температуре. Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. 2018. № 4. С. 76-83

6. Гуломов М.М., Ойматова Х.Х., Сафаров Ш.Р., Сафаров М.М. Комплексное определение термодинамических и калорических величин наножидкостей системы жидкого ди-этилового эфира и ОУНТ. Вестник Филиала Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в городе Душанбе. 2018. Т. 2. № 1. С. 86-94.

7. Тургунбаев М.Т., Сафаров М.М., Зарипова М.А., Хусайнов З.К., Сафаров Ш.Р., Муха-мадали К. Модель расчета калорических свойств водных растворов диметилгидразина при высоких температурах и давлениях. В сборнике: Информационные технологии в управлении и моделировании мехатронных систем. материалы 1-й научно-практической международной конференции. 2017. С. 408-412.

8. Тагоев С.А., Сафаров М.М., Зоиров Х.А. Вязкость и плотность хлопкового масла в зави-симости от температуры. В книге: Проблемы тепломассообмена и гидродинамики в энергомашиностроении. Материалы X школы-семинара молодых ученых и специалистов академика РАН В.Е.Алемасова. 2016. С. 227-228.

9. Сафаров М.М., Зарипова М.А., Гортышов Ю.Ф., Едалиева З.Н., Тиллоева Т.Р.

Влияние порошка композита CdSb-NiSb2 на изменение плотности несимметричного диме-тилгидразина при различных температурах и давлениях. Вестник Казанского государст-венного технического университета им. А.Н. Туполева. 2016. Т. 72. № 3. С. 23-27.

10. Сияхаков С.М., Сафаров М.М. Исследование плотности подсолнечного масла от концентрации n - гексана. Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. 2016. № 1-4 (216). С. 261-265.

УДК 536.23

REACTIVE ADSORPTION DESULFURIZATION COUPLING OLEFINS AROMATIZATION IN FCC GASOLINE UPGRADING PROCESS

Huanhuan Yang, Gang Wang

State Key Laboratory of Heavy Oil Processing, China University of Petroleum, Beijing, People's Republic of China
(e-mail: Gangwang@cup.edu.cn)

Abstract: The reactive adsorption desulfurization process is widely used in catalytic cracking gasoline to produce clean gasoline. However the olefin molecules will be saturated by hydrogenation during the process resulting 1-1.5 units of octane number loss. To solve this problem, we propose to introduce aromatization catalysts in the RADS process. The olefins are converted into high-octane aromatics through aromatization. On the one hand, the aromatization of olefins can reduce the hydrogenation saturation reaction of olefins, and on the other hand, the high-octane aromatics produced can also make up for part of the loss of octane number caused by olefins hydrogenation saturation.

ZSM-5 molecular sieve has good aromatization selectivity due to its suitable pores and acid properties. We choose to add part of ZSM-5 molecular sieve as aromatization assistant in the process of reactive adsorption desulfurization. However, although the introduction of ZSM-5 molecular sieve can increase the aromatization reaction of olefins in the desulfurization process, the acidity of ZSM-5 molecular sieve will also lead to cracking of the components in gasoline, generating part of dry gas and liquefied gas which will lead to the loss of product liquid yield. Therefore, we must screen out the ZSM-5 molecular sieve with high aromatization selectivity and low cracking activity.

For this reason, we compared the aromatization reaction performance of ZSM-5 molecular sieves with different silicon-to-aluminum ratios under RADS conditions. By comparing the yield of cracked gas and aromatics, we selected ZSM-5 molecular sieve with a silicon-to-aluminum ratio of 50 as our aromatization assistant.

However, the ZSM-5 molecular sieve with a silicon-to-aluminum ratio of 50 still has the disadvantages of too high cracking activity and aromatization selectivity to be improved. As we all know, The aromatization activity and cracking activity of ZSM-5 molecular sieve are mainly affected by the content of B acid and L acid in the molecular sieve. Excessive B acid content will lead to too strong cracking activity of molecular sieve , more L acid will lead to the increase of molecular sieve dehydrogenation reaction activity finally cause the increase of aromatization selectivity.

Hydrothermal treatment was a very effective dealumination method and reduce the acidic amount so it is very effective in reducing the cracking activity of molecular sieve. We used different hydrothermal treatment temperature for the molecular sieve with a silicon-to-aluminum ratio of 50 to investigate the reaction effect after hydrothermal treatment. By comparing the yield of cracked gas and aromatics, we selected the best treatment condition which the space velocity injecting water is 2h-1, the processing temperature is 500 degrees Celsius, and the processing time is 4 hours.

Besides, to increase aromatization selectivity we introduced Zn to increase the L acid center of the ZSM-5 molecular sieve. The maintenance of appropriate B acid and L acid distribution greatly improved the aromatization stability and reduced cracking activity.

A certain proportion of hydrothermal and metal supported ZSM-5 molecular sieve, zinc oxide, and gamma alumina are mixed and beaten to form a pellet as an aromatization catalyst. Finally, we added 10% mass fraction of aromatization co-catalyst to RADS, by adjusting the reaction temperature, reaction pressure, reaction space velocity and other operating conditions, the most effective reaction conditions for product gasoline upgrading without affecting the desulfurization effect are obtained.

Keywords: RADS; aromatization; ZSM-5; reaction conditions

КРУГЛЫЕ СТОЛЫ
«СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРЕПОДАВАНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ДИСЦИПЛИН В ТЕХНИЧЕСКИХ УНИВЕРСИТЕТАХ РОССИИ, КИТАЯ И ДРУГИХ СТРАН»

УДК 001.83 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-236-240

НАУЧНЫЕ И ИНЖЕНЕРНЫЕ ШКОЛЫ КАК СРЕДА, СОЗДАЮЩАЯ И РЕАЛИЗУЮЩАЯ КОНКУРЕНТНЫЕ ПРОЕКТЫ И ФОРМИРУЮЩАЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СТРАНЫ
SCIENTIFIC AND ENGINEERING SCHOOLS AS AN ENVIRONMENT THAT CREATES AND IMPLEMENTS COMPETITIVE PROJECTS AND FORMS THE INTELLECTUAL POTENTIAL OF THE COUNTRY

Друкаренко Сергей Петрович, Воробьева Мария Вячеславовна
Sergei P. Drukarenko, Maria V. Vorobeva

Международный и Российский союзы научных и инженерных общественных объединений, Россия, Москва
International and Russian Unions of scientific and engineering associations, Russia, Moscow
(e-mail: usea1866@gmail.com)

Аннотация: Рассмотрены вопросы повышения конкурентоспособности страны и ее интеллектуального потенциала путем поддержки отечественных научных и инженерных школ

Abstract: The article addresses issues of improving the country's competitiveness and its intellectual potential by supporting domestic scientific and engineering schools

Ключевые слова: научные и инженерные школы, повышение конкурентоспособности страны, интеллектуальный потенциал, Русское техническое общество

Keywords: scientific and engineering schools, improving the country's competitiveness, intellectual potential, Russian Technical Society

В условиях глобальной конкуренции и стремления удерживать лидерство в научно-технологическом развитии стране особенно нужны образованные, талантливые научные и инженерные кадры. Президент Российской Федерации В.В. Путин отметил: «Сегодня важнейшим конкурентным преимуществом являются знания, технологии, компетенции. Это ключ к настоящему прорыву, к повышению качества жизни».

Имеющийся интеллектуальный потенциал, высокий уровень развития науки и технологий во всем мире рассматривается как важнейший ресурс экономики и общества, приоритет государства, основа конкурентоспособности страны. Советский Союз по праву гордился выдающимися научными достижениями, которые обеспечивались, в том числе активной работой разветвленной сети научных организаций, поддерживаемых государством. Отечественная научная и инженерная школы эффективно решали задачи социально-экономического развития и обеспечения безопасности страны, внесли существенный вклад в накопление человечеством научных знаний и создание передовых технологий.

После распада Советского Союза Россия постепенно начала терять позиции государства, имеющего в своем распоряжении самые современные технологии. Причинами этого стало то, что приоритетом экономического развития страны была объявлена ориентация экономики страны преимущественно на нефтегазовую отрасль и экспорт сырья.

И сейчас мы имеем ситуацию, что Россия значительно уступает сейчас развитым странам, и зависит от них в части приобретения оборудования, материалов и технологий.

Воспроизводство экспортно-ориентированной сырьевой модели экономики не в состоянии обеспечивать не только в долгосрочной, но и в краткосрочной перспективе экономический рост и удовлетворение потребностей населения.

В современном мире именно технологии и связанное с ними производство и определяют современную цивилизацию и расстановку сил на планете.

В XX веке научно-технический прогресс и развитие практически всех направлений техники и технологий, в первую очередь, были связаны с необходимостью создания новых типов вооружения с целью опережения потенциального противника.

В нашей стране самые передовые технологии традиционно сосредотачивались именно на предприятиях, выпускающих вооружение и военную технику, формировались инженерно-конструкторские школы.

В настоящее время оборонно-промышленный комплекс в России остается лидером по производимой наукоемкой продукции и по численности научных сотрудников [1]. Это во многом обусловлено тем, что новые оборонные технологии и разработки всегда наиболее востребованы и довольно быстро окупаются.

И в перспективе для нашей страны важно уделять приоритетное внимание поддержке научных и инженерных школ, обеспечивающих создание оборудования и технологий двойного назначения.

Как свидетельствует история науки, научные и инженерные школы являются особыми формами для производства конкурентоспособной продукции и передачи знаний.

Научная школа как явление, известно с древнейших времен (научные школы Платона, Аристотеля и т.д.). Но изучать это явление стали сравнительно недавно, в 1960-1970-е гг. [2, 3].

Многовековая практика существования научных школ в мире доказала свою эффективность как формы организации коллективного научного творчества, а также как средства распространения научных знаний, передачи навыков и методов научно-исследовательской работы и подготовки авангардных исследователей к осознанию их общего эффективного влияния на научно-технический прогресс и научное развитие.

Среди различных подходов к определению понятия и классификации видов научных школ можно выделить следующие:

научная школа как направление в науке - объединяет как отдельных ученых, так и исследовательские коллективы, стоящие на общих научных позициях, не связанные единым местом и временем пребывания, действующим лидером или группой ведущих ученых.

научно-образовательная школа - система передачи знаний, существующая, как правило, на базе вузов (МГТУ им. Н.Э.Баумана, НИЯУ МИФИ).

научная школа как производственная система - существующий в течение длительного времени исследовательский коллектив, совместно разрабатывающий единую исследовательскую программу (школа И.М. Сеченова в физиологии, школа А.Н. Туполева в авиастроении, школа С.П. Королева в ракетостроении).

научно-исследовательская школа – как исследовательская организация, доказавшая свою способность обеспечить условия для формирования ученых, внесших значительный вклад в развитие науки (Кавендишская лаборатория Кембриджа (Дж. Максвелл, Дж. Томпсон, Э. Резерфорд, Н. Бор и др.); Франкфуртская школа на базе Института социальных исследований (Т. Адорно, Г. Маркузе, Э. Фромм, Ф. Поллак и др.) [4].

Научная школа - это открытая саморазвивающаяся система, неформальное сообщество исследователей, объединенных авторитетным лидером на основе общности интересов, системы научных идей и взглядов, ценностей, научных методов (исследовательских парадигм), создающих определенную традицию, стремящихся к решению научных проблем и становящихся ядром научного сообщества.

Научная школа является средой, в которой существуют условия для:

— личностного и профессионального развития ее субъектов, их коммуникации;

— освоения культуры получения, хранения, отбора, воспроизведения, преобразования и передачи информации;

— развития творческого мышления, способности глобального видения проблемы, а также способностей прогнозирования и моделирования результатов исследовательской деятельности;

— развития научного мышления, способностей моделирования и прогнозирования результатов собственной научной деятельности;

— усвоения этических ценностей академического сообщества.

Научная школа - это среда, создающая и реализующая конкурентные на международном уровне проекты и формирующая интеллектуальный потенциал страны.

С 1995 года в России действует программа поддержки ведущих научных школ России. Программа была запущена постановлением Правительства Российской Федерации «О грантах Президента Российской Федерации для поддержки научных исследований молодых российских ученых – докторов наук и государственной поддержки ведущих научных школ Российской Федерации» (№ 633 от 23 мая 1996 г.). В 2003 г. программа была передана из ведения РФФИ в Министерство науки. Ответственность за экспертизу была возложена на РИНКЦЭ. Гранты на поддержку научных школ выделяются на 2-летний срок для финансирования расходов на проведение фундаментальных и прикладных научных исследований, в том числе по приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники Российской Федерации [5].

Получение грантов было воспринято в научном сообществе, как престижная награда, т.к. важно не только финансирование конкретных проектов, но и признание коллектива в качестве сложившейся ведущей научной школы.

В соответствии с этим правительственным документом ведущей научной школой Российской Федерации считается сложившийся коллектив исследователей различных возрастных групп и научной квалификации, связанных проведением исследований по общему научному направлению и объединенных совместной научной деятельностью, руководители которых на регулярной основе осуществляют подготовку кандидатов и докторов наук, тем самым формируя исследовательские группы, обеспечивающие развитие и рост результативности российской науки [6].

Как следует из информации о результатах конкурсов на получение грантов Президента РФ для поддержки научных школ за 1996-2020 гг. от 15 до 18% ведущих научных школ относятся к разделу «Технические (инженерные) науки», соответственно могут быть названы ведущими инженерными школами [7].

В настоящее время в обществе существует неоднозначная трактовка понятия «инженерная школа». Чаще всего под инженерной школой понимаются специализированные инженерные классы в общеобразовательных школах. Существует проект "Уральская инженерная школа", который представляет собой систему подготовки рабочих и инженерных кадров для экономики Свердловской области через создание системы непрерывного технического образования, включающей уровни общего, среднего профессионального, высшего и дополнительного профессионального образования [8]. Также можно отметить тенденцию присваивать наименования «инженерные школы» подразделениям в некоторых технических вузов (например, в Томском политехническом университете, Дальневосточном федеральном университете и т.д.).

Авторы статьи придерживаются позиции, что инженерная школа - это научная школа в области «технические (инженерные) науки» - конкретный коллектив (команда), объединенный организационно и консолидированный общей системой взглядов, интересов и традиций при решении инженерных задач определенной технико-технологической направленности, обладающей уникальными технологическими компетенциями, результатом деятельности которых является продукт, характеризующийся глобальным технологическим превосходством или соответствующий глобальной конкурентоспособности на мировом уровне.

Главная цель инженерной школы – разработка и реализация качественных, прежде всего инновационных, технико-технологических проектов, отвечающих современным вызовам, текущим и перспективным потребностям общества.

Расцвет русской инженерной школы был особенно заметным во второй половине XIX в. Лучшие представители этой школы, такие как В.Г. Шухов, получили европейскую и мировую известность. Россия являлась одним из лидеров промышленного прогресса.

В 1866 году было создано Русское Техническое общество (РТО), ставившее своей ключевой задачей содействие развитию техники и технической промышленности в России и оказавшее влияние не только на промышленное, но и на общекультурное развитие России. РТО устраивало выставки, публичные лекции, проводило конференции, выпускало книги - популяризировало успехи отечественной и мировой науки и техники. К 1916 году РТО имело 33 региональных отделения, издавало 21 журнал, имело собственную техническую библиотеку, музей прикладных знаний, технические училища, способствовало открытию новых политехнических университетов.

Все это стимулировало поднятие общественного престижа инженерной профессии, росту национальных профессиональных инженерных кадров. По переписи населения 1897 года, в России насчитывалось 130233 специалиста с высшим и среднетехническим образованием, из них 4010 человек - инженеров и технологов, что составляло 0,07% населения России. Согласно статистическим данным 1901-1917 годов, за этот период было подготовлено в полтора раза больше инженеров, чем за предшествующие 35 лет [9].

Россия в этот период обогнала многие промышленно развитые страны. Это было связано с особенностями промышленного расцвета страны и с возникшей необходимостью прокладывания новых дорог, строительством промышленных предприятий и инфраструктуры. Такой социальный заказ эпохи вызвал появление в России сильных инженерных школ, которые продолжили свое развитие в СССР.

В современных условиях глобальной трансформации промышленности, индустрии 4.0 и 6-го технологического уклада, когда начинают доминировать робототехника и принципиально новые материалы, машины и аппараты, искусственный интеллект и биотехнологии, средства связи и коммуникации, Россия, как и другие страны, нуждается в специалистах мирового уровня, реализации значимых инженерных проектов. Технологический прорыв и удержание передовых позиций немыслимы без хорошо подготовленных инженерных кадров, умеющих работать в команде, в том числе владеющих командным проектированием, и сложившихся инженерных коллективов, позволяющих инженерам расширить свой творческий и профессиональный потенциал.

Сегодня в условиях необходимости преодоления сырьевой зависимости российской экономики, создания высокотехнологичных производств и импортозамещения крайне важно обратить внимание на значимую и возрастающую роль инженерных школ, обладающих большей практической направленностью на решение возникающих технологических вызовов и требующих в настоящее время дополнительной поддержки.

Российский Союз научных и инженерных общественных объединений инициирует разработку проекта по выявлению и публичному признанию заслуг и результатов «Инженерных школ России» – годами сложившихся коллективов инженеров-практиков, технологов. Цели проекта – повышение престижа инженерного труда и социального статуса профессии инженера в России, выявление и поощрение лучших инженерных школ России, реализующих передовые научно-технические проекты, отвечающие текущим и перспективным потребностям развития регионов и страны в целом.

В ходе проекта «Инженерные школы России» будет осуществлено публичное признание сформировавшихся инженерных школ по результатам профессионально-общественной сертификации организаций-претендентов на соответствие установленным стандартам, критериям и показателям, подтверждающим статус звания «Инженерная школа». На следующем этапе будет осуществлено поощрение лидеров среди сертифицированных инженерных школ с присвоением статуса «Лидер инженерного дела», с размещением информации на портале Российского Союза научных и инженерных общественных объединений, представление победителей в средствах массовой информации.

Поддержка и развитие действующих инженерных школ будет способствовать успешному выполнению национальных проектов, обозначенных в Послании Президента РФ Федеральному Собранию, дальнейшему развитию инженерного дела и научно-технологической базы страны в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный сайт Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (https://issek.hse.ru/news/308115412.html)

2. Мирская Е.З. Научные школы как формы организации науки. Социологический анализ проблемы //Науковедение. 2002. - №3. - С.8-24.

3. Куперштох Н.А. Научные школы России и Сибири: проблемы изучения // Философия науки. - Новосибирск, 2005. - N 2(25). - С.93-106.

4. Устюжанина Е.В., Евсюков С.Г., Петров А.Г., Казанкин Р.В., Дмитриева М.Б. Научная школа как структурная единица научной деятельности / Препринт #WP/2011/288– М.: ЦЭМИ РАН, 2011. – 73 с. (Рус.)

5. Егерев Д.С., Ладный А.О., Егерев С.В., Захарова С.А., Поликарпова Н.В. Ведущие научные школы: опыт 1996-2008 годов // «Наука. Инновации. Образование» № 8 2009 г. – С. 241-264

6. Официальный сайт Министерства науки и высшего образования РФ (https://minobrnauki.gov.ru/ru/press-center/card/?id_4=1959)

7. Официальный сайт Совета по грантам Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых и по государственной поддержке ведущих научных школ Российской Федерации (https://grants.extech.ru/)

8. Официальный сайт Министерства образования и молодежной политики Свердловской области (https://minobraz.egov66.ru/site/section?id=303)

9. Кошман Л.В.. Город и городская жизнь в России XIX столетия: Социальные и культурные аспекты. 2008

УДК 001.83 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-241-244

СОТРУДНИЧЕСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ВЕЛИКОБРИТАНИИ В СФЕРЕ АНАЛИЗА, МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ РЫНКА СОВРЕМЕННЫХ НИЗКОУГЛЕРОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
COOPERATION OF RUSSIAN FEDERATION AND GREAT BRITAIN IN THE FIELD OF ANALYSES, MONITORING AND PROGNOSIS OF DEVELOPMENT OF MARKET OF MODERN LOW-CARBON TECHNOLOGIES

Раткин Леонид Сергеевич
Leonid S. Rathkeen*

Совет ветеранов Российской академии наук, Россия, Москва
Veteran's Council of Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow
(e-mail: Rathkeen@bk.ru)

Аннотация: Рассматриваются перспективы сотрудничества Российской Федерации и Великобритании в сфере анализа, мониторинга и прогнозирования развития рынка современных низкоуглеродных технологий (НУТ). Представлены различные направления отраслевой и региональной кооперации в сфере НУТ.

Abstract: The perspective of cooperation between Russian Federation and Great Britain in the field of analyses, monitoring and prognosis of development of modern Low-Carbon Technologies (LCT) are discussed in the article. Also are presented the different directions pf brunch and regional cooperation in the field of LCT.

Ключевые слова: Российская Федерация, Великобритания, анализ, мониторинг, прогнозирование, низкоуглеродные технологии, Российская академия наук.

Keywords: Russian Federation, Great Britain, analyses, monitoring, prognosis, low-carbon technologies, Russian Academy of Sciences.

Современные низкоуглеродные технологии (НУТ) являются капиталоемкими рыночными сегментами емкостью в несколько десятков триллионов долларов. Выход на новые рынки с интеграцией в глобальные технологические цепочки (ГТЦ) является мощным драйвером экономического развития. В России завершается разработка долгосрочной Стратегии низкоуглеродного развития: проводимый мониторинг работ в сфере НУТ позволит не только оценить степень снижения (инвентаризации) выбросов парниковых газов (ПГ), но и проанализировать методы достижения этих результатов. В результате будет разработана система взвешенных оценок применимости НУТ, в том числе, в промышленности, энергетике, строительстве, на транспорте. В соответствии с концепцией онлайн–процессной аналитики с помощью технологий распределенных реестров энергетических поставок допустимо построение прогнозов применимости НУТ в разных отраслях и регионах. Отраслевые проекции позволят оценить динамику траекторных изменений для достижения целевых показателей Стратегии. Географические (региональные) проекции обеспечат сопоставление использования НУТ с РФ, США, ЕС, странах Юго-Восточной Азии и других мировых регионов для оценки рисков формирования технологической отсталости [1].

Важно отметить, что если выбросы ПГ сохранятся на уровне 2018 года, то общий «углеродный бюджет» исчерпают «до дна» уже до 2050 года. Следовательно, согласно Парижскому соглашению, выбросы ПГ скоро достигнут максимальных значений (пика), и задача ближайшего будущего – обеспечить радикальное снижение значений. По мнениям экспертов, сокращения антропогенных выбросов (АВ) ПГ необходимы до 2050 года: их необходимо сократить на 40-70% от современных значений [2-3].

В ходе научного исследования, проведенного при непосредственном участии и с активной поддержкой ученых старейшей отечественной Академии – Российской академии наук (РАН), было установлено, что АВ ПГ выросли за последние годы на 49%: с 39 до 58

млрд.тонн, а диоксида углерода – на 52%: с 28 до 43 млрд.тонн. В энергетическом секторе АВ ПГ увеличились на 64%, обеспечив практический прирост на 92% АВ ПГ от различных источников, что зафиксировало его доминирующую роль в энергобалансе: сектор вырос до 65% за счет совокупной эмиссии ПГ, а эмиссии диоксида углерода – до 80%. В 2014-2016 годах наблюдалась относительная стабилизация, в 2017-2018 годах – рост АВ ПГ с «выходом на плато» в 2019 году [4].

Чем обусловлен рост АВ ПГ? Прежде всего, он – результат растущей электрификации различных секторов мировой экономики: АВ ПГ вследствие производства электрической и тепловой энергии выросли за 1990-2018 годы на 100%, что соответствует половине прироста АВ диоксида углерода и 37% прироста АВ всех ПГ. Кроме того, рост грузопассажирского трафика обуславливает потребление топлива на транспорте, снизившееся в период пандемии коронавируса, но все равно являющееся вторым по значимости вкладом в увеличение АВ ПГ. Транспортный диоксид углерода увеличился на 83%, что привело к приросту суммарных выбросов диоксида углерода на 25%, а если считать и бункеровку морских и воздушных судов – даже на 28%. Наконец, третье место в приросте АВ ПГ обеспечивается за счет сжигания топлива в промышленности: отраслевые выбросы возросли на 37%, а это порядка 12% суммарного прироста выбросов диоксида углерода! Следует отметить, что АВ ПГ от сжигания топлива в АПК, рыболовстве и иных секторах увеличились на 1%, при этом объем АВ ПГ от утечек и выбросов при добыче нефти и газа снизился, но при добыче твердых топлив он возрос [5].

Наиболее явно и рельефно выражено уменьшение АВ ПГ в Российской Федерации и Великобритании, но, вместе с тем, заметен рост АВ ПГ в КНР (+354%), Саудовской Аравии (+302%), Индии (+257%), Южной Корее (+235%), Иране (+230%), Индонезии (+193%) и Бразилии (+171%). Поскольку данные по АВ ПГ ЮАР несущественны, в БРИКС (BRICS – Brazil, Russia, India, China, South Africa) только Россия стабильно придерживается тенденций по снижению АВ ПГ! Другой нюанс называется «рубеж 1998»: в силу ряда законодательных и иных ограничений Великобритания не имела возможности к существенному снижению АВ ПГ до 1998 года, а теперь РФ по аналогичным причинам не обеспечит их сокращение ни при медленном экономическом росте, ни тем более, при быстром! Напомним, «углеродный след» - это АВ, выработанные вследствие производства потребляемых товаров и услуг: на территории РФ он стабилизировался после 1998 года. Глобальное потепление обуславливает накопление ПГ в атмосфере, что предполагает разработку уточненных методик по учету вклада разных стран в кумулятивный прирост выбросов ПГ в сравнении с базовым 1990 годом [6].

Сотрудничество России и Великобритании в энергетической сфере является долгосрочным и плодотворным. Среди множества проектов научно-образовательной и промышленно-технологической кооперации следует особо отметить программы по снижению АВ ПГ [7]. Например, в Великобритании и России на долю АЭС пришлось генерации электроэнергии 19,7% и 19,5% соответственно, а в мире – 10,4%. При этом в РФ приоритетом в сфере развития нетопливной генерации является АЭС: ее доля к 2050 году составит, по экспертным оценкам, от 18 до 24%. В «Туманном Альбионе» показатели ниже: к середине XXI века аналогичная доля составит 7-20%, поскольку атомная энергетика считается важным, но не ключевым направлением для нетопливной генерации.

Согласно данным ЦЭНЭФ-XXI, доля генерации на АЭС в мире к 2050 году составит 5-10%, оценки МЭА «пооптимистичнее»: от 8,4 до 11,4% уже к 2040 году. После Фукусимы в научном сообществе не утихают дискуссии о сроках наступления «ядерного ренессанса»: ряд ученых отрицают его наступление в принципе, некоторые придерживаются линии снижения роли АЭС в мировом энергобалансе до 4% к середине XXI века, но большинство – сторонники скорого частичного восстановления утраченных позиций с увеличением доли АЭС «в суммарной мировой выработке электроэнергии до 12-15%» [8-9]!

Что мешает динамичному развитию строительства и эксплуатации АЭС в мире? На первом месте – высокие расценки по строительству новых энергомощностей с

необходимостью постоянного финансового мониторинга и всевозрастающей экономической поддержки, и все это – на фоне сформированного избытка электроэнергетических мощностей и сопутствующих им финансово-экономических ограничениях. Вторую позицию в проблематике развития АЭС прочно занимает нерешенность вопросов по захоронению отходов. Третью строчку «антирейтинга» делят растущие затраты на ликвидацию последствий крупных аварий на АЭС и не до конца преодоленное негативное восприятие в обществе предпринимаемых мер по повышению уровня безопасного использования АЭС, периодически подкрепляемое принимаемыми в некоторых странах решениями по «замораживанию» или сокращению ядерной энергетики [10].

В нашей стране, одной из мировых лидирующих держав в сфере атомных технологий, АЭС – явный фаворит по направлению развития нетопливной генерации. Для безопасного функционирования АЭС, их топливообеспечения и строительства новых ядерных мощностей в РФ каждый год за счет тарифов и из бюджета ассигнуется свыше 200 млрд.рублей. Только в 2018 году экспорт продукции и услуг для АЭС вырос до 6,5 млрд.долларов, а 10-летний портфель зарубежных заказов увеличился до 133,2 млрд.долларов! Кстати, на долю возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в России приходится всего 17% генерации электроэнергии, но к середине XXI века сегмент может вырасти до 19-38%! Удивительно, но ВИЭ без ГЭС составляет порядка 0,1% генерации электроэнергии, но благодаря внедрению инновационных технологий и методов управления производством к 2050 году она может увеличиться в 50-190 раз – до 5-19%, а доля нетопливной генерации к этому времени (с учетом АЭС) составит 37-63%.

В сфере развития нетопливной генерации в Великобритании явный приоритет – за ВИЭ: в 2019 году доля генерации на ВИЭ увеличилась до 43%, к середине XXI века она вырастет до 62-80%. Доля ВИЭ без ГЭС в 2019 году увеличилась до 40%, а к 2050 году достигнет 60-78%, при этом доля нетопливной генерации с учетом АЭС составит 69-98%. В «Туманном Альбионе» объем субсидий для развития солнечных электростанций и ветроэлектростанций в прошлом, 2019 году, достиг 8 млрд долларов. Поскольку основной объем капиталовложений был осуществлен в предыдущие годы, то в 2020-2022 годах рост инвестиций в сектор ВИЭ будет незначительным, а субсидии будут выплачиваться по принятым ранее финансовым обязательствам. По мнению экспертов ЦЭНЭФ-XXI, в 2050 году доля генерации на ВИЭ в мире достигнет 51-66% (38-51% без ГЭС), но, согласно оценкам МЭА, она к 2040 году составит 22-49% (36-67%, включая ГЭС). Доля нетопливной генерации к середине XXI века, по расчетам ЦЭНЭФ-XXI, с учетом АЭС будет 57-76%, а оценки МЭА иные – 44-78% к 2040 году.

Интересна аналитика по инвестированию в ВИЭ за последнее десятилетие: капиталовложения Китая составили 758 млрд.долларов, Европы – 698 млрд.долларов, США – 356 млрд.долларов, Японии – 202 млрд.долларов, Германии – 179 млрд.долларов, Великобритании – 122 млрд.долларов, Индии – 90 млрд.долларов. В сценариях МЭА «Новые меры политики» и «Устойчивое развитие» в 2026-2040 годах ожидаемый объем инвестиций составит (в среднегодовых ценах 2017 года) в ВИЭ 467-663 млрд.долларов. С ними суммируется часть расходов на установку ВИЭ у потребителей, а также «на приобретение электромобилей и системы CCUS в промышленности» общим объемом 203-581 млрд.долларов. К середине XXI века ожидается, что ежегодные капиталовложения в ВИЭ будут выше 1 трлн.долларов.

В завершение, сопоставляя мощности ветроэлектростанций России и Великобритании, нельзя не отметить очевидную диспропорцию, заставляющую задуматься о необходимости корректировки энергетической стратегии развития страны. Удивительно, но в 2018 году в РФ выработано 127 млн.кВт-ч (0,01% генерации), в то время как в «Туманном Альбионе» - 51836 млн.кВт-ч (15,6% генерации), т.е. в 408 раз больше! С учетом всех привлеченных отраслевых инвестиционных ресурсов и дополнительных капиталовложений по инфраструктурным проектам и программам к 2050 году выработка в России вырастет до 39-118 млрд.кВт-ч (2,4-7,7%), в то время, как в Великобритании – до 169-268 млрд.кВт-ч (37-59%). Если МЭА считает,

что доля генерации на ветроэлектростанциях к 2040 году составит 11-21%, то по оценкам ЦЭНЭФ-XXI, к середине XXI века она достигнет 27%. Учитывая, что «суммарные мощности всех электростанций мира в 2018 году не превысили 7000 ГВт», прогноз роста только ветроэлектростанций к 2050-2060 годам составит 4000-9000 ГВт. Отметим, что значительное снижение цен на единицу мощности позволяют рассматривать ветроэлектростанции, расположенные на суше, в качестве наиболее дешевых источников электрогенерации. На шельфовых ветроэлектростанциях стоимость генерации тоже снижается динамично, что приводит к известному экономическому эффекту: например, при вводе после 2021 года новых мощностей ветроэлектростанций в Великобритании субсидирования уже не потребуется!

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bokova ES, Kovalenko GM, Pawlova M, Kapustin IA, Evsyukova NV, Ivanov L. Electrospinning of Fibres Using Mixed Compositions Based on Polyetherurethane and Hydrophylic Polymers for the Production of Membrane Materials. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe 2020; 28, 4(142): 49-51. DOI: 10.5604/01.3001.0014.0933.

2. Иволгина Н.В., Степанова Д.И. Финансовые санкции и рынок венчурных инвестиций. В сборнике: Россия в условиях экономических санкций Материалы VIII Международной научно-практической конференции. Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова. 2018. С. 178-185.

3. Степанова Д.И., Люкшин А.М. Влияние экономической неопределенности на валютный рынок России. Финансовая жизнь. 2018. № 3. С. 94-98.

4. Степанова Д.И., Люкшин А.М. Анализ системы финансового мониторинга на примере развитых стран. Финансовые исследования. 2018. № 4 (61). С. 144-153.

5. Степанова Д.И. Использование больших данных для оценки охвата услугами ЖКХ в городах. В сборнике: Информационные технологии и математические методы в экономике и управлении (ИТиММ-2019) сборник статей. Программный комитет: Гришин В.И., Минашкин В.И., Титов В.А., Китова О.В. 2019. С. 64-67.

6. Степанова Д.И. Большие данные (Big Data) в системе водоснабжения и канализации. В сборнике: Проблемы и перспективы развития промышленности России, сборник Материалов пятой международной научно-практической конференции «Форсайт промышленного развития: выбор приоритетов и расстановка акцентов». 2019. С. 605-621.

7. Раткин Л.С. Роль российского атомного, электротехнического и энергетического машиностроения в развитии мировой энергетики // Тяжелое машиностроение. 2007. № 2. С.42-44.

8. Раткин Л.С. Экологические нанотехнологические разработки учреждений Российской академии наук для топливно-энергетического комплекса // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2015. № 9. С.4-9.

9. Раткин Л.С. Разработка информационных систем для проектирования объектов топливно-энергетического комплекса с использованием нанотехнологий // В книге: НАУЧНАЯ СЕССИЯ НИЯУ МИФИ-2012ю Аннотации докладов: в 3 томах. 2012. С.299.

10. Раткин Л.С. Финансово-экономические аспекты реализации экологических инвестиционных проектов в биотехнологической сфере на примере оптимизации процедур регистрации объектов интеллектуальной собственности для энергетических предприятий // В сборнике: «Биотехнология: состояние и перспективы развития. Материалы IX Международного конгресса. 2017. С. 509-511.https://elibrary.ru/item.asp?id=27475271

УДК 378.1 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-245-248

БАРЬЕРЫ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ В СОВРЕМЕННОМ РОССИЙСКОМ ВУЗЕ
BARRIERS OF THE EDUCATIONAL ENVIRONMENT IN MODERN RUSSIAN UNIVERSITY

Батуева Алена Александровна, Завельская Ирина Михайловна
Alena Alexandrovna Batueva*, Irina Mikhailovna Zavelskaya

Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Россия, Москва
Kosygin State University of Russia, Russia, Moscow
(e-mail: abatu@yandex.ru; ira.atp@gmail.com)

Аннотация: В статье поднимаются проблемы, с которыми на сегодняшний день сталкиваются высшие учебные заведения, описываются особенности современного поколения студентов, сложности студентов-выпускников и раскрывается цель системы высшего образования.

Abstract: The article raises the problems that higher education institutions currently face and solve, describes the features of the modern generation of students, the difficulties of graduate students, and reveals the purpose of the higher education system.

Ключевые слова: образовательная среда вуза, высшее учебное заведение, студенты, преподаватели, профессия, компетенции, требования рынка, информационные технологии.

Keywords: educational environment of university, higher education institutions, students, professors, tutors, profession, competencies, market requirements, information technology.

Задачей современного вуза является ориентированность на подготовку профессионала своего дела, а также творческого, активного человека, стремящегося не только к достижению собственных результатов, но и нацеленного на общий успех окружающих его людей. Администрация вуза, в свою очередь, в соответствии с ФГОС стремится обеспечивать студентов условиями и возможностями, которые бы способствовали всестороннему развитию личности, оснащая вузы необходимой для этого образовательной средой. На сегодняшний день наблюдается активные процессы в системе образования с целью улучшения его качества и соответствие его новым требованиям рынка труда.

Активное использование новых форм и методов обучения, акцент на индивидуальный подход в преподавании дисциплины способствует отходу от классической лекционно-семинарской системы преподавания. В современной системе образования все большее внимание уделяется диалогу не только между преподавателем и студентом, но и между студентами.

Быстрые темпы устаревания информации, связанные с развитием науки и внедрением технологий, появление новых методов и подходов в системе образования также способствуют изменениям образовательного пространства и требуют от научно-педагогического состава своевременной реакции. Как известно, одна из важных задач педагога – быть проводником знаний в образовательном пространстве. Внедрение онлайн-платформ в процесс обучения, использование электронных библиотек, сети интернет и т.д. обеспечивает оперативность получения новой информации, столь необходимой, как преподавателям, так и студентам [1]. На современном этапе, повсеместный доступ к интернету привел к тому, что «источником получения новых знаний стали не только образовательные учреждения, но и глобальные информационные ресурсы» [2].

Бесспорно, образовательная среда университета невозможна на сегодняшний день без цифровых технологий, особенно ярко это стало очевидным в условиях пандемии, несмотря на большое количества проблем, с которыми вузы, педагогический состав и студенты столкнулись. Дистанционное образование выявило большое количество моментов, связанных

с дисциплиной, недостаточной мотивацией студентов повышать уровень своих знаний, мошенническими действия в виде списывания, предоставления чужих работ и т.д. Это определило ряд задач, которые система образования нацелена решать. Для развития эффективности цифровой образовательной среды необходимо ее постоянное усовершенствование, что, в свою очередь, требует большой работы, направленной на развитие именно этой сферы. Главным фокусом внимания остается вовлеченность учащихся и развитие у них ответственности за свое образование.

Стремление идти в ногу со временем с каждым днем все больше увеличивает нагрузку на преподавателей, которые при подготовке к занятиям стремятся не только внедрять в свою деятельность элементы IT технологий, но и учитывать интересы студентов, а также изменения личности современного студента.

Известно, что современная студенческая молодежь – уникальное поколение, которое получило название «центениалы» [3]. Каждое поколение – это определенная целевая аудитория, которая требует постоянного индивидуального мониторинга и, следовательно, формирования определенной модели и стратегии взаимодействия с ней. Преподаватели, которые задействованы в реализации образовательных программ для студентов–центениалов, должны представлять и понимать особенности этой социальной группы. Молодые люди, рожденные после 1996 и 2000–х годов (исходя из различных источников исследований), - первое поколение, появившееся в эпоху интернета. Возможность получения любой необходимой информации путем мгновенного выхода в интернет сформировала в их поведении динамичность и неусидчивость. Привычка поиска информации через цифровой экран практически заменила собой классический метод анализа печатной литературы и ее поиска. Все эти процессы снизили уровень мотивации к выполнению задач и выработали стремление получить знания и оценки наименее трудоемким способом. Общение современная молодежь осуществляет, главным образом, через цифровые коммуникации, что, безусловно, тоже изменило классический процесс передачи информации. Можно предположить, что новое поколение предпочитает визуализацию информации, вместо письменного изложения мысли.

Анализируя эти факторы о современной молодежи, можно сделать предположения, с какими барьерами в образовании могут столкнуться как преподаватели, так и студенты. Имея в виду некоторые особенности данной социальной группы, складывается понимание в потребности изменения подхода к изложению материала в процессе лекционных и практических занятий. Безусловно, не следует полностью отступать от изучения фундаментальных научных теорий. Однако для наилучшего усвоения материала новому поколению студентов следует в большей степени представлять информацию в виде визуализированной информации. Именно благодаря качественным презентациям, наглядным цифровым схемам они будут наиболее заинтересованы в изучении курса. При этом практические занятия следует выстраивать исключительно в практико-ориентированном смысле. Современные студенты хотят сразу видеть результат, приложив необходимые усилия. Только тот практический результат, который преподаватель сможет им сразу нарисовать, повысит их стимул для достижения высокой цели. Добавление в материалы интересных фактов будет только подпитывать их интерес. Таким образом, эффективность образовательного процесса современного студента может быть достигнута только благодаря качественному подбору методики преподавания и изменения парадигмы восприятия классического образования.

На сегодняшний день несмотря на многочисленные изменениях в системе образования и его стремление соответствовать требованиям рынка, студенты недовольны качеством обучения, ссылаясь на излишнюю теоретизированность процесса обучения, низкую востребованность получаемых знаний для будущей специальности и отсутствие прикладного, практико-ориентированного подхода [4]. Это неудивительно в связи с тем, что современная система образования, несмотря на стремление к изменениям, придерживается в большей степени традиционного подхода и, зачастую студент, заканчивая высшее учебное заведение, сталкивается с большим количеством изменений и нововведений, произошедших за время его

обучения в вузе. Выпускники вуза часто отмечают отсутствие необходимых навыков для работы по специальности. Невостребованность полученной профессии на рынке труда еще одно последствие, с которым сталкивается выпускник. Стоит признать, что система образования не имеет достаточных временных и финансовых ресурсов, чтобы перестаиваться под постоянно меняющиеся требования рынка. Как результат, на лицо несоответствие компетенций, полученных в процессе обучения, и требований работодателей.

Вследствие постоянных инноваций и востребованности высшего образования среди населения, мы получаем рост его стоимости, большую нагрузку у преподавателей, низкий уровень заработной платы работников вузов, низкий уровень стипендии, не позволяющий студенту быть полноценно вовлеченным в учебный процесс по причине дополнительного заработка после учебы или вместо нее, и ввиду этого не получающего часть необходимых навыков. Около 70% студентов работают во время учебной деятельности, что делает получение образования лишь формальным. Всё это проблемы современной системы образования, которые пытаются решать тем, что подстраиваются под современные требования рынка и ожидания студента. Происходит медленное уничтожение высшего образования, наведение фокуса образования на потребление, на спрос тех или иных специалистов. Хочется встать на защиту фундаментального образования, которое во все времена готовило специалистов широкого профиля, которые всегда находили свое место в мире [5]. Мы забыли, что за понятием слова «образование» стоит образ мира и самого человека в этом мире. За этим стоит проблема самоидентичности - когда человек формирует образ себя и образ мира и, в результате, у него формируется адекватное восприятие себя и своего места в мире. Именно российская традиция имеет своей целью направленность образования на развитие гуманистического начала. Образование ориентирует на служение отечеству, помогает человеку раскрыть самого себя, определится с жизненным призванием, формирует самостоятельную, внутренне свободную личность. Оно также защищает человека от формирования у него рабского мышления, пробуждает в нем любознательность, развивает самообучаемость. Именно эти фундаментальные установки всегда помогали стать профессионалом своего дела после окончания вуза. Никакой причинно-следственной связи между дипломами, вузами, и успехом в жизни никогда не существовало.

Безусловно, высшее образование необходимо, если вы решили работать в сфере юриспруденции, педагогики, медицины и ряде других профессий, определенных законом РФ, однако большое количество специальностей можно получить в организациях среднего профессионального образования, которые ориентированы на формирование всех необходимых профессиональных компетенций, стоимость обучения в них ниже, чем в вузах, подход практико-ориентированный. Диплом о высшем образовании более не является капиталом и гарантом рабочего места. Те, кто это понимает, не стремятся в вуз.

В погоне за дипломом и компетенциями студенты и их родители забывают, что в стенах вуза происходит становление не только и не столько профессионала, сколько дальнейшее личностное развитие обучающихся как «субъектов социально-образовательных отношений, являющихся прообразом целостного поликультурного жизненного пространства» [6]. Изменения в обществе и мире, безусловно, влияют на систему образования и она, в свою очередь, учитывает новые веяния и применяет новые технологии и формы. Главное, чтобы стремление угодить требованиям рынка не нанесло непоправимый ущерб системе высшего образования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Носкова Т.Н., Павлова Т.Б., Яковлева О.В. Некоторые эффекты информатизации образовательной среды современного вуза // Открытое образование. 2016. Т. 20. № 3. С. 24-30.
2. Борисов И.И., Запрягаев С.А. Тенденции развития высшего образования в XXI веке // Вести. Воронеж. гос. ун-та. Сер. Проблемы высшего образования. 2000. № 1. С. 19.
3. Шалыгина Н.В. Игреки и центениалы: новая ментальность Российской молодежи // Власть. 2017. № 4. С.164-167.

4. Черепанова М. И. Социально-психологические барьеры в образовательном пространстве современного российского вуза // Приоритетные направления развития науки и образования. 2015. № 4 (7). С. 133-134.

5. Повзун В.Д. Миссия университета – история и современность // Вестник Оренбургского государственного университета. 2005. № 1 (39). С. 13-21.

6. Калугина Т.Н. Структура современного образовательного пространства // Культура и цивилизация. 2018. Том 8. №5А. С. 66-75.

УДК 528.3 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-248-251

ОСОБЕННОСТИ РЕШЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ БЛОЧНО-МОДУЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ РАЗРАБОТОК ДЛЯ ОБУСТРОЙСТВА НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С РАСЧЕТОМ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИХ РАЗРАБОТКИ

THE FEATURES OF SOLVING OF ENGINEERING PROBLEMS FOR PROJECTING OF BLOCK-MODULE CONSTRUCTIONS AND IMPLEMENTATION OF INNOVATIVE PRODUCTS FOR OIL AND GAS FIELDS WITH CALCULATING OF ECONOMICAL EFFICIENCY OF ITS DEVELOPMENT

Раткин Леонид Сергеевич
Leonid Sergeevich Rathkeen

Совет ветеранов Российской академии наук, Россия, Москва
Veteran's Council of Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow
(e-mail: Rathkeen@bk.ru)

Аннотация: Рассматриваются особенности решения инженерных задач по проектированию блочно-модульных сооружений с внедрением инновационных разработок для обустройства нефтегазовых месторождений. Особое внимание уделяется расчетам экономической эффективности их разработки.

Abstract: The article is devoted to the features of the solving of engineering problems for projecting of block-module constructions with the implementation of the innovative products for oil and gas fields. Much attention is paid for the calculations of the economical efficiency of its development.

Ключевые слова: инженерные задачи, проектирование блочно-модульных сооружений, внедрение инновационных разработок, обустройство нефтегазовых месторождений, расчет экономической эффективности.

Keywords: engineering problems, projecting of the block-module constructions, implementation of the innovative products, oil and gas fields, calculation of the economical efficiency.

При проектировании блочно-модульных сооружений для обустройства нефтегазовых месторождений необходима разработка новых методов и принципов [1] не только по уменьшению концентрации запасов с коротким сроком их эксплуатации, но и с локализацией месторождений в сложных климатических условиях (низкие температуры, мерзлота, обводнение, удаленность от инфраструктуры), а также с минимизацией рисков «не подтверждения запасов» и сжатыми сроками реализации отраслевых инвестиционных проектов. Низкая применимость типовых решений обусловлена возрастающим объемом корректировок при адаптации к реальным условиям разработки и эксплуатации месторождений. Сокращение сроков проектирования при модульном (блочном) подходе позволит снизить затраты и повысить эффективность эксплуатации: в качестве примеров можно отметить Сузунское, Среднеботубинское, Тазовское, Песцовское и другие нефтегазовые месторождения. В частности, достигнут необходимый уровень самодостаточности по подготовке нефти, газа, воды, распределению электроэнергии,

управлению технологическими процессами, при этом унифицированность многих блоков и модулей позволяет их многократно использовать. Быстрый и качественный монтаж и демонтаж за счет максимальной заводской готовности снижает издержки с увеличением производительности на 50% при установке модулей дополнительных аппаратов. Глобальная цифровизация позволяет снизить срок ввода объекта до 1 года. При увеличении металлоемкости проекта на 10-20% сокращаются сроки строительства и запуска объектов, снижается общая стоимость проекта благодаря сокращению объемов строительства, уменьшаются затраты на логистику из-за применения блоков при транспортно-погрузочных работах, возрастает качество обслуживания с минимизацией сроков испытаний на месте монтажа, минимизируются риски внесения изменений в проект [2] при необходимости доработки оборудования из-за нестыковок при монтаже, существенно повышается (возрастает) эффективность производства со снижением риска превышения затрат и сроков строительно-монтажных работ [3].

Среди перспективных трендов и инновационных разработок [4-5] для обустройства нефтегазовых месторождений можно отметить новые инженерные решения для подготовки нефти, газа, пластовой и морской воды и твердых примесей. Среди основных проблем развития отрасли в качестве ключевых выделим изменения свойств добываемого скважного продукта, ухудшение ресурсной базы, глобализация на рынке энергоресурсов с ростом конкуренции и колебаниями рыночных цен на углеводороды, а также экологические требования с изменениями в нормативно-правовой базе и вариациями стоимости отраслевых инвестиционных проектов. Соответственно, в качестве возможных решений [6], в частности, предлагается частичный отказ от капитального строительства с переходом к применению типовых мобильных установок и возрастанием инвестиционной привлекательности проектов с участием различных сервисных моделей. Здесь востребован опыт проектирования и строительства объектов для нефтегазовой отрасли, например, нефтехимической: такие установки успешно разрабатывают в Институте нефтехимического синтеза имени А.В.Топчиева РАН: его директором, а после в течение многих лет – научным руководителем был всемирно-известный ученый, академик РАН Саламбек Наибович Хаджиев – 7 января 2021 года ему исполнилось бы 80 лет со дня рождения (07.01.1941-02.03.2018)!

Концепция перехода «от систем для ранней добычи до комплексных объектов подготовки» включает модульные системы ранней подготовки производительностью до 10 тысяч куб.м/сутки по нефти, что соответствует минимальным требованиям по продукту на выходе, сжатым срокам поставки и ввода в эксплуатацию, стандартам по модулям, характеристикам по сепарации нефти и газа и высокой степени мобильности [7]. Для их строительства не требуются капитальные фундаменты, очистка воды – до 100 мг/л нефти. Более мощные – объекты производительностью до 20 тыс.куб.м/сутки по нефти, соответствующие повышенным требованиям к продукту на выходе. Для их возведения необходим капитальный фундамент с эстакадой, модули такой степени сложности нередко строятся по индивидуальным инвестиционным проектам, срок поставки и ввода в эксплуатацию нередко растягивается от 1 года до 1,5 лет, что относит их к основным средствам: конструкция зависит от многих требований заказчика и условий на площадке. Полноценный комплекс подготовки нефти и газа производительностью от 20 тыс.куб.м/сутки по нефти обладает самыми высокими требованиями к продукту на выходе, нередко реализуется посредством системы инжиниринговых проектов, соответствует высокой степени сложности технологических решений, но и имеет более длительный срок поставки и ввода в эксплуатацию – от 2 до 4 лет. Примером успешно реализованного инвестиционного проекта является установка подготовки высоковязкой нефти в Венесуэле: она собрана и запущена в работу за 1,5 года. Ее производительность по воде – 1700 куб.м/сутки, по газу – 280 тыс.ст.куб.м/сутки, по нефти – 8 тыс.куб.м/сутки. Другой пример: модульная установка в Омане, собранная и запущенная в работу за 14 месяцев: она обладает производительностью по воде 1600 куб.м/сутки, по газу – 28 тыс.ст.куб.м/сутки, по нефти – 500 куб.м/сутки. Модульная установка «ранней» подготовки нефти в России («Мессояханефтегаз») собрана и

запущена в работу за 3 месяца и обладает производительностью по нефти 1000 куб.м/сутки. Также разработаны модульные установки подготовки газа Джоуля-Томпсона производительностью 57, 141 и 283 тыс.куб.м/сутки, модульные установки стабилизации конденсата производительностью 160-4770 куб.м/сутки, модульные установки осушки газа гликолем производительностью 0,5-5,5 млн.куб.м/сутки, модульные установки аминовой очистки газа производительностью 5,5 млн.куб.м./сутки, модульные газоперерабатывающие установки CryoCAM 200 с номинальной производительностью 200 MMSCFD (около 5,6 млн.куб.м/сутки) с производственным диапазоном от 80 до 225 MMSCFD (от 2,25 до 6,5 млн.куб.м/сутки) и CryoCAM 75 с номинальной производительностью 75 MMSCFD (порядка 2,0 млн.куб.м/сутки) с производственным диапазоном от 30 до 90 MMSCFD (от 0,85 до 2,5 млн.куб.м/сутки). Содержание широкой фракции легких углеводородов (ШФЛУ) в исходном газе – от 3 до 7 GPM (галлонов в тысяче куб.футов газа); установки предназначены для низкотемпературной сепарации, осушки газа молекулярными ситами и извлечения ШФЛУ. Применение типовых мобильных установок позволяет сократить сроки ввода объектов в эксплуатацию, снизить капитальные затраты и унифицировать используемое оборудование. Среди возможных недостатков следует отметить снижение технологической эффективности оборудования, повышение степени его износа вследствие перебазирования и перенастройки, и возрастание рисков в сфере промышленной, технологической, экологической и энергетической безопасности [8-9].

Следует отметить, что при капитальном строительстве индивидуально выбирается оптимальная конфигурация установки подготовки, конструкция технологического оборудования, материалы для изготовления оборудования, применяемые энерго-, нефтегазовые и водные ресурсы, что повышает степень технологической эффективности оборудования и в целом объекта подготовки. Работы, проводимы совместно с рядом академических институтов, подтвердили расчеты, свидетельствующие о том, что для повышения технологической эффективности типовых мобильных установок необходима их «донастройка» (т.н. «тюнинг») на каждом месторождении (объекте), т.е. при разработке конструкции технологического оборудования целесообразно заранее предусматривать возможность дальнейшего «тюнинга». Примером сокращения капитальных затрат являются компактные флотаторы и дегазаторы с объемом аппаратов меньше 10 куб.м с монтажным весом (МВ) 125 тонн и эксплуатационным весом (ЭВ) – 240 тонн. Применяемое ныне в РФ оборудование объемом 200 куб.м имеет МВ 700 тонн и ЭВ – более 3300 тонн. Например, международная научная, образовательная, финансовая, экономическая, промышленная, технологическая, экологическая и энергетическая кооперация с российскими и зарубежными предприятиями и организациями, включая академические институты, позволила компании «Шлюмберже» с 1974 года успешно реализовать свыше 80 инвестиционных проектов по мобильным комплексам для подготовки нефти и газа, подготовить более 500 млн.баррелей нефти. Диапазон производительности объектов подготовки нефти варьируется от 50 куб.м/сутки до 20 тыс.куб.м/сутки. В России сформирована команда специалистов, готовых отработать процедуры по безопасности оказания услуг на лабораторном оборудовании в РФ и на переносных модулях для тестирования новых технологий на объектах, имеются средства моделирования технологических процессов, отдел проектных работ, подготовки информации и сертификации, базы данных по месторождениям и пластовым флюидам, ремонтные мастерские и сервис–центры обслуживания в РФ, комплексы расчета финансовых, экономических, промышленных и технологических параметров трубопроводных систем и парк готового блочного оборудования.

В завершение отметим, что при определении экономической эффективности разработки нефтегазовых месторождений проводится, в частности, анализ текущей методологической базы по расчету операционных затрат, согласно которым возможно проводить расчет операционных затрат укрупнено, с учетом ресурсного метода. Достижение качественно-целевой сходимости с этапом эксплуатации предполагает внесение изменений в методику в связи с необходимостью проведения более детальных расчетов на концептуальной

стадии, выполняемых, в частности, с помощью программных продуктов QUESTOR и Ingenix Cost Manager. Например, для оценки затрат QUESTOR применяет ресурсный метод, использующий регулярно обновляемые базы данных по ряду Субъектов Федерации РФ, что позволяет рассчитать стоимость эксплуатации каждого объекта. В Ingenix Cost Manager применяется комбинированный ресурсный метод, загружающий информацию из баз данных РФ, что позволяет определить стоимость эксплуатации каждого объекта. Наполнение модели финансовыми, экономическими, промышленными и технологическими данными нефтегазовых предприятий и организаций, подключение множества профильных специалистов для обработки больших массивов технической документации, развитие кросс-платформенных подходов для Big Data и низкая производительность или неполнота существующих программно-технических решений обуславливают переход на новую IT-платформу, позволяющую сократить величину отклонения процента результатов от фактических данных на этапе эксплуатации месторождения, что существенно повысит достоверность расчетов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степанова Д.И. Актуальные научно-правовые проблемы статуса Центрального банка Российской Федерации (Банка России). Международный журнал гражданского и торгового права. 2019. № 2. С. 5-8.

2. Степанова Д.И., Стрыканов А.О. Развитие потребительского кредитования и потребительской кооперации в России (на примере бюджетного учреждения). Банковское дело. 2019. № 11. С. 64-72.

3. Степанова Д.И. Некоторые аспекты оптимизации механизма управления дебиторской задолженностью компании. В сборнике: Современные инновационные технологии в экономике, науке, образовании. Материалы второй Международной научно-практической конференции. 2019. С. 145-154.

4. Иванов Л.А., Бокова Е.С., Муминова С.Р., Катухин Л.Ф. Изобретения, основанные на использовании нанотехнологий, позволяют получить принципиально новые технические результаты. Часть I // Нанотехнологии в строительстве. – 2020. – Том 12, № 1. – С. 27–33. – DOI: 10.15828/2075-8545-2020-12-1-27-33.

5. Иванов Л.А., Капустин И.А., Борисова О.Н., Писаренко Ж.В. Изобретения, основанные на использовании нанотехнологий, позволяют получить принципиально новые технические результаты. Часть II // Нанотехнологии в строительстве. – 2020. – Том 12, № 2. – С. 71–76. – DOI: 10.15828/2075-8545-2020-12-2-71-76.

6. Иванов Л.А., Деменев А.В., Писаренко Ж.В., Ванг Ц. Изобретения, основанные на использовании нанотехнологий, позволяют получить принципиально новые технические результаты. Часть III // Нанотехнологии в строительстве. – 2020. – Том 12, № 3. – С. 140–146. – DOI: 10.15828/2075-8545-2020-12-3-140-146.

7. Раткин Л.С. Эффективность и надежность // В мире науки. 2008. № 7. С.86.

8. Раткин Л.С. Оптимизация процессов управления пассажиропотоками для повышения эффективности функционирования многомодальных транспортных комплексов на примере московского метрополитена // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2009. № 9. С.35-37.

9. Раткин Л.С. Использование суперкомпьютеров и квантовых компьютеров на предприятиях ракетно-космической отрасли для повышения эффективности производства // В книге: XL Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика С.П.Королева и других выдающихся ученых – пионеров освоения космического пространства: сборник тезисов. 2015. С.222.

УДК 001.83 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-252-257

НАСЛЕДНИКИ КОРОЛЁВА ИЗ СИБИРСКОГО ЖЕЛЕЗНОГОРСКА. ОБ ИНЖЕНЕРНОЙ ШКОЛЕ АО «ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ ИМЕНИ М.Ф.РЕШЕТНЁВА»
THE HEIRS OF KOROLEV FROM THE SIBERIAN ZHELEZNOGORSK. ABOUT THE ENGINEERING SCHOOL OF JSC "INFORMATION SATELLITE SYSTEMS NAMED AFTER M. F. RESHETNEV»

Гуляев Юрий Васильевич, Друкаренко Сергей Петрович, Ладохин Юрий Дмитриевич
Yury V. Gulyaev, Sergei P. Drukarenko, Yurii D. Ladokhin

Международный и Российский союзы научных и инженерных общественных объединений, Россия, Москва
International and Russian Unions of scientific and engineering associations, Russia, Moscow
(e-mail: usea1866@gmail.com)

Аннотация: Рассмотрены особенности сформировавшейся в АО «Информационные спутниковые системы имени академика М.Ф. Решетнёва» (г. Железногорск) инженерной школы: ключевая роль основоположника школы, гармоничное сочетание опыта старших и дерзости молодых, упор на инновационную активность.

Annotation: The article considers the features of the engineering school formed in JSC "Information Satellite Systems named after Academician M. F. Reshetnev" (Zheleznogorsk): integral role of consensus group's founder, harmony between senior's experience and youth's impertinence, innovation activity orientation. Author summed up engineering consensus groups trends in a time of digital transformation.

Ключевые слова: инженерная школа, традиции, воспитание инженерных кадров, инновационная активность

Key words: engineering consensus group, traditions, engineering staff conformation, innovation activity

Указом Президента РФ 2021 год объявлен в России Годом науки и технологий. Наша страна всегда славилась своими научными и инженерными школами, играющими ключевую роль в формировании национальной экономики. Об одной из ведущих в России инженерных школ, сформировавшейся в АО «Информационные спутниковые системы имени академика М.Ф. Решетнёва» (г. Железногорск) и пойдет речь.

Основоположник практической космонавтики Сергей Королёв, руководивший запуском первого искусственного спутника Земли в 1957 году, как-то сказал: «Человек, который верит в сказку, однажды в неё попадает, потому что у него есть сердце…». Сейчас на околоземных орбитах летают более 16 000 спутников, и это уже не кажется чудом. Но должны же быть люди, которые своим интеллектом и своими руками делают всё, чтобы мечты о покорении космоса из фантазий Циолковского и Кибальчича превратились в реальность, чтобы красивая сказка стала былью.

И такие люди живут в предгорьях Саян, в пятидесяти километрах от Красноярска, в городе Железногорске. Их основная задача – создавать младших братьев серебристой Луны, искусственные спутники Земли: «"Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнёва" (АО "ИСС") — ведущая компания страны по созданию космических аппаратов связи, телевещания, ретрансляции, навигации и геодезии. Две трети орбитальной группировки России было спроектировано и выпущено здесь. Компания была основана в 1959 году как восточный филиал ОКБ-1 С.П. Королёва в Красноярске-26 (сегодня — город Железногорск). Предприятие возглавил ученик и соратник С.П. Королева М.Ф. Решетнёв. Изначально оно специализировалось на конструкторском сопровождении серийного

производства баллистических ракет, но уже в начале 60-х годов его основным профилем стало создание спутников» [1].

Становление небольшого предприятия, построенного на берегу реки Кантат – притока Енисея, началось с конца 1950-х. С 1959 года Михаил Федорович Решетнев (1924 – 1996), являясь заместителем Сергея Королева в ОКБ-1 в Подлипках, одновременно становится главным конструктором предприятия п/я 80, размещенного в городе Красноярск-26 (ныне – Железногорск). За очень сжатые сроки завод освоил выпуск универсальной ракеты-носителя «Космос», но затем появилась необходимость начать изготовление совершенно нового семейства спутников «Молния». Но московское руководство опасалось, справится ли с этим технологическим вызовом небольшой «восточный» филиал ОКБ-1. Сомнения разрешила поездка С.П. Королева в Сибирь.

Вот что вспоминает об этом один из ближайших соратников Генерального конструктора академик Б.Е. Черток: «Кончили тем, что СП заявил о своем намерении слетать самому, как он сказал, “на Енисей” и там на месте всё решить окончательно. Оставалась небольшая надежда, что там, “на Енисее”, Решетнёв, сославшись на перегрузку ракетными делами, плохую работу завода, трудные отношения с местным руководством, не захочет брать на себя новое задание… Летом 1960 года Королёв вместе с Ниной Ивановной уже побывали на Енисее. Город имел еще не столь законченный вид, каким я его увидел спустя восемь лет, но удивил даже много повидавшего Королёва. Он провел несколько дней в этом настоящем “атомграде”. Имея возможность своими глазами увидеть условия жизни и работы коллектива филиала № 2, Королёв окончательно уверился в правильности своего решения по выбору места и времени создания новой организации и убедился, что не ошибся в назначении её руководителя» [2].

Интуиция Генерального конструктора его не подвела. Разработанные на железногорском предприятии в 1960-90-е годы спутники различного назначения составляли до 80% всей национальной орбитальной группировки и, по отзывам ведущих экспертов отрасли, заслужили называться самыми безотказными отечественными космическими аппаратами.

Вот только несколько примеров. Системы спутниковой связи и вещания: «Стрела-1» (1964); «Молния-1+» (1967); спутник непосредственного телевещания «Экран» (1976), «Радуга-1» (1989), геостационарный спутник связи «Экспресс» (1994). Спутниковые системы навигации: «Циклон» (1967), «Цикада» (1976); «ГЛОНАСС» (1982). Спутниковые системы изучения Земли: «Сфера» (1968); «Гео-ИК» (1981), «Эталон» (1989).

Но М.Ф. Решетнёв был не только талантливым организатором производства (с 1959 по 1996 годы на орбиту выведено более тысячи единиц изготовленных в Железногорске спутников), одаренным ученым и инженером (ему принадлежат более двухсот научных трудов и изобретений), но и неутомимым воспитателем инженерных кадров. С самого основания предприятия постепенно, шаг за шагом, создавался уникальный сплав науки, образования и производства, который и позволил небольшому заводу в центре Сибири превратиться во флагман космической отрасли России.

Дело М.Ф. Решетнёва продолжили его последователи. С 1996 по 2006 гг. предприятием руководил доктор технических наук Альберт Гаврилович Козлов. Нынешний генеральный конструктор и генеральный директор АО «Информационные спутниковые системы имени академика М.Ф. Решетнёва» (АО «ИСС») », Заслуженный создатель космической техники, Заслуженный деятель науки РФ, лауреат Государственной премии Российской Федерации и премий Правительства Российской Федерации в области науки и техники, Лауреат Золотой медали «Инженер десятилетия» Николай Алексеевич Тестоедов, доктор технических наук, автор более 70 научных работ, избран членом-корреспондентом Российской академии наук, является заведующим базовой кафедрой «Космические информационные системы» Сибирского государственного аэрокосмического университета им. Ф.М. Решетнёва.

Огромный интеллектуальный потенциал спутникостроителей из Железногорска подтверждается следующими цифрами: из более чем 8 000 сотрудников предприятия – 12

докторов и 70 кандидатов наук. За 60-летнюю историю предприятия его специалисты создали более 1280 космических аппаратов и ввели в эксплуатацию свыше 40 космических систем и комплексов. АО «ИСС» остается единственным в РФ производителем спутников навигационного назначения. Российская система «ГЛОНАСС», спутники для которой изготавливаются на сибирском предприятии, – одна из существующих в мире систем глобального позиционирования. По оценкам российских и зарубежных специалистов, с запуском нового поколения «Глонасс-К2» точность местоопределений системы возрастет до десятков сантиметров.

Спутники родом из Железногорска успешно конкурируют и с зарубежными изделиями. А по ряду технологий, применяемых в производстве космических аппаратов, продукция сибирских машиностроителей не имеет аналогов в мире. Именно на инновационные технологии, которые порождаются синергией различных научных направлений, сотрудничеством с Российской академией наук и ведущими университетами страны, делает упор АО «ИСС» в своей стратегии развития.

Одним из технологических вызовов для предприятия стало участие в научном проекте «Миллиметрон». Для этой космической обсерватории специалисты фирмы создают 10-метровый телескоп и терморегулирующие экраны диаметром от 12 до 20 метров. Работать в составе полезной нагрузки аппарата им предстоит в глубоком космосе, при температуре, приближающейся к абсолютному нулю.

Совместно с Сибирским федеральным университетом АО «ИСС» создает уникальные технологии, которые позволят повысить износостойкость узлов трения механизмов в экстремальных условиях эксплуатации космических аппаратов (вакуум, большие перепады температур). Сибирская компания взаимодействует с вузами не только «космического» профиля. Уникальная технология золочения сетеполотна из микропроволоки диаметром 15 микрон создана специалистами предприятия совместно с Российским государственным университетом имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство).

Высокий авторитет в мире спутников из Железногорска подтверждается международными наградами, в том числе: золотым призом Европы «За качество», швейцарским «Серебряный дельфин», как символом экономической устойчивости предприятия. Есть и престижный отечественный приз — бронзовая статуэтка Екатерины II за победу во Всероссийском конкурсе «Лучшие российские предприятия» (в номинации «За наиболее динамичное развитие»).

Современные технологии развиваются стремительно. Адекватно им должны совершенствоваться и экономические модели в научно-технической сфере. «Сегодня основное направление прорывов космической отрасли – это ключевые технологии, такие как композиты, крупногабаритные конструкции, контурные антенны, многолучевые антенны и так далее. Это дизайн-центры, – отметил генеральный директор АО “ИСС” Николай Тестоедов в своём недавнем выступлении на Евразийском аэрокосмическом конгрессе. – И то, что спроектировано у нас, производится в Китае, на Тайване и в Европе – это ситуация нормальная. Это означает, что умные – придумывают, а технологичные делают» [3].

Свою точку зрения руководитель компании спутникостроителей из Железногорска продолжил излагать и в другом своем выступлении: «Когда мы идем от спутника через систему и прибор к элементу, то в какой-то момент наталкиваемся на такой, который требует уже отработанной технологии, поставленной на производство. Российский ученый может все, пример с блохой классический: но тысячу насекомых он подковать не способен, а вот одно — да. Поэтому я считаю, что складывающаяся ситуация с созданием дизайн-центров, с малотоннажным производством, с лабораторными установками внутри Академии наук и производств — это нормальный локальный выход, который дает минимальное количество продукции с высочайшим качеством, но не требует массового квалифицированного производства, в которое просто необходимо вкладываться колоссальными деньгами» [4].

Итак, нужны «умные» и креативные. И вот как готовить «умного» инженера, на железногорском предприятии знают не понаслышке. В АО «ИСС» с 2003 года реализуется

комплексная программа мероприятий по привлечению, закреплению и карьерному росту молодых сотрудников. Работа начинается со школьной скамьи, продолжается в вузах-партнерах и включает в себя последующую адаптацию на производстве.

В рамках профориентации в школах города поддерживается физико-математическое профилирование, оказывается помощь в оборудовании учебно-материальной базы, организуется посещение демонстрационно-выставочного центра и подразделений предприятия. На завершающем этапе для учащихся 11-х классов проводится выездное погружение, где ребята в течение нескольких дней реализуют свой первый проект создания космического аппарата. По результатам конкурсного отбора наиболее талантливые выпускники школ направляются для поступления в вузы на бюджетные места в рамках целевой подготовки.

Для тесного сотрудничества с высшими учеными заведениями АО «ИСС» заключило договоры с 11 ведущими российскими вузами на целевую подготовку специалистов. В их числе, в первую очередь, МАИ, МГТУ им.Н.Э. Баумана, Балтийский государственный технический университет имени Д.Ф. Устинова, Томский государственный университет и другие. Данные соглашения предусматривают прохождение всех видов практик и дипломирования в АО «ИСС», введение актуальных дисциплин с учетом специфики предприятия, назначение дополнительной стипендии студентам, начиная со 2 семестра 1 курса и обязательства обучаемого по работе на железногорском предприятии в течение 3-х лет после окончания учебного учреждения.

Используются и инновационные формы обучения студентов, включая групповое проектное обучение. Например, в 2008 году специалистами АО «ИСС» и студентами Сибирского государственного аэрокосмического университета был создан малый космический аппарат «Юбилейный». Кроме того, на железногорском предприятии работают базовые кафедры и филиалы кафедр Сибирского государственного аэрокосмического университета и Сибирского федерального университета по направлениям «Космические аппараты», «Системы автоматизированного управления КА», «Космическое машиностроение», «Электронные устройства и системы связи», «Технология производства КА». Таким образом кандидаты и доктора технических наук из числа высококвалифицированных специалистов и руководителей ОАО «ИСС» могут передавать свой научный и практический опыт спутникостроителей студенческой молодежи.

Ключевая же деятельность по воспитанию инженерных кадров в АО «ИСС» осуществляется непосредственно на предприятии. Для молодых специалистов разработана специальная система поддержки в первые годы их работы в конструкторских и производственных подразделениях компании. Так, при трудоустройстве вчерашним студентам выплачивается единовременное пособие в размере двух установленных должностных окладов и последней стипендии. Существует и система надбавок: за диплом с отличием – 10% от оклада, для семейных – один минимальный размер оплаты труда, а если есть дети – полтора минимальных размера оплаты труда.

Одним из важных аспектов кадровой политики АО «ИСС» является постоянное повышение квалификации персонала, а также создание условий для развития научного потенциала коллектива предприятия. Ежегодно подготовку и переподготовку разного уровня проходят более 2 000 сотрудников компании. При этом значительная часть сотрудников проходит обучение без отрыва от производства – на курсах, организованных предприятием. В вузах, университетах и иных учебных центрах квалификацию повышают более 200 человек в год.

Предприятие неустанно стимулирует стремление молодежи заниматься научной и инженерной деятельностью. Сегодня более 100 сотрудников АО «ИСС» обучаются в аспирантуре. Отметим, что это треть (!) от всего количества аспирантов космической отрасли страны. Действует и система поощрения тех, кто хочет достичь реальных успехов в исследовательской и конструкторской работе. За ученую степень кандидаты наук получают надбавку – 1,6, а доктора – 2,1 минимальных заработных платы работников предприятия. Для

ведения научной деятельности им также предоставляются ежегодные дополнительные оплачиваемые отпуска продолжительностью 11 и 20 календарных дней соответственно. Специалистам, защитившим кандидатскую диссертацию до 40 лет, выплачивается единовременное вознаграждение 150 000 рублей.

В АО «ИСС» функционирует Научно-технический совет под председательством генерального директора и генерального конструктора предприятия члена-корреспондента РАН Н.А. Тестоедова, сотрудники ежегодно участвуют в различных российских и международных научных конференциях. Одна из них – Международная научная конференция «Решетневские чтения» – проводится Сибирским государственным аэрокосмическим университетом совместно с железногорской компанией. Научный форум посвящен памяти основателя и первого руководителя компании, академика Михаила Решетнева.

Руководство АО «ИСС» настойчиво стремится формировать коллектив из профессионалов своего дела, чтобы сохранить лидерство в сфере производства космической техники. Продуманная кадровая политика дает результаты. Именно АО «Информационные спутниковые системы имени академика М.Ф. Решетнёва» стало безусловным лидером по числу победителей в номинации «Авиация и космонавтика» Всероссийского конкурса «Инженер года», ежегодно проводимого Российским Союзом научных и инженерных общественных объединений.

За период с 2003 по 2019 гг. у АО «ИСС» 9 победителей в категории «Профессиональные инженеры» для специалистов со стажем от пяти лет, а 13 молодых специалистов до 30 лет получили награду в категории «Инженерное искусство молодых».

Среди лауреатов от железногорских спутникостроителей 3 доктора и 7 кандидатов технических наук. Специалисты АО «ИСС», отмеченные наградами всероссийского конкурса, имеют 128 патентов на изобретения, 730 научных публикаций, 162 авторских свидетельства на изобретения и 7 свидетельств о регистрации программ для ЭВМ.

Многие из специалистов-победителей отмечены высокими правительственными наградами и премиями. Так доктор технических наук Альберт Гаврилович Козлов, возглавлявший АО «ИСС» с 1996 по 2006 гг., награжден четырьмя орденами, является лауреатом двух государственных премий, автором более 200 научных трудов, имеет 17 патентов РФ. Владимир Петрович Акчурин, автор 54 патентов РФ и 140 авторских свидетельств на изобретения (из который более 80% внедрены в производство), носит звание «Заслуженный изобретатель РФ». Доктору технических наук Валерию Елисеевичу Патраеву, автору 24 научных работ, одной монографии, четырех патентов РФ, высококвалифицированному инженеру в области обеспечения надежности космических аппаратов, в 2009 году было присвоено звание «Ветеран космонавтики России».

Не отстают от опытных инженеров и молодые специалисты АО «ИСС». Так, кандидат физико-математических наук Александр Хвалько, автор 16 научных трудов и одного патента на изобретение, является одним из непосредственных участников успешно завершенного проекта по разработке унифицированного ряда электронных модулей на основе технологии «система-на-кристалле» для систем управления и электропитания космических аппаратов связи. Его коллега – Екатерина Шангина, автор 24 опубликованных научных работ, работала в группе по созданию конструктивно-компоновочных схем космических аппаратов «Экспресс – АМ5», «Экспресс – АМ6» и «Экспресс – АТ1», которые были запущены и успешно функционируют на орбите. Евгений Чубенко, автор четырех научных публикаций и одного патента РФ, является одним из главных участников по созданию для спутников связи и навигации гибкой солнечной батареи с фотопреобразователями из аморфного кремния.

По итогам достижений в 2020 году молодежный коллектив инженеров-конструкторов АО «ИСС» (Никита Соколов, Екатерина Смолякова и Александр Селоустьев) удостоен премии «Надежда России» в области науки и техники, Российского Союза научных и инженерных общественных объединений. Тема инновационного проекта – «Разработка, наземная экспериментальная отработка и внедрение в промышленное производство титановых гипертеплопроводящих секций космических аппаратов с длительным сроком

активного существования». Предложенная молодыми инженерами замена алюминия на титан в гипертеплопроводящей секции космических аппаратов позволила уменьшить массогабаритные параметры конструкции на 40%, при этом увеличив ее прочностные характеристики, и более чем в 50 раз повысить теплопроводность.

Итак, с учетом вышеизложенного, вполне уверенно можно утверждать, что в АО «Информационные спутниковые системы имени академика М.Ф. Решетнёва» (г.Железногорск) создана полноценная ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА.

На наш взгляд, основные признаки Инженерной школы в АО «ИСС» налицо:

1) налицо преемственность концептуальных взглядов лидеров Инженерной школы на поступательное развитие предприятия и передача пассионарной энергии от одного генерального конструктора к другому: от С.П. Королёва к М.Ф. Решетнёву, далее – к А.Г. Козлову и Н.А. Тестоедову;

2) наблюдается максимальный в сфере космической техники уровень получаемых результатов и признанная отечественными и зарубежными специалистами актуальность инженерных (конструкторских, технологических, проектных) разработок;

3) продукция предприятия высоко ценится на мировом рынке;

4) применение эффективных мер по воспитанию у инженеров предприятия творческого подхода к делу и неустанной инновационной активности;

5) гармоничное сочетание базового (вузовского) и профессионального (поствузовского) образования;

6) наличие комплексного подхода в подготовке инженерных кадров непосредственно на предприятии (разнообразные материальные и моральные стимулы, четкий план постоянного повышения квалификации, разнообразные формы: конференции, конкурсы и др.);

7) организация совместных структур АО «ИСС» с вузами-партнерами с разнородной научной направленностью в целях создания синергетического эффекта.

В заключение хочется привести слова из приветствия генерального директора и генерального конструктора АО «ИСС» члена-корреспондента РАН Н.А. Тестоедова лауреата всероссийского конкурса «Инженер года-2020» премии «Надежда России» в области науки и техники: «Желаю, чтобы и в дальнейшем осталась эта жажда знаний, жажда исследовать новое и интересное, жажда работать, жажда дружить и это залог наших успехов в космонавтике». И добавим от себя – это и неиссякаемый источник свершений на всем сложном пути к техническим новациям и авангардным технологиям будущего.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бионышева Е. Информационные спутниковые системы им. М.Ф. Решетнёва” — лидер рынка с 60-летней историей, https://sdelanounas.ru/blogs/135883/, 18.09.2020

2. Черток Б. Ракеты и люди. Горячие дни холодной войны – М.: Машиностроение, 1999. – 2-е изд. – 448 с. (с.104 – 105)

3. «Информационные спутниковые системы имени академика М. Ф. Решетнёва»: 60 лет побед, http://www.sib-science.info/ru/institutes/let-pobed-05092019, 05.09.2019

4. Тестоедов Н. Сегодня мы работаем в формате импортонезависимости // Газета «Наука в Сибири», http://www.sbras.info/articles/opinion/nikolai-testoedov-segodnya-my-rabotaem-v-formate-importonezavisimosti, 03.06.2015

УДК 339.94 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-258-262

СОТРУДНИЧЕСТВО–СОПЕРНИЧЕСТВО РОССИИ И КИТАЯ В НЕФТЯНОЙ СФЕРЕ
COOPERATION –COMPETITION OF RUSSIA AND CHINA IN THE OIL SECTOR

Муллакаев Марат Салаватович*, Муллакаев Роберт Маратович**
Marat S. Mullakaev*, Robert M. Mullakaev,**

**Институт общей и неорганической химии имени Н.С. Курнакова РАН, Россия, Москва*
**Kurnakov Institute of General and Inorganic Chemistry, RAS, Russia, Moscow*
(e-mail: mullakaev@mail.ru)
***РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, Россия, Москва*
***Gubkin Russian State University of Oil and Gas, Russia, Moscow*
(e-mail: mullakaev@mail.ru)

Аннотация: Работа посвящена сотрудничеству-соперничеству России и Китая в нефтяной сфере. Проведен анализ существующих противоречий и преимуществ сотрудничества России и Китая в нефтяной сфере; показана возможность совместной разработки нефтяного оборудования и технологий, а также сотрудничество наших стран в области науки и образования.

Abstract: The work is devoted to cooperation-rivalry between Russia and China in the oil sector. The analysis of the existing contradictions and advantages of cooperation between Russia and China in the oil sector is carried out; shows the possibility of joint development of oil equipment and technologies, as well as cooperation between our countries in the field of science and education.

Ключевые слова: соперничество-сотрудничество России и Китая, разработка нефтяного оборудования и технологий, сотрудничество в области науки и образования.

Key words: rivalry-cooperation between Russia and China, development of oil equipment and technologies, cooperation in the field of science and education.

В последние годы стратегическое партнерство России и Китая в нефтяной сфере развивается очень стремительно, что обусловлено рядом объективных факторов: санкции, введённые США и Европейским Союзом (ЕС) против России, разгорающаяся торговая война между США и Китаем, являющимися первыми и вторыми экономиками мира соответственно, откровенный протекционизм руководства США для собственных компаний. Особенность энергетического сотрудничества России и Китая в настоящее время обусловлено что если Россия, начиная с 2018 г. занимает 2-ое место в мире как по добыче нефти (после США) и экспорту нефти (после Саудовской Аравии) нефти, то Китай начиная с 2017 года занимает 1-ое место в мире по импорту нефти. Введение со стороны ЕС режима санкций в 2014 году против России – в то время главного потребителя нашей нефти, вынудила руководство нашей страны предпринять ряд шагов, направленных на диверсификацию экспорта нефти, где Китаю была отведена одна из главных ролей. Процессы глобализации для стран производителей, транзитеров и потребителей нефти поставили ряд проблем, связанных с обеспечением энергетической безопасности: невозможностью спрогнозировать цены на нефть на длительный период, достаточность инфраструктуры ее доставки, надёжность поставщиков [1].

Цель работы - анализ проблем и перспектив сотрудничества России и Китая в нефтяной сфере в связи с изменением структуры мирового нефтяного рынка, обусловленного замедлением роста мирового производства и как следствие совокупного спроса на нефть;

Россия и Китая это две крупные страны со своими геополитическими интересами, и поэтому они являются не только партнёрами, но и конкурентами. «Темпы роста Китая и превращение его в один из крупнейших факторов международных отношений и экономического развития мира рассматриваются многими как рост «китайской угрозы». Поэтому в России присутствуют некоторая неуверенность и сомнения в отношении в сближении с Китаем» [2]. Экономическая целесообразность далеко не всегда соответствует

политической логике, что, в конечном счёте, приводит к конфликтам. Это наглядно показала современная история отношений России с ЕС, Турцией, Украиной и Белоруссией» [3].

Столкновением их интересов России и Китая связаны прежде всего с исторически сложившимися геополитическими разногласиям*и* в Центральной Азии, богатой запасами природных ресурсов и географически близкая как России, так и Китаю. Россия исторически является ключевым партнёром для многих стран бывшего СССР в Центральной Азии: тесные торгово-экономические связи, транспортировка добываемого в этих странах углеводородного сырья через Россию, значительная доля русскоязычного населения в этих странах [4-6].

Китай в свою очередь традиционно считает данный регион сферой своих интересов, ссылаясь на глубокие исторически сложившиеся связи и существовавший некогда Шёлковый путь. В качестве примера такой конкуренции России и Китая [7]: право проведения геологоразведочных работ на шельфе Аральского моря в Узбекистане между российской «Лукойл» и китайской CNPC или приобретение КНР 49 % компании «Мангистаумунайгаз» в Казахстане, на который также претендовала компания «Газпромнефть».

Одним из главных трудностей, которые затормаживает прогресс двустороннего сотрудничества стран в нефтяной сфере, связаны с ценообразованием на поставляемые в КНР нефть. Китайская сторона стремиться получит по цене меньшей, чем рыночной и на долгосрочной основе. В рамках реализации энергетической стратегии Китая, Россия считается далеко не единственным направлением поставки нефти, а значит, расширение конкуренции приводит к тому, что России приходится идти на ценовые уступки. «Так, на фоне экономического спада на российском рынке в 2014 г. Китай, оценив положение России как вполне уязвимое, предпринял множество попыток в подписании контрактов с российской стороной на максимально выгодных для себя условиях. Впоследствии нельзя исключать, что подобная ситуация использования положения в своих целях может, несомненно, повториться» [8-9]. В настоящее время «Роснефть» поставляет CNPC нефть в обмен на взятый кредит по цене в несколько раз ниже рыночной, что толкает РФ искать более прибыльные схемы, что тоже осложняет наши отношения с КНР.

Увеличения объёмов экспорта нефти из РФ создаст угрозу усиления экономической зависимости России от Китая, когда российским компаниям навязывают условия китайского рынка, что в перспективе может привести к тому, что РФ просто станет сырьевым придатком Китая. Для этого России следует расширять энергетическое сотрудничество с другими странами Азиатско-Тихоокеанского региона, Японией, Индией и др.

Еще одним из вопросов противоречия России и Китая в сфере энергетики стал вопрос направления новых нефтепроводов из Центральной Азии [10-12]:

Китаем решается проблема диверсификации, с одной стороны независимость от поставок нефти из России (фактически разрушается монополия России на транспортировку нефти), с другой стороны – поставки нефти из стран Персидского Залива, откуда транспортировка нефти осуществляется морским путём;

Китай снижает логистические издержки, в связи близостью стран Центральной Азии, откуда транспортировка осуществляется напрямую из Казахстана, минуя Россию.

В данном проект строительства ВСТО можно рассматривать как стратегически антикитайский: опасаясь поползновений на территории Сибири и Дальнего Востока со стороны Китая в будущем. С этой точки зрения становится ясным нежелание России выбрать Китай в качестве эксклюзивного партнёра для поставки энергоресурсов на Дальнем Востоке, то есть к опасениям монополии одного потребителя добавляются соображения геополитического порядка [13]. По мнению автора, именно нефтегазовая сфера может стать тем местом, где будет происходить проверка российско-китайского стратегического партнёрства».

Для Китая преимущества сотрудничества: закупка нефти по долгосрочным контрактам, что позволяет укрепить свою энергобезопасность, понизить зависимость от поставок морским путём; стимулировать развитие северо-восточных и западных провинций страны. Для РФ преимущества совместного сотрудничество: реализация инновационных и капиталоёмких

энергетических проектов с целью глубокой переработке природных ресурсов данного региона, что поможет России уйти от ресурсно-сырьевого придатка Китая, к ресурсно-инновационному пути развития [14]. В этой связи, актуально наращивание сотрудничества не только в области поставок нефти и нефтепродуктов, но и в разработке нефтяного оборудования и перспективных технологий разведки нефтяных месторождений, бурения скважин и добычи нефти [7]. Важно также учитывать, что «осуществляя крупные совместные нефтяные проекты с Китаем, Россия может привлечь солидные зарубежные инвестиции, что даст возможность развивать ТЭК России» [15].

Министр энергетики А. Новак отметил [16], что «к 2014 году доля импорта в поставках нефтегазового оборудования в РФ была примерно 80 %, причём по некоторым позициям российские аналоги отсутствовали полностью». Но сейчас, когда Евросоюз и США наложили санкции, причём если реализуют законопроект об «адских» санкциях предусматривающий полный запрет продажи оборудования и технологий нефтегазовым компаниям из РФ. Это усилило внимание к вопросам развития собственного производства и технологий. «Зависимость нефтегазового сектора России от импорта определили в 50 %, т.е. каждую вторую закупку в нефтегазовом комплексе (НГК) российские компании делают за рубежом, в то время как участники рынка считают, что оптимальным уровнем зависимости от импорта было бы не более 20 %» [17]. Согласно данным президента Союза нефтегазопромышленников Г. Шмаля «ежегодно российские НГК закупают оборудование на десять миллиардов долларов, из которых пять миллиардов уходят за рубеж».

Среди причин такого состояния дел можно назвать следующие: отсутствие инжиниринговых компаний и собственных технологий; Россия утратила роль ведущего игрока на рынке геологоразведки, как это было в период существования СССР, поэтому столь ощутима импортозависимость в этом секторе; при существующих ценах на нефть необходимо вовремя вводить в разработку новые месторождения;

И в том направление очень перспективно сотрудничество с нефтегазовыми компаниями из Китая, - и как потенциальными инвесторами, и как партнёрами для совместной разработки нового оборудования и эффективных технологий. Причём акцент следует сделать не только на сотрудничество государственных компаний –гигантов как «Роснефть», «Газпром», Транснефть» со стороны России и CNOOC, CNPC, China National Refinery Corporation (CNRC) и Sinopec со стороны Китая, а развивать сотрудничество между малыми и средними компаниями нефтегазового сектора экономики. Известно, что примерно 60-70 % сотрудничества между компаниями США и Китая приходится именно на малый и средний бизнес. По словам уполномоченного при президенте России по защите прав потребителей Б. Титова «…что нет ничего важнее, чем развитие связей между малыми и средними предпринимателями. Наша общая задача – создать оптимальные условия для взаимодействия малых и средних компаний двух стран» [18].

Согласно [19] китайское буровое оборудование было популярно в России и до кризиса из-за его дешевизны, но после 2014 года оно стало резко наращивать свою долю и к 2018 году уже занимало более 45 % рынка буровых установок в России». Динамично развивающийся нефтяной рынок Китая представляет интерес для компаний из РФ не только для поставок нефти, но и в сфере нефтяного оборудования и технологий. Для того чтобы российским нефтегазовым компаниям оставаться конкурентоспособными на рынке современного оборудования и технологий, нужно или покупать его, или разрабатывать самим. В настоящее время налоговый режим уже подстроен под компании для привлечения инвестиций в НГК с целью развития импортозамещающих технологий, но эксперты считают отсутствие у инвесторов понимания, как использовать существующие льготы [20, 21];

Россия в течение последних четыре года проводит программу импортозамещения иностранного оборудования и технологий в НГК, который больше всего пострадала от введения секторальных санкций со стороны США и ЕС в 2014 году**.** В связи с этим планируется расширение мер господдержки импортозамещающих проектов, особенно консолидировать центры инженерных разработок для ТЭК и др. Данная ситуация даёт нам

возможности и открывает двери на новые рынки. Россия может продавать на зарубежных рынках технологии и оборудования для транспортировки нефти, бурения наклонно-направленных, горизонтальных и многозабойных скважин и многое другие. Основным препятствием на пути российского импорта является стандартизация не по российским, а по международным требованиям к проектам, вследствие 20-го отсутствия РФ на зарубежных рынках.

Сегодня в нефтепереработке России выполняются задачи увеличения глубины переработки, увеличении выхода светлых нефтепродуктов, в частности бензина. Около 40 млн тонн нефти перерабатывается в России в товарные нефтепродукты низкого качества. Сейчас заводы активно модернизируются, и после выполнения программы приблизительно в 2027 году. приступят к выработке моторных топлив. Самое важное — это внедрить технологии, которые позволят удешевить процесс добычи и транспортировки, создадут дополнительные рабочие места, повысят энергоэффективность, а потом уже будут использованы, в-третьих, странах (КНР, Иран, Ирак, Лаос, Вьетнам, Камбоджа и др.), как передовые.

Большую работу руководство Китая провели в сфере науки и технологий, которая открылась для рыночной конкуренции. Удалось построить систему финансирования НИИ, основанную на конкуренции, и сформировать модель ее управления, для более эффективного продвижения полученных результатов на рынок. В результате Китай в последние десятилетия вышел на второе место в мире (после США) в области научных разработок.

Чтобы ускорить коммерциализацию результатов научных исследований, В КНР государство поощряет НИИ и университеты к созданию дочерних компаний, стимулируя учёных к более активной коммерческой деятельности. Был сформирован новый институт - технологический рынок, призванный содействовать трансферу технологий от создателей к потребителям. Кроме того, с целью поддержки развития высокотехнологичных компаний по всей стране были созданы особые экономические зоны. Но в Китае остаются проблемы связанные с необходимостью развития кадрового потенциала в нефтегазовой промышленности. И учитывая опыт России такое сотрудничество с достаточно перспективно. Для НГК России хорошие перспективы открывает Федеральный закон № 217-ФЗ, разрешающий бюджетным учреждениям академической и вузовской науки создавать совместные предприятия на базе их интеллектуальной собственности. Такие предприятия с китайской стороной могли бы иметь сильные позиции и на рынках третьих стран.

Подводя итоги, отметим, что, по нашему мнению, для России стратегическими направлениями сотрудничества с Китаем в нефтяной сфере являются:

переход нефтяной отрасли на путь инновационного и энергоэффективного развития: повышение эффективности добычи и переработки нефти, модернизация старой и создание новой инфраструктуры на основе технологического обновления НГК;

изменение структуры производства энергоресурсов, уменьшение продаж сырой нефти и увеличение ее переработки;

создание конкурентной рыночной среды, что предполагает уменьшение государственного регулирования; создание благоприятной инвестиционной среды, создание совместных предприятий в кластере малого и среднего бизнеса.

Взаимодействие России и Китая в нефтяной сфере носит двойственный характер: есть как элементы соперничества, так сотрудничества, и куда качнётся существующее равновесие во многом зависит как от ряда объективных причин, так и желания политической воли руководства наших стран и желания самих народов в расширении взаимовыгодного сотрудничества в сфере науки, образования, культуры и др. Хорошо известно, что китайцы «сложные переговорщики», но учитывая объективные геополитические реалии, отношения между нашими странами можно поставит на взаимовыгодную экономическую основу. Тогда все проблемы, стоящие в рамках нашего сотрудничества в нефтяной сфере, пусть тяжело, но можно успешно решить.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лопатин Д.В.* Сотрудничество России и Китая в сфере энергетики. Автореферат дис. канд. полит. наук. СПб.: СПбГУ, 2011. 20 с.

2. *Чу Лин.* Политические и экономические аспекты сотрудничества между КНР и РФ в сфере энергетики. Дис. канд. полит. наук. СПб.: СПбГУ, 2015. 147 с.

3. *Фарес Кильзие*. Энергетика отношений: Китай не может найти в России ничего, кроме сырья // Forbes Contributor. 02.06.2017. https://www.forbes.ru/biznes/345361-energetika-otnosheniy-kitay-ne-mozhet-nayti-v-rossii-nichego-krome-syrya.

4. *Васецова Е.С., Шапкин М.Н.* Республика Казахстан в центральноазиатской стратегии Российской Федерации // Мировая политика. 2017. № 7 1. - http://e-notabene.ru/wi/article_21482.html

15 *Муллакаев М.С.* Экономико-технологические проблемы повышения эффективности нефтедобычи на Каспии // Современная научная мысль. 2016. № 4. С. 220-226.

6. *Турицын И.В., Муллакаев М.С.* Россия и современные проблемы нефтяной геополитики Каспия // Современная научная мысль. 2016. № 6. С. 220-226.

7. *Васецова Е.С.* Проблемы и перспективы российско-китайского взаимодействия в области энергетики // 2017. https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-i-perspektivy-rossiysko-kitayskogo-vzaimodeystviya-v-oblasti-energeti.

8. *Момотова А.А., Бударина Н.А*. Проблемы и перспективы сотрудничества России и Китая в нефтегазовой сфере // https://interactive-plus.ru/ru/article/471396/discussion_platform.

9. *Ханина Е.Ю.* Россия и Китай: взаимодействие в топливно-энергетической сфере // ЦИТИСЭ. 2016. №2. 38 с

10. *Мухаметов Р.С.* Проблемы российско-китайских отношений на современном этапе. // 2012. http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/20957/1/iuro-2012-106-05.pdf

11. *Муллакаев М.С.* Современное состояние проблемы извлечения нефти // Современная научная мысль. 2013. № 4. С. 185-191.

12. *Муллакаев М.С.* Современные методы увеличения нефтедобычи: проблемы и практика применения // Современная научная мысль. 2015. № 5. С. 98-111.

13. *Перфильев Никита*. Перспективы и проблемы российско-китайского нефтегазового сотрудничества. // https://docplayer.ru/36484635-Nikita-perfilev-1-perspektivy-i-problemy-rossiysko-kitayskogo-neftegazovogo-sotrudnichestva.html

14. Проект Энергетической стратегии России до 2035 года // Институт энергетической стратегии (ГУ ИЭС). // http://www.energystrategy.ru/projects/energystrategy.htm

15. *Анненков В.И., Лахтовский Н.Н.* Энергетическая безопасность в условиях глобализации // Обозреватель –Observer РАУ(У). - 2010. - №1.

16. *Новак А.* Кормильцы России. Что будет, когда закончится нефть. Как новые санкции США ударят по нефтегазовой отрасли России. Газета.Ru. 27.02.2019.

17. *Воздвиженская А*. Работа на равных. Российская газета № 44(750).

18. Российско-китайский комитет дружбы, мира и развития. // http://russian-chinese.com/author/stas/ .

19. *Коростиков М.* Дружба на расстоянии руки. Коммерсантъ" от 31.05.2019. // https://www.kommersant.ru/doc/3984186

20. *Mullakaev M.S.* US intensification of the processes of enhanced oil recovery, processing of crude oil and oil sludge, purification of oil-contaminated water. M.: HELRI, 2018. 376 p.

21. *Муллакаев М.С.* УЗ интенсификация процессов добычи и переработки нефти, очистки нефтезагрязненных вод и переработки нефтешламов. М.: НИИ ИЭП, 2019. 412 с.

УДК 528.3 DOI: 10.37816/eeste-2021-2-263-293

ОБЩЕСТВЕННЫЕ ОБЪЕДИНЕНИЯ НАУЧНЫХ И ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ ОТРАСЛИ ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ
PUBLIC ASSOCIATIONS OF SCIENTIFIC AND ENGINEERING WORKERS IN THE FIELD OF GEODESY AND CARTOGRAPHY

Забнев Виктор Иванович, Побединский Геннадий Германович, Тагунов Василий Петрович, Шаяпов Радмил Гилязетдинович
Viktor I. Zabnev*, Gennady G. Pobedinsky*, Vasily P. Tagunov*, Radmil G. Shayapov*

Российское общество геодезии, картографии и землеустройства, Россия, Москва
Russian Society of Geodesy, Cartography and Land Management, Russia Moscow
(e-mail: info@rosgeokart.ru)

Аннотация: Рассмотрены история возникновения научно-технических обществ в России и современное состояние общественных объединений научных и инженерно-технических работников геодезии, картографии, геоинформатики. Более подробно рассмотрены этапы создания Российского общества геодезии, картографии и землеустройства. Раскрыта деятельность Общества в настоящее время.

Abstract: The history of scientific and technical societies in Russia and the current state of public associations of scientific and engineering workers in geodesy, cartography, and Geoinformatics are considered. The stages of creation of the Russian society of geodesy, cartography and land management are considered in more detail. The Society's current activities are disclosed.

Ключевые слова: геодезия, картография, наука, образование, производство, топография, управление, общество геодезии, картографии и землеустройства.

Keywords: geodesy, cartography, science, education, production, topography, government, society of geodesy, cartography and land management.

Введение

Научные общества в России появились лишь во второй половине XVIII века при Екатерине II. Первым российским научным обществом стало «Вольное экономическое общество», созданное графом Григорием Орловым при содействии Екатерины II в 1765 году. Оно стало первой общественной организацией в Российской империи. В «Вольное экономическое общество» входило отделение «Сельскохозяйственных технических производств и земледельческой механики». Фактически это оно и стало первым инженерным обществом в России. Первый этап становления общественных организаций в России был краткосрочным. После Французской революции в 1789 году общественные организации были упразднены, а общественная деятельность фактически запрещена. Второй этап развития научных и технических обществ в России начался уже в XIX веке [1].

Научно-технические общества в России возникли во 2-й половине XIX века по инициативе передовых учёных и инженеров, объединявшихся для содействия развитию отечественной науки, техники, промышленности. Первыми были Русское географическое общество (1845), Русское энтомологическое общество (1859), Императорское Русское общество акклиматизации животных и растений (1864), Русское техническое общество (1866). Впоследствии на основе Русского технического общества были созданы химическое, физическое, металлургическое, горное и др. общества. На конференциях, съездах, в трудах научных обществ были впервые обнародованы важнейшие открытия Д. И. Менделеева, Д. К. Чернова, А. С. Попова, А. Н. Крылова, К. Э. Циолковского и др.

Первая Мировая война, революция 1917 года и Гражданская война нанесли серьезный урон российскому инженерному сообществу. Несмотря на огромный провал уже в конце 20-х годов СССР заложил основы для восстановления инженерного сообщества в стране.

Необходимость индустриализации и развития государства в целом способствовала активному открытию инженерно-технических вузов. Статус инженера снова повысился, профессия стала одной из престижнейших в стране. Довольно быстро в СССР сформировалось новое инженерное сообщество.

Советское правительство в августе 1921 г. вынесло постановление (подписано В. И. Лениным) о содействии научным обществам в деле разработки и широкого освещения технических и хозяйственно-организационных вопросов, в проведении съездов и совещаний, издании печатных органов.

Первыми советскими научно-техническими обществами стали: Русское техническое общество, Русское физико-химическое общество, Политехническое общество, Русское металлургическое общество, Общество инженеров-электриков, Общество гражданских инженеров, Горное общество, Постоянное бюро русских водопроводных съездов Общество русских электротехников, Молодое химическое общество, Русское общество радиоинженеров, Центральное бюро инженеров железнодорожного транспорта, Клуб горных инженеров [1].

Русское техническое общество было закрыто в 1929 г. и вместо него были организованы инженерно-технические общества.

С апреля 1930 г. деятельность научно-технических обществ координировалось Всесоюзным Советом Научно-технических обществ, находившимся при Всесоюзном межсекционном бюро инженеров и техников ВЦСПС.

Постановлением ЦК ВКП(б) от 19 ноября 1931 г. научно-технические общества были реорганизованы в самостоятельные научные инженерно-технические общества, связанные с инженерно-техническими секциями, имевшимися во всех профсоюзах. Задачи, которые должны были решать создаваемые общества, заключались в повышении квалификации своих членов, в разработке научно-технических проблем реконструкции народного хозяйства, в постановке и решении новых научно-исследовательских и научно-технических задач. С января 1932 г. начал действовать Всесоюзный совет научных инженерно-технических обществ.

В июне 1933 г. в стране насчитывалось 44 Всесоюзных научных инженерно-технических общества. К концу 1938 г. после отказа от узкой специализации, уточнения функций, слияния близких по профилю объединений их количество составило 26.

В период Великой Отечественной войны (1941 - 1945) общества продолжали функционировать, работая преимущественно на оборону. Война отрицательно сказалась на сохранности документов: погибли документы за 30-е годы. В июне 1953 г. в стране насчитывалось 29 Всесоюзных научно-технических обществ, которые 24 декабря 1954 г. постановлением ЦК КПСС «О научных инженерно-технических обществах» были реорганизованы в массовые научно-технические общества по отраслям производства, а руководство ими возложено на ВЦСПС. 27 января 1955 постановлением Секретариата ВЦСПС было утверждено 21 научно-техническое общество. Постановлением Президиума ВЦСПС от 11 марта 1955 г. был утвержден единый для всех обществ Устав.

Президиум ВЦСПС 23 сентября 1955 г. утвердил Положение о Всесоюзном совете научно-технических обществ, в котором указывалось, что он создается при ВЦСПС для руководства деятельностью научно-технических обществ из состава членов центральных правлений научно-технических обществ, работников профсоюзных органов и работников министерств и ведомств, являвшихся юридическими членами обществ. К 1964 г. сложилась система руководящих органов научно-технических обществ: Всесоюзный съезд, пленумы, президиум и бюро президиума Всесоюзного совета НТО. Состоялось 4 Всесоюзных съезда НТО (1959, 1964, 1968, 1973) [2, 3, 4].

На VII Всесоюзном съезде НТО 4 февраля 1988 г. было принято решение об учреждении Союза научных и инженерных обществ СССР и об объявлении VII Всесоюзного съезда первым учредительным съездом. 25 ноября 1991 г. Всесоюзная конференция Союза научных и инженерных обществ приняла решение об упразднении Союза научных и

инженерных обществ СССР и образовании Союза научных и инженерных объединений со статусом международного.

Международный Союз научных и инженерных общественных объединений (Союз НИО) – международная общественная организация, членами которой являются 10 национальных научно-инженерных объединений России, Украины, Казахстана и других стран Содружества Независимых Государств, а также 35 профессиональных обществ и ассоциаций [5]. Союз НИО является членом Всемирной Федерации Инженерных Организаций (World Federation of Engineering Organizations - WFEO) [6], членом Европейской Федерации Национальных Инженерных Организаций (European Federation of National Engineering Associations - FEANI) [7], сотрудничает со многими региональными и международными организациями.

Входящий в Союз НИО Российский Союз научных и инженерных общественных объединений (РосСНИО) - творческий Союз общественных научных, научно-технических, инженерных, экономических объединений, являющихся юридическими лицами, созданный на основе общности творческих профессиональных интересов ученых, инженеров и специалистов для реализации общих целей, и задач [8].

Главными целями Союза являются объединение и координация усилий его членов по реализации и защите профессиональных и социальных прав, интересов, потребностей научных, инженерно-технических работников и специалистов, развитию научной и инженерной деятельности в стране как особых видов духовного творчества, продолжение и развитие отечественных традиций и ценностей, накопленных российской научно-технической интеллигенцией - представителями Русского технического общества, созданного в 1866 году.

Российский Союз научных и инженерных общественных объединений является членом двух международных общественных объединений: Международного Союза научных и инженерных общественных объединений, и Всемирной федерации инженерных организаций.

Высшей наградой РосСНИО и Союз НИО является Золотая медаль имени В. Г. Шухова. Эта награда учреждена совместно с Международным Союзом научных и инженерных общественных объединений. Нагрудная золотая медаль имени В. Г. Шухова присуждается ученым, инженерам и специалистам за выдающийся вклад в развитие науки и техники.

Настольная Золотая медаль имени В. Г. Шухова присуждается отечественным и зарубежным ученым, инженерам и специалистам, внесшим большой вклад в развитие инженерной науки, техники, высшего профессионального образования, в создание новых наукоемких технологий, новых видов машин, оборудования, приборов и организацию их производства, а также за их многолетнюю и плодотворную работу в организациях Союза НИО и АИН РФ по расширению и углублению международных связей и укреплению научно-технического сотрудничества [5, 8].

Решением Бюро Совета Союза НИО и Президиума АИН РФ от 19 марта 2019 г. высшая награда - настольная Золотая медаль имени выдающегося российского, советского инженера В. Г. Шухова за основной вклад в разработку и внедрение Государственной геодезической системы координат ГСК-2011 присуждена коллективу научных и производственных работников отрасли геодезии и картографии, под руководством выдающегося советского и российского ученого геодезиста Г. В. Демьянова.

Членом Международного и Российского Союзов научных и инженерных общественных объединений является Межрегиональная общественная организации «Российское общество геодезии, картографии и землеустройства».

Рисунок 1 – Настольная Золотая медаль имени выдающегося российского, советского инженера В. Г. Шухова.

Рисунок 2 – Диплом награждения настольной Золотой медалью имени В. Г. Шухова за основной вклад в разработку и внедрение Государственной геодезической системы координат ГСК-2011.

Русское географическое общество

Старейшей общественной организацией в сфере геодезии и картографии заслуженно считается Русское географическое общество [9]. Русское географическое общество (РГО) было основано по высочайшему повелению Императора Николая I в 1845 году. Идея о создании Общества принадлежала адмиралу Ф. П. Литке, воспитателю будущего первого Председателя РГО Великого князя Константина Николаевича. Задачей новой организации было: «собрать и направить лучшие молодые силы России на всестороннее изучение родной земли».

Среди учредителей РГО были знаменитые мореплаватели: адмиралы Ф. П. Литке, И. Ф. Крузенштерн, Ф. П. Врангель, П. И. Рикорд; члены Петербургской Академии наук: естествоиспытатель К. М. Бэр, астроном В. Я. Струве, геолог Г. П. Гельмерсен, статистик П. И. Кеппен; видные военные деятели (бывшие и действующие в то время офицеры Генерального штаба): генерал-квартирмейстер Ф. Ф. Берг, картограф М. П. Вронченко и М. Н. Муравьев; представители русской интеллигенции: лингвист В. И. Даль и князь В. Ф. Одоевский.

Вот как охарактеризовал сущность Русского географического общества знаменитый географ, путешественник и государственный деятель П. П. Семенов (Тян-Шанский):

«Свободная и открытая для всех, кто проникнут любовью к родной земле и глубокой, несокрушимой верой в будущность Русского государства и русского народа, корпорация».

С момента основания Русское географическое общество не прекращало своей деятельности, однако название организации неоднократно изменялось: свое современное имя оно носило в 1845–1850, 1917–1926 гг. и с 1992 г. по настоящее время. Именовалось Императорским с 1850 по 1917 г. В советское время назвалось Государственное географическое общество (1926–1938) и Географическое общество Союза ССР (или Всесоюзное географическое общество) (1938–1992).

В разные годы Русским географическим обществом руководили представители Российского Императорского дома, знаменитые путешественники, исследователи и государственные деятели. Председателями Русского географического общества были: Великие князья Константин Николаевич (1845–1892) и Николай Михайлович (1892–1917), а Вице-Председателями являлись: Ф. П. Литке (1845–1850, 1857–1872), М. Н. Муравьев (1850–1856), П. П. Семенов-Тян-Шанский (1873–1914), Ю. М. Шокальский (1914–1917). С 1931 г. Обществом руководили Президенты: Н. И. Вавилов (1931–1940), Л. С. Берг (1940–1950), Е. Н. Павловский (1952–1964), С. В. Калесник (1964–1977), А. Ф. Трёшников (1977–1991), С. Б. Лавров (1991–2000), Ю. П. Селиверстов (2000–2002), А. А. Комарицын (2002–2009), С. К. Шойгу (2009 – по настоящее время).

В 1851 г. открылись два первых региональных отдела Русского географического общества: Кавказский в Тифлисе и Сибирский в Иркутске, затем создаются отделы: Оренбургский, Северо-Западный в Вильно, Юго-Западный в Киеве, Западно-Сибирский в Омске, Приамурский в Хабаровске, Туркестанский в Ташкенте. Они проводили обширные исследования своих регионов. К 1917 г. ИРГО насчитывало 11 отделов (включая штаб-квартиру в Санкт-Петербурге), 2 подотдела и 4 отделения.

В советское время работа Общества изменилась, РГО сосредоточилось на относительно небольших, но глубоких и всесторонних региональных исследованиях, а также крупных теоретических обобщениях. Значительно расширилась география региональных отделений: по состоянию на 1989–1992 гг. в ГО СССР работало Центральное отделение (в Ленинграде) и 14 республиканских отделений. В РСФСР насчитывалось 18 филиалов, 2 бюро и 78 отделов.

При содействии Русского географического общества в 1918 г. было создано первое в мире высшее учебное заведение географического профиля – Географический институт. А в 1919 г. одним из наиболее известных членов Общества П. П. Семеновым-Тян-Шанским был основан первый в России географический музей, в период расцвета его коллекции занимали третье место в России после Эрмитажа и Русского музея.

В советский период Общество активно развивало новые направления деятельности, связанные с пропагандой географических знаний: учреждена комиссия соответствующей направленности, открыто Консультативное бюро под руководством Л. С. Берга, начал свою работу знаменитый лекторий им. Ю. М. Шокальского.

В ноябре 2009 года Президентом Русского географического общества был избран С. К. Шойгу, был сформирован представительный по составу участников Попечительский Совет, председательство в котором принял на себя Президент России В. В. Путин.

Сегодня в Русском географическом обществе насчитывается более 23 200 членов в России и за рубежом. Региональные отделения имеются во всех 85 регионах Российской Федерации.

Основными направлениями деятельности Русского географического общества являются экспедиции и исследования, образование и просвещение, охрана природы, издание книг, работа с молодежью [10].

В 1947 г. Большой золотой медалью Географического общества СССР / Русского географического общества было награждено Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР (ГУГК при СМ СССР) за создание Большого советского атласа Мира [11, 12, 13, 14].

Всесоюзное астрономо-геодезическое общество

Всесоюзное астрономо-геодезическое общество (ВАГО) было организовано в результате объединения в 1932 г. Русского астрономического общества (РАО), основанного в 1890 г., Московского общества любителей астрономии (МОЛА), основанного в 1908 г., Русского общества любителей мироведения (РОЛМ), основанного в 1909 г., Нижегородского кружка любителей физики и астрономии, основанного в 1888 г., ряда других астрономических и геодезических обществ и кружков [15].

19 мая 1932 г. сектор науки Народного комиссариата просвещения РСФСР (Наркомпрос РСФСР) в ответ на полученный им «Проект комиссии ВЦИК о реорганизации научных обществ, находящихся в ведении Наркомпроса РСФСР» составил заключение, в котором, в частности, говорилось, что «...сектор науки Наркомпроса РСФСР считает необходимым проведение следующих организационных мероприятий по линии научных обществ: ...Ленинградское общество астрономов-геодезистов, Московское общество любителей астрономии, Нижегородский кружок любителей астрономии и все аналогичные общества объединить в единое Всесоюзное астрономо-геодезическое общество с центром в Москве».

10 июля 1932 г. было опубликовано утвержденное постановлением ВЦИК и СНК РСФСР «Положение о добровольных обществах и союзах». 1 августа 1932 г. состоялось заседание Президиума Всероссийского Центрального Исполнительного Комитета, на котором был утвержден Устав Всесоюзного астрономо-геодезического общества (протокол № 53, п. 3). Дату 1 августа 1932 г. принято считать официальным началом деятельности Всесоюзного астрономо-геодезического общества (ВАГО). Оно стало первым научным обществом, созданным в Советском Союзе.

Деятельность ВАГО распространялась на всю территорию СССР. Высшим руководящим органом общества становился Всесоюзный астрономо-геодезический съезд, а его исполнительным органом - правление ВАГО.

Всесоюзное астрономо-геодезическое общество, согласно § 1 устава, - организация общественной самодеятельности трудящихся. В области астрономии, геодезии и картографии общество должно принимать активное участие в социалистическом строительстве, содействовать укреплению обороны страны. Уставом было дано четкое указание, что ВАГО обязано увязывать всю свою деятельность с общегосударственным планом народного хозяйства и социально-культурного строительства, практически участвовать в осуществлении очередных задач советской власти в области астрономии, геодезии и картографии.

Особое внимание было обращено на состав членства ВАГО, который составлялся на основе вовлечения в общество «широких трудящихся масс» - научных, инженерно-технических и педагогических работников, занимающихся астрономией, геодезией, картографией и астрономо-геодезическим инструментоведением, а также учащихся специальных учебных заведений и лиц, интересующихся астрономией и геодезией.

Важной задачей ВАГО должна была стать популяризация и пропаганда знаний среди широких масс трудящихся. Одной из главных задач, стоящих перед новым обществом, была его роль в повышении квалификации научно-технических кадров, в том числе в улучшении преподавания астрономии и геодезии. Значительное внимание в работе ВАГО уделялось проблемам геодезии. В уставе, в частности, было указано на необходимость «...бороться за реконструкцию старых и создание новых методов исследования и съемки, отвечающих масштабам и темпам социалистического строительства...».

Организационное оформление ВАГО произошло на I Всесоюзном астрономо-геодезическом съезде, который проходил в Москве с 17 по 21 января 1934 г. На съезде присутствовало 210 делегатов, из них 167 с решающим голосом и 43 с совещательным. Из числа делегатов с решающим голосом 74 были из Москвы, 93 прибыли из других городов СССР. Геодезистов было37 человек.

Ядром общества в те годы была Московская организация - бывшее Московское общество любителей астрономии (МОЛА), юридически прекратившее свою деятельность и

реорганизованное в Московское отделение Всесоюзного астрономо-геодезического общества (МОВАГО) в августе 1932 г.

14 января 1934 г. чрезвычайное общее собрание Нижегородского кружка любителей физики и астрономии приняло резолюцию, в которой признавалось «... необходимым организовать Горьковское отделение ВАГО в качестве полного правонаследника Кружка любителей физики и астрономии..», 27 апреля 1934 г. на общем собрании была принята резолюция, где было сказано об организации «...на основах, предусмотренных положением о Всесоюзном астрономо-геодезическом обществе (ВАГО), Горьковского Астрономо-геодезического общества (ГАГО) - Краевого отделения ВАГО...». До 1942 года оно называлось ГАГО, а затем стало именоваться Горьковским отделением ВАГО (ГО ВАГО) [15].

По Постановлению Президиума Верховного Совета СССР от 16 апреля 1938 г. Всесоюзное астрономо-геодезическое общество передано в ведение Академии наук СССР.

Деятельность общества осуществлялась Центральным советом, президиумом, секциями, отделениями, комиссиями Центрального совета, а также отделениями общества со своими секциями, отделами и комиссиями. В Центральном совете работали секции: астрономическая, геодезическая, картографическая, учебно-методическая, массовая, инженерно-геодезических и маркшейдерских работ в строительстве, юношеская, редакционно-издательская; отдел любительского телескопостроения, серебристых облаков; комиссии истории астрономии и геодезии, метеорная станция им. Затейщикова (Симферополь) на правах секции Центрального совета и ассоциация наблюдателей комет.

Общество издавало «Научные труды ВАГО», «Циркуляры ВАГО» и «Сообщения ЦС ВАГО». Кроме того, под эгидой ВАГО издавался журнал «Астрономический вестник», научно-популярный журнал «Земля и Вселенная», «Астрономический календарь» и «Библиотека любителя астрономии».

Общество проводило съезды через каждые 5 лет и ежегодно - пленумы. Последний Устав ВАГО принят на VIII съезде в 1986 г., утвержден президиумом АН СССР и издан в 1987 г. [16].

На X внеочередном съезде в Симферополе в декабре 1991 г. Всесоюзное астрономо-геодезическое общество преобразовано во всероссийское Астрономо-геодезическое общество (АГО), которое было зарегистрировано Министерством юстиции Российской Федерации 5 марта 1992 г. В 2001 г. Астрономо-геодезическое общество (АГО) вынужденно перерегистрировалось в Межрегиональную общественную организацию «Астрономо-геодезическое объединение» (МООАГО). Межрегиональная общественная организация «Астрономо-геодезическое объединение» основана на добровольном членстве и является некоммерческим формированием, созданным по инициативе граждан. Одной из основных идей МООАГО является популяризация и пропаганда астрономии и геодезии среди населения. Упор делается, прежде всего, на молодежь. МООАГО преемник идей и основных направлений деятельности Русского астрономического общества, учрежденного в 1890 году и Всесоюзного астрономо-геодезического общества ВАГО [17].

Не обошли реформы 1990-х годов и Горьковское отделение ВАГО. В 1991 г. общее собрание отделения решило возвратить первоначальное название Нижегородского кружка любителей физики и астрономии и зарегистрироваться в органах юстиции в качестве самостоятельной организации. 2 июня 1992 г. была зарегистрирована Нижегородская областная общественная организация «Нижегородский кружок любителей физики и астрономии» [18].

Национальные комитеты геодезистов, картографов и фотограмметристов

Национальные комитеты геодезистов, картографов и фотограмметристов были созданы для участия отечественных учёных и специалистов, работающих в области геодезии, картографии и фотограмметрии в деятельности следующих международных неправительственных организаций:

- Международная федерация геодезистов (МФГ) - International Federation of Surveyors (FIG), основана в 1878 г. в Париже на Первом Международном конгрессе геодезистов;
- Международная картографическая ассоциация (МКА) - International Cartographic Association (ICA), основана в 1961 г. в Париже на первой Международной картографической конференции;
- Международное общество фотограмметрии и дистанционного зондирования (МОФДЗ) - International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS), основано в 1910 г. как Международное фотограмметрическое общество (МФО) - International Society for Photogrammetry (ISP), после принятия решения на XIV конгрессе в 1980 г. получило современное название.

Национальный комитет геодезистов

В 1978 году была достигнута договоренность о вступлении геодезической общественности Советского Союза в Международную федерацию геодезистов. Перед вступлением в МФГ была образована национальная ассоциация - Советский комитет геодезистов (СКГ), насчитывающий около 1 200 человек, представляющих научно-исследовательские и производственные организации, геодезические службы, профессорско-преподавательский состав высших и средних специальных учебных заведений. СКГ был образован по инициативе ГУГК при СМ СССР и находился в его ведении. В июле 1978 г. в Париже, в год столетия МФГ, на заседании Постоянного комитета МФГ Советский комитет геодезистов был принят в Международную федерацию геодезистов. На XVI Конгрессе в 1981 г. в Швейцарии это решение Постоянного комитета было ратифицировано Генеральной ассамблеей МФГ. Рабочим органом Советского комитета геодезистов было бюро, в которое входили А. С. Земцев – председатель СКГ, И. Т. Антипов, В. Д. Большаков, Е. В. Громов – заместители председателя, Ю. В. Мохов – ученый секретарь, В. И. Берк, Н. Н. Воронков, Г. К. Добрынин, Ю. К. Неумывакин – члены бюро [19].

В 1992 г. с Исполкомом МФГ был согласован вопрос о членстве России в МФГ. В феврале 1994 г. был образован Национальный комитет геодезистов России (НКГ), в состав которого вошли специалисты различных российских ведомств, всего 49 человек. России. Председателем НКГ России был избран заместитель руководителя Роскартографии А. В. Горбов, заместителями председателя - директор ЦНИИГАиК Н. Л. Макаренко, директор МАГП А. В. Бородко, проректор МИИГАиК Х. К. Ямбаев, ученым секретарем - зав. отделом ЦНИИГАиК Т. П. Агилера. Были сформированы рабочие комиссии комитета в соответствии со структурой МФГ. Деятельность НКГ была реорганизована в 1999 г. [20].

Национальный комитет картографов

Советский Союз вступил в МКА на II Международной картографической конференции, которая состоялась в 1964 году в г. Эдинбурге, Великобритания.

Для участия в мероприятиях МКА 22 января 1965 года постановлением Президиума АН СССР при Национальном комитете советских географов в качестве его секции был образован Национальный совет картографов СССР с возложением на него функций, связанных с подготовкой и проведением международных научных мероприятий по вопросам картографии. Постановлением Президиума АН СССР от 14 октября 1971 года с № 867 Национальный совет картографов СССР был передан в ведение ГУГК при СМ СССР и преобразованный в Национальный комитет картографов СССР. В разное время Национальный комитет возглавляли такие известные картографы, как К. А. Салищев, М. И. Никишов, Е. П. Аржанов. Национальный комитет картографов СССР существовал до 1990 г. [21].

Приказом Федеральной службы геодезии и картографии России от 22 июня 1994 г. № 60п был образован Национальный комитет картографов Российской Федерации (НКК), утвержден его состав и положение о Национальном комитете [22]. Председателем Национального комитета картографов Российской Федерации в 1994–1997 гг. был руководитель Роскартографии Н. Д. Жданов, заместителями председателя Е. П. Аржанов (Московский государственный педагогический университет), А. А. Лютый (Институт

географии РАН), И. И. Максимов (Роскартография), ученым секретарем - В. И. Берк (Картгеоцентр). Деятельность НКК была реорганизована в 1999 г. [20, 23].

Национальный комитет фотограмметристов

Распоряжением Совета Министров СССР от 8 июля 1968 г. № 1412р было принято решение о вступлении нашей страны в МФО и создании при ГКГК при СМ СССР Национального комитета фотограмметристов (НКФ), в который входили представители министерств и ведомств страны, имеющих отношение к фотограмметрии и аэрофотосъемке. СССР приняли в МФО на XI Конгрессе Международного фотограмметрического общества (МФО), который проходил в 1968 г. в Лозанне (Швейцария). Первым Председателем НКФ и руководителем делегации на XI Конгрессе был заместитель начальника ГУГК при СМ СССР Л. А. Кашин. С 1987 г. по 2000 г. НКФ возглавлял А. А. Дражнюк, заместитель начальника ГУГК при СМ СССР, заместитель руководителя Роскартографии, а затем руководитель Роскартографии.

На XIV Конгрессе, который проходил в 1980 г. в Гамбурге (ФРГ) Международное общество фотограмметрии (МФО) было переименовано в Международное общество фотограмметрии и дистанционного зондирования (МФОДЗ). На этом же конгрессе на период с 1980 г. по 1984 г. вторым вице-президентом Общества был избран директор научно-исследовательского института прикладной геодезии (НИИПГ) И. Т. Антипов. В этот период с участием И. Т. Антипова и НКФ СССР был пересмотрен устав МОФДЗ и подготовлен многоязычный словарь по фотограмметрии и дистанционному зондированию. Деятельность НКФ была реорганизована в 1999 г. [20, 24].

Основываясь на уставах международных неправительственных организаций по геодезии, картографии и фотограмметрии (МОФДЗ, МФГ и МКА), Федеральном законе «О геодезии и картографии» постановлением Коллегии Федеральной службы геодезии и картографии России и Президиума Центрального правления Российского общества геодезии, картографии и землеустройства от 27 апреля 1999 г. № 8/2 деятельность комитетов по участию в МОФДЗ, МФГ и МКА, которые являются официальными представителями Российской Федерации и членами указанных международных организаций, была реорганизована. Постановлением были председателями комитетов были утверждены заместители руководителя Роскартографии:

С. А. Лазарев - председатель Комитета по участию в деятельности МОФДЗ,

А. В. Горбов - председатель Комитета по участию в деятельности МФГ,

А. Н. Прусаков - председатель Комитета по участию в деятельности МКА.

В 1999 - 2000 гг. были утверждены по согласованию с Центральным правлением Российского общества геодезии, картографии и землеустройства составы и положения о Комитетах по участию в деятельности МКА, МОФДЗ и МФГ.

После упразднения в 2004 г. Федеральной службы геодезии и картографии России и образования Федерального агентства геодезии и картографии в составе Минтранса России деятельность комитетов была практически приостановлена, а после упразднения в 2009 г. Федерального агентства геодезии и картографии возобновление работы национальных комитетов Федеральной службой государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр) не была поддержано. Обращение в Росреестр с просьбой о передаче полномочий по организации деятельности Национального комитета геодезистов России, Российского комитета по фотограмметрии и дистанционному зондированию, Национального комитета картографов Российской Федерации в МИИГАиК сформулированное во время работы круглого стола «Перспективы развития картографо-геодезической отрасли» на международной научно-технической конференции «Геодезия, картография и кадастр — XXI век» (26 мая 2009 г.) не были поддержаны [25].

Секция геодезии национального геофизического комитета

Национальный геофизический комитет Российской академии наук (НГК РАН) осуществляет членство России в Международном геодезическом и геофизическом союзе

(International Union of Geodesy and Geophysics IUGG), а также в его ассоциациях: Международной ассоциации геодезии (International Association of Geodesy IAG), Международной ассоциации сейсмологии и физики недр Земли (International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior IASPEI), Международной ассоциации вулканологии и химии недр Земли (International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior IAVCEI), Международной ассоциации геомагнетизма и аэрономии (International Association of Geomagnetism and Aeronomy IAGA), Международной ассоциации метеорологии и атмосферных наук (International Association of Meteorology and Atmospheric Sciences IAMAS), Международной ассоциации гидрологии (International Association of Hydrological Sciences IAHS), Международной ассоциации физических наук об океане (International Association for the Physical Sciences of the Oceans IAPSO) и Международной ассоциации криосферных наук (International Association of Cryospheric Sciences IACS). 1957 год был объявлен Международным геофизическим годом (МГГ). в Советском Союзе решением Правительства в августе 1954 г. для координации работ был создан специальный орган - Междуведомственный комитет по подготовке и проведению МГГ. В январе 1961 г. на основе Советского комитета МГГ был создан Междуведомственный геофизический комитет при Президиуме АН СССР (МГК). На базе МГК в июне 1992 г. был создан Национальный геофизический комитет. НГК РАН, аналогично ассоциациям IUGG включает следующие секции: геодезии, геомагнетизма и аэрономии, сейсмологии и физики недр Земли, вулканологии и химии Земли, метеорологии и атмосферных наук, гидрологических наук, физических наук об океане, криосферных наук [26].

Секция геодезии НГК РАН [27] осуществляет взаимосвязь с Международной ассоциацией геодезии (МАГ) Международного союза геодезии и геофизики (МГГС), а также другими научными и профессиональными организациями. Основными результатами работы секции являются национальные отчеты для Международной ассоциации геодезии Международного геодезического и геофизического союза, в которых представлены основные результаты исследований, проводимых российскими геодезистами по темам, соответствующим направлениям деятельности Международной ассоциации геодезии Международного геодезического и геофизического союза. В отчетах, подготавливаемых к очередной Генеральной ассамблее МГГС, представлены основные результаты исследований в области геодезии, геодинамики, гравиметрии, создания геодезических систем отсчета, формы и гравитационного поля Земли, вращения Земли, теории геодезии и ее приложений. [28, 29, 30].

Гис-ассоциация

Межрегиональная общественная организация содействия развитию рынка геоинформационных технологий и услуг, в том числе связанных со спутниковым мониторингом и навигацией ГИС-Ассоциация была образована в 1995 г., как негосударственная и некоммерческая общественная организация, объединяющая в своих рядах специалистов высших учебных заведений, научно-исследовательских, производственных, инженерных, проектно-конструкторских, информационных и других организаций, занятых в области разработки и применения геоинформационных технологий.

Основными направлениями деятельности ГИС-Ассоциации являются ведение геоинформационного портала [31], издание журналов «Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации», «Пространственные данные», «Управление развитием территорий», ежегодного каталога-справочника «Рынок геоинформатики России», других изданий, проведение специальных выставок, конференций, семинаров [32].

Санкт-петербургская ассоциация геодезии и картографии

Общественная организация «Санкт-Петербургское общество геодезии и картографии» было образовано с 23 февраля 1998 г. известным геодезистом Богдановым Анатолием Станиславовичем. Общество регулярно выступало организатором региональных конференций, семинаров, лекций. Одним из основных направлений деятельности Общества

является поддержка историко-геодезических исследований, которые ведутся под руководством В. Б. Капцюга. Наиболее важными результатами стали участие в международном проекте «Геодезическая дуга Струве» и национальном проекте «Кронштадтский футшток». Начиная с 2006 г. издавался журнал «Вестник Санкт-Петербургского общества геодезии и картографии», в 2009 г. переименованный в «Изыскательский вестник» [33]. Общество ликвидировано 15 января 2018 г. Идейным правопреемником стала корпоративная некоммерческая организация «Санкт-Петербургская ассоциация геодезии и картографии», которая является добровольным общественным некоммерческим объединением, основанным на членстве, созданным в результате свободного волеизъявления юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и физических лиц, осуществляющих деятельность в области геодезии, картографии, маркшейдерии, землеустройства, кадастра и инженерных изысканий, а также преподавателей и учащихся учебных заведений, подготавливающих указанных специалистов, и действующим на всей территории Российской Федерации [34]. Ассоциация продолжает издание журнала «Изыскательский вестник» [35].

Союз геодезистов

Межрегиональная общественная организация «Союз геодезистов» была основана в 2007 г. по инициативе Заслуженного работника геодезии и картографии Российской Федерации, лауреата премии им. Ф. Н. Красовского Иваницкого Ивана Петровича, который является бессменным президентом Союза геодезистов. Организация является действующей, но официальный сайт в настоящее время не работает [36]. В 2008-2011 гг. выпускался Бюллетень «Союз геодезистов юга России», зарегистрированный в Роскомнадзоре как средство массовой информации номер свидетельства ПИ № ТУ 61-00375. Действие свидетельства прекращено в 2015 г. Пять выпусков бюллетеня размещены в Российской государственной библиотеке (РГБ) [37].

Союз геодезистов и картографов Сибири и Урала

Некоммерческое партнерство «Союз геодезистов и картографов Сибири и Урала» создано в 2012г. по инициативе ведущих специалистов и учёных Сибири и Урала. Главными целями создания Союза являются содействие в улучшении условий для профессиональной, предпринимательской, научной и образовательной деятельности членов Союза в сфере геодезии и картографии, а также создание благоприятных условий для развития отрасли геодезии и картографии, повышение её роли и значимости в экономике и управлении. С 2018 г. Союзом геодезистов и картографов Сибири и Урала издается Электронный научно-практический журнал «ГЕОТЕХНОЛОГИИ», в 2018 – 2019 гг. были проведены I и II научно-практические конференции «ГЕОТЕХНОЛОГИИ» [38].

Уральский филиал Союза геодезистов и картографов Сибири и Урала организован на съезде участников Союза Уральского Федерального округа 28 марта 2013 г. Положение об Уральском филиале утверждено Президиумом Союза 25 апреля 2013 г. [39]. Наиболее известным проектом Уральского филиала Союза является фотолетопись «Картографо-геодезической отрасли – 100 лет» [40, 41].

Союз изыскателей

Союз изыскателей создан в декабре 2012 г. по инициативе Богданова Михаила Игоревича, являющегося председателем Правления Союза. Членами Союза изыскателей являются авторитетные специалисты отрасли, среди которых доктора и кандидаты наук, профессора ведущих кафедр профильных ВУЗов страны (МГУ им. М. В. Ломоносова, Московский государственный университет геодезии и картографии, Государственный университет по землеустройству, Санкт-Петербургский Архитектурно-Строительный Университет, Южный федеральный университет, Самарский государственный архитектурно-строительный университет, Пермский политехнический университет, Воронежский государственный университет, Дальневосточный федеральный университет и другие). Под

руководством Правления и при участии членов Союза изыскателей была разработана система нормативно-технических документов. Данная структура нормативно-технических документов была предложена для рассмотрения Министерству строительства и ЖКХ РФ и одобрена ведомством. Союз изыскателей регулярно проводит выездные совещания и конференции в регионах РФ. Подобные мероприятия позволяют выработать общую позицию и донести предложения профессионального сообщества как до региональных, так и до федеральных властей. Союз изыскателей является партнером ООО «Геомаркетинг», выпускающим журналы «Инженерные изыскания», «Инженерная геология», «ГеоРиск», «Геотехника», включенные в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук [42].

Национальный союз изыскателей

Ассоциация «Национальный Союз Изыскателей» (Ассоциация НСИ) является согласно Гражданскому кодексу Российской Федерации некоммерческой организацией, объединяющей на основе добровольного членства юридические лица любой организационно-правовой формы (коммерческие и некоммерческие организации, включая научные, образовательные организации), осуществляющие деятельность в сфере инженерных изысканий, а также объединения юридических лиц, имеющие статус саморегулируемых организаций, основанных на членстве лиц, выполняющих инженерные изыскания. Ассоциация НСИ создана в 2015 г. по инициативе Антипова Андрея Владимировича, являющегося председателем Совета Ассоциации НСИ [43].

Ассоциация геодезистов Казахстана

Неформальное объединение геодезистов, топографов, картографов, землеустроителей и маркшейдеров Республики Казахстан - Ассоциация геодезистов Казахстана, ранее Сообщество геодезистов Казахстана образовано в 2010 г. На сайте Ассоциации представлены разделы новости, инструменты геодезиста онлайн, книги по геодезии [44].

Российское общество геодезии, картографии и землеустройства

Межрегиональная общественная организации «Российское общество геодезии, картографии и землеустройства» является добровольным самоуправляемым некоммерческим формированием. Организация создана по инициативе граждан, объединившихся на основе общности интересов для реализации общих целей, определенных Уставом.

Основными задачами Общества являются:

содействие развитию научно-исследовательских работ в области геодезии, картографии, землеустройства и смежных областях знаний;

расширение творческого и профессионального сотрудничества, обмен научными идеями и техническими решениями;

развитие технического творчества и предпринимательской деятельности ученых и специалистов в области геодезии, картографии, землеустройства и смежных областях знаний;

участие в формировании и осуществлении научно-технической политики, прогнозировании развития науки и техники;

оказание помощи предприятиям и организациям в освоении эффективных форм и методов хозяйствования, осуществляет анализ и обобщение практического опыта управления производством;

осуществление пропаганды и содействия повышению престижности инженерного труда, развитию инженерного образования;

содействие разработке проектов законов и иных нормативных актов, подготовка предложений в государственные органы по научно-техническим программам, производственным и социально- экономическим проблемам;

организация и проведение отечественных и международных конференций, симпозиумов, лекций и иных массовых мероприятий;

содействие подготовке, изданию и распространению информационных справочных материалов, учебно-методической и популярной литературы, средств наглядной агитации;

установление и поддержка связи с неправительственными зарубежными и международными организациями.

Российское общество геодезии, картографии и землеустройства является не только полноправным членом Российского Союза научных и инженерных общественных объединений, но также одним из учредителей этого общественного объединения. История создания Российского общества геодезии, картографии и землеустройства начиналась в Научном инженерно-техническом горном обществе в далеком 1973 г [4].

Научное инженерно-техническое горное общество

Всесоюзное научное инженерно-техническое горное общество было создано в 1936 г. постановлением его оргбюро на базе слияния Всесоюзного научного инженерно-технического горнорудного общества и Всесоюзного научного инженерно-технического общества работников угольной, торфяной и сланцевой промышленности, образованных в 1931 г. Первый Устав Общества был утвержден Наркоматом тяжелой промышленности СССР 21 апреля 1939 г.

24 декабря 1954 г. в соответствии с Постановлением ЦК КПСС «О научных инженерно-технических обществах» Всесоюзное научное инженерно-техническое горное общество (в числе других научно-технических обществ) было преобразовано в Научно-техническое горное общество (НТГО), а в областях, краях и республиках с 1955 г. были созданы его отделения.

К концу 1972 г. членами НТГО было более 267 тыс. человек, входивших в 2 564 первичных организаций. В республиках, краях и областях Советского Союза работало более 140 правлений НТГО. При Центральном правлении общества действовало 13 секций, занимавшихся вопросами разработки угольных месторождений подземным и открытым способами, проектирования и шахтного строительства, комплексной механизации и автоматизации производственных процессов, экономики и организации труда, техники безопасности и охраны труда, научно-технической пропаганды и др. При приеме в Научно-техническое общество одновременно с билетом члена Общества вручался нагрудный значок «НТО СССР».

Рисунок 3 – Нагрудный значок члена научно-технического общества

Президиум Центрального правления НТГО 2 февраля 1973 г. принял постановление об организации топографо-геодезической секции, утвердил первый тематический план работы секции и первый состав бюро секции из 16 человек (председатель П. Г. Дудков). Таким образом 2 февраля 1973 г. является датой основания Российского общества геодезии, картографии и землеустройства [3, 4].

На предприятиях ГУГК при СМ СССР в 1973 г. началось создание организаций НТГО во исполнение совместного постановления президиума ЦК профсоюза рабочих геологоразведочных работ, коллегий Министерства геологии СССР и ГУГК при СМ СССР, а также президиума Центрального правления НТГО.

В конце 1973 г. юридическими членами НТГО состояли уже 32 организации ГУГК при СМ СССР, действительными членами общества были 3 800 человек. Организационно-массовые мероприятия дали положительные результаты. В системе ГУГК при СМ СССР функционировали 19 районных правлений и 143 первичные организации НТГО, из которых 90 организаций являлись юридическими членами Общества. В этих организациях были

объединены около 14 тыс. человек. При шести территориальных правлениях НТГО были созданы секции геодезии и картографии.

К 1982 г. НТГО в своих рядах насчитывало более 450 тыс. человек, входивших в 2 900 первичных организаций, а также 1 960 юридических членов. При Центральном правлении общества функционировала 21 секция и две комиссии [3, 4, 45].

НТГО совместно с ГУГК при СМ СССР активно участвовало в подготовке и проведении Всесоюзных общественных смотров выполнения планов внедрения достижений науки и техники в геологической, топографо-геодезической и картографической службах страны, научно-технических совещаний и конференций, таких, как:

- Школа по обмену передовым опытом организации работ при нивелировании I и II классов на предприятиях Главного управления геодезии и картографии при Совете Министров СССР, г. Пятигорск 1979 г.;
- Всесоюзное научно-техническое совещание «Совершенствование техники и технологии топографо-геодезических и картографических работ в районах Сибири, Дальнего Востока и Нечерноземной зоны РСФСР», г. Свердловск 1979 г.;
- Всесоюзная научно-техническая конференция «Проблемы автоматизации топографо-геодезических и картографических работ», г. Новосибирск 1981 г.;
- Всесоюзная научно-техническая конференция «Проблемы картографического обеспечения туризма и экскурсий», г. Ташкент 1982 г.;
- Всесоюзная научно-техническая конференция «Состояние и перспективы развития геодезии и картографии», г. Москва 1984 г.

Премия за лучшие научно-технические разработки в геодезии и картографии имени выдающегося отечественного учёного астрономо-геодезиста, члена-корреспондента Академии наук СССР, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, лауреата Государственной премии СССР, доктора технических наук, профессора Феодосия Николаевича Красовского (1878–1948) была установлена в 1981 г. постановлением коллегии ГУГК при СМ СССР и президиума Центрального правления НТГО от 27 января/6 апреля 1981 г. № 4/38 в целях дальнейшего повышения творческой активности учёных, инженерно-технических работников и рабочих-новаторов геодезических и картографических организаций страны, ускорения разработки и внедрения в производство эффективных технологий, новых технических средств, перспективных методов организации работ, повышения качества подготовки кадров геодезистов и картографов. Лауреатам премии вручались дипломы, денежные премии и настольные памятные медали.

Первая Премия имени Ф. Н. Красовского за лучшие научно-технические разработки в геодезии и картографии была присуждена коллективу ученых в составе: Л. П. Пеллинен, О. М. Остач, Г. В. Демьянов, В. А. Таранов (ЦНИИГАиК), Н. Н. Воронков, Э. И. Борунова, Е. Л. Македонский, П. П. Медведев (в/ч 21109) – за исследования в области теоретической геодезии (постановление коллегии ГУГК при СМ СССР и президиума ЦП НТГО от 11 марта 1983 г. № 4/5) [46, 47].

Юбилейный IX съезд Научно-технического горного общества, посвященный его 100-летию, был проведен в 1987 г. В честь юбилея был выпущен памятный значок.

IX съезд Научно-технического горного общества был последним. 20 декабря 1988 г. в г. Ашхабаде состоялся учредительный съезд Всесоюзного научно-технического общества геодезистов и картографов, на котором было принято решение о создании Общества, с уточнением его наименования - Всесоюзное общество геодезии, аэрокосмических съёмок и картографии (ВО ГАСК), первым председателем которого был избран А. А. Дражнюк и одновременно 20 декабря 1988 г. в

Рисунок 4 –Памятный значок в честь 100-летия Научно-технического горного общества.

Москве состоялся учредительный съезд Всесоюзного научно-технического геологического общества [4].

Рисунок 5 – Делегаты учредительного съезда Всесоюзного научно-технического общества геодезистов и картографов, г. Ашхабад, 20 декабря 1988 г.

Звания «Лучший изобретатель геодезии и картографии» и «Лучший рационализатор геодезии и картографии» установлены для поощрения рабочих, инженерно-технических и научных работников, внесших существенный вклад в научно-технический прогресс геодезических и картографических работ. Звания были установлены Постановлением коллегии Главного управления геодезии и картографии при Совете Министров СССР, президиума Центрального совета Всесоюзного общества изобретателей и рационализаторов и президиума Центрального комитета профсоюза рабочих геологоразведочных работ от 26 марта 1976 г. № 6(66)40.

Рисунок 6 – Нагрудные знаки «Лучший изобретатель геодезии и картографии» и «Лучший рационализатор геодезии и картографии»

В 1991 г. в связи с ликвидацией Комитета геодезии и картографии СССР право присвоения почётных званий «Лучший изобретатель геодезии и картографии» и «Лучший

рационализатор геодезии и картографии» приказом от 5 ноября 1991 г. № 145п было передано Центральному правлению ВО ГАСК. Однако до 1994 г. звания не присуждались [4, 46, 48].

Российское общество геодезии, картографии и землеустройства

Российское общество геодезии, картографии и землеустройства было образовано Учредительной конференцией делегатов, избранных от российских организаций ВО ГАСК 12 ноября 1992 г. Делегаты на Учредительной конференции приняли Устав межрегиональной общественной организации «Общество геодезии, картографии и землеустройства», избрали его руководящие органы. Правительственная комиссия по выдаче разрешений на использование наименований «Россия», «Российская Федерация» постановлением от 30 мая 1994 Г. № 5 разрешила Обществу именоваться «Российское общество геодезии, картографии и землеустройства» [4].

В 1994 г. «Российское общество геодезии, картографии и землеустройства» выступило одним из пяти учредителей Российского Союза научных и инженерных общественных объединений.

С момента создания Общество активно взаимодействовало с Федеральной службой геодезии и картографии России (Роскартография) и в дальнейшем с Федеральным агентством геодезии и картографии (Роскартография) до его ликвидации в 2009 г. [49].

Общество с 1992 г. принимало участие в деятельности международных неправительственных организаций по геодезии и картографии МФГ, МКА и МОФДЗ. Члены Общества - учёные и специалисты страны, работающие в области геодезии и картографии, многие годы участвовали в деятельности этих организаций.

В декабре 1993 г. по просьбе геодезической и картографической общественности коллегия Федеральной службы геодезии и картографии России и президиум Центрального правления Общества геодезии, картографии и землеустройства приняли решение о возобновлении присуждения званий лучших изобретателей и рационализаторов геодезии и картографии, утвердили Положение о званиях (постановление от 13 декабря 1993 г. № 7). Новое Положение о званиях «Лучший изобретатель геодезии и картографии» и «Лучший рационализатор геодезии и картографии» было утверждено Постановлением коллегии Федеральной службы геодезии и картографии России (Роскартографии) и совета Центрального правления Российского общества геодезии, картографии и землеустройства от 25 июля 2000 г. № 12/4 [4, 46, 48].

В связи с 25-летием установления званий «Лучший изобретатель геодезии и картографии» и «Лучший рационализатор геодезии и картографии» Исполнительной дирекцией Общества в 2002 г. был издан юбилейный сборник «Лучшие изобретатели и рационализаторы геодезии и картографии» [48]. С 1976 по 2001 гг. звания «Лучший изобретатель геодезии и картографии» были удостоены 54 учёных и специалиста, а 110 учёным и специалистам были присвоены звания «Лучший рационализатор геодезии и картографии». Указанные звания приобрели межведомственный характер и межгосударственное значение. В это количество вошли также специалисты геодезии и картографии – граждане Белоруссии, Казахстана, Латвии Узбекистана и Украины.

В связи с 20-летием с момента учреждения премии им. Ф. Н. Красовского за лучшие научно-технические разработки в геодезии и картографии Исполнительной дирекцией Общества в 2002 г. издан юбилейный сборник «Лауреаты премии им. Ф. Н. Красовского» [47]. В период с 1983 по 2008 гг. премии им. Ф. Н. Красовского были удостоены 28 работ. Лауреатами премии стали 259 учёных и специалистов в области геодезии, картографии и землеустройства, работавших в 62 гражданских и военных научных, производственных и учебных организациях России и Содружества независимых государств (СНГ).

На рис. 7 приведены обложки юбилейных сборников «Лучшие изобретатели и рационализаторы геодезии и картографии» и «Лауреаты премии им. Ф. Н. Красовского».

Рисунок 7 – Юбилейные сборники «Лучшие изобретатели и рационализаторы геодезии и картографии» и «Лауреаты премии им. Ф. Н. Красовского».

В 1992–1998 гг. премии им. Ф. Н. Красовского не присуждались. В 1999 г. Федеральная служба геодезии и картографии России (Роскартографии) и Российское общество геодезии, картографии и землеустройства приняли решение о возобновлении присуждения премий им. Ф. Н. Красовского за лучшие научно-технические разработки в геодезии и картографии (постановление коллегии Роскартографии и президиума Центрального правления Российского общества геодезии, картографии и землеустройства от 23 февраля 1999 г. № 3/1). Решение о вручении лауреатам премии им. Ф. Н. Красовского нагрудной медали принято постановлением коллегии Роскартографии и совета Центрального правления Российского общества геодезии, картографии и землеустройства от 22 июня 1999 г. № 10/3. Постановлением коллегии Роскартографии и совета Центрального правления Российского общества геодезии, картографии и землеустройства от 25 июля 2000 г. № 12/4 утверждено Положение и состав Комитета по премиям им. Ф. Н. Красовского.

В 1999 г. между Роскартографией и Российским обществом геодезии, картографии и землеустройства было заключено «Соглашение о взаимодействии» (одобрено совместным Постановлением коллегии Роскартографии и совета Центрального правления Общества от 28 сентября 1999 г. № 13/4). Соглашением регламентировались вопросы присуждения Премии им. Ф. Н. Красовского за лучшие научно-технические разработки в геодезии и картографии, а также специальных стипендий им. Ф. Н. Красовского и им. К. А. Салищева для студентов высших учебных заведений и стипендий им. Г. А. Федосеева для молодежи, обучающейся в средних профессиональных учебных заведениях. В период с 1999 по 2004 гг. премии им. Ф. Н. Красовского были удостоены 17 работ. Лауреатами премии стали 162 учёных и специалистов в области геодезии, картографии и землеустройства.

В 2005 г. Федеральное агентство геодезии и картографии (Роскартография) специальным актом от 11 января 2005 г. приняло на себя обязательства Федеральной службы геодезии и картографии России по взаимодействию с Российским обществом геодезии, картографии и землеустройства.

Коллегия Федерального агентства геодезии и картографии и совет Российского общества геодезии, картографии и землеустройства внесли уточнения в «Положение о премии им. Ф. Н. Красовского за лучшие научно-технические разработки в геодезии и картографии» и одобрили состав Комитета по премиям им. Ф. Н. Красовского (постановление от 16 февраля 2005 г. № 1/1 п.1.4) в следующем составе:

- председатель Комитета Бородко А. В. - Руководитель Роскартографии, к.т.н.;

- заместители председателя Комитета Хабаров В. Ф. - заместитель руководителя Роскартографии, Председатель Центрального правления Российского общества геодезии, картографии и землеустройства, к.т.н., Филатов В. Н. - начальник Военно-топографического управления Генерального штаба Вооруженных сил Российской Федерации, д.в.н., профессор, Александров В. Н. - заместитель руководителя Роскартографии, к.т.н., Кислов В. С. - заместитель руководителя Роснедвижимости, заместитель председателя Центрального правления Российского общества геодезии, картографии и землеустройства, к.т.н.;

- ответственные секретари Комитета Нейман Б. Н. - заместитель председателя Центрального правления Российского общества геодезии, картографии и землеустройства, Прусаков А. Н. - начальник Управления научно-технической деятельности и картографо-геодезических фондов Роскартографии;

- члены Комитета Берк В. И. - директор Государственного геодезического и картографического центра, главный редактор журнала «Геодезия и картография», Берлянт А. М. - заведующий кафедрой Географического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова, заместитель председателя Центрального правления Российского общества геодезии, картографии и землеустройства, д.г.н., профессор, Долгов Е. И. - начальник управления 29 НИИ МО РФ, д.в.н., с.н.с., Жуковский В. Е. - заместитель начальника Управления топографо-геодезических и картографических работ Роскартографии, Забнев В. И. - начальник Управления топографо-геодезических и картографических работ Роскартографии, Кашаев В. И. - заместитель директора ЦНИИГАиК, д.т.н., с.н.с., Копачевский В. С. - директор Московского аэрогеодезического предприятия, Краюхин А. Н. - генеральный директор ПКО «Картография», Макаренко Н. Л. - директор ЦНИИГАиК, к.т.н., с.н.с., Неумывакин Ю. К. - профессор-консультант Государственного университета по землеустройству, д.т.н., профессор, член-корреспондент РАСХ, Рязанцев Г. Е. - начальник отдела ГСПИ Минатома России, д.т.н., Савиных В. П. - ректор Московского государственного университета геодезии и картографии, д.т.н., профессор, летчик-космонавт СССР, Сердюков А. Н. - начальник управления 29 НИИ МО РФ, к.т.н., с.н.с., Тикунов В. С. - заведующий лабораторией Географического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова, д.т.н., профессор, Ямбаев Х. К. - проректор Московского университета геодезии и картографии, заместитель председателя Центрального правления Российского общества геодезии, картографии и землеустройства, д.т.н., профессор.

В 2005-2006 гг. премии им. Ф. Н. Красовского были удостоены 5 работ. Лауреатами премии стали 73 учёных и специалистов в области геодезии, картографии и землеустройства. В 2007 г. и в последующие годы после упразднения Федерального агентства геодезии и картографии премии им. Ф. Н. Красовского не присуждались [4].

Премии им. Ф. Н. Красовского как правило присуждались за лучшие научно-технические разработки в геодезии и картографии. Но в ряду этих разработок были также 5 премий за картографические произведения – атласы и 6 премий за монографии, учебники и другие публикации по тематике геодезии и картографии.

Премии за картографические произведения – атласы:

- За работу: Военно-исторический атлас России. IX-XX века (2006);
- За создание атласа «Природа и ресурсы Земли (2002);
- За комплекс работ по созданию Атласа Мира, 3-е издание (2000);
- За создание Атласа офицера (1987);
- За новаторские разработки социальных карт и атласов примененные при создании карт и атласов о жизни и деятельности К. Маркса, В.И. Ленина и истории КПСС (1985).

Премии за монографии, учебники и другие публикации по тематике геодезии и картографии:

- За цикл работ по развитию теоретических обоснований решений фундаментальных задач геодезии (2004);
- За цикл учебников по инженерной геодезии для обеспечения непрерывного обучения в профессионально-технических, средних и высших учебных заведениях (2002);

- За монографию Построение классической геодезической сети России и СССР (1816-1991 гг.) (2001);

- За многолетний цикл научных работ в области теории и практики математической обработки геодезических измерений (2001);

- За цикл работ по математической картографии (1999);

- За создание ряда учебников и учебных пособий для геодезических и топографических специальностей средних специальных учебных заведений (1986).

В 2007 г. в Москве с 4 по 10 августа Министерством транспорта Российской Федерации, Федеральным агентством геодезии и картографии, МКА и Обществом была организована и проведена XIV Генеральная ассамблея и XXIII Международная картографическая конференция Международной картографической ассоциации [4]. В работе конференции приняли участие более тысячи представителей 70 стран мира – учёные, специалисты, представители академических институтов, национальных картографических служб, отвечающих за картографическое обеспечение своих стран, а также сотрудники фирм, чья деятельность связана с картографией. Это было последнее совместное мероприятие федерального органа исполнительной власти в сфере геодезии и картографии и Российского общества геодезии, картографии и землеустройства. Несмотря на многочисленные обращения Председателя Центрального правления Общества, Заслуженного работника геодезии и картографии России Александра Александровича Дражнюка к руководству Росреестра по вопросам поддержки Общества, совместной работы в части присуждения премии имени Ф. Н. Красовского, стипендий имени Ф. Н. Красовского и К. А. Салищева для студентов высших учебных заведений и стипендий имени Г. А. Федосеева для молодежи, обучающейся в средних профессиональных учебных заведениях эти обращения остались без внимания.

Внеочередной съезд Межрегиональной общественной организации «Российское общество геодезии, картографии и землеустройства» состоялся 27 марта 2013 г. в Москве под председательством известного геодезиста Валерия Николаевича Филатова. Съезд прошел в конференц-зале ОАО «Роскартография», на котором присутствовали 58 членов общества, в том числе члены центрального правления и ревизионной комиссии, представители коллективов, осуществляющих картографо-геодезическую и землеустроительную деятельность, а также представители высших и средних образовательных учреждений, некоммерческих профессиональных объединений и средств массовой информации.

С докладом о деятельности Российского общества геодезии, картографии и землеустройства за последние три года выступил председатель Центрального правления общества А. А. Дражнюк, в котором изложил состояние дел Общества, предпринимаемые меры по активизации работы. Съезд констатировал существующие проблемы Общества и удовлетворил просьбу А. А. Дражнюка о его отставке с поста председателя Центрального правления Общества.

В Центральное правление Межрегиональной общественной организации «Российское общество геодезии, картографии и землеустройства» съездом были избраны: В. П. Тагунов (председатель правления), Л. И. Яблонский (первый заместитель председателя), Х. К. Ямбаев (заместитель председателя), В. Б. Непоклонов (ученый секретарь), а также Р. З. Абдрахманов, А. А. Дражнюк, В. И. Забнев, Н. Л. Макаренко, Г. Г. Побединский, В. А. Середович, В. Н. Филатов.

На своем заседании 25 сентября 2014 г. Центральное правление Российского общества геодезии, картографии и землеустройства назначило руководителем Исполнительной дирекции Р. Г. Шаяпова и заместителем руководителя Н. А. Шебалина.

Новый состав Центрального правления и Исполнительной дирекции осуществил в 2015 г. внесение изменений в единый государственный реестр юридических лиц по Обществу в Главном управлении Министерства юстиции Российской Федерации по г. Москве, восстановил участие Общества в Международном союзе научных и инженерных общественных объединений (Союз НИО) и Российском союзе научных и инженерных общественных объединений (РосСНИО), организовал работу по восстановлению ранее

утраченных региональных организаций и привлечению в Общество новых членов. Был создан сайт Общества http://rosgeokart.ru/, на котором размещена информация о его структуре, истории, приведены Устав и другие документы. На сайте размещена информация для перерегистрации действительных членов Общества и для вступления в члены Общества, информация для общественных организаций – коллективных членов, а также контакты Исполнительной дирекции [4].

В 2016 г. по эскизу В. И. Забнева и М. Г. Побединского был выпущен нагрудный значок «Российское общество геодезии, картографии и землеустройства. РОСГЕОКАРТ», который вручался членам Общества.

Рисунок 8 – Нагрудный значок члена Российского общества геодезии, картографии и землеустройства.

В 2015-2017 гг. была проведена большая подготовительная работа по возобновлению присуждения премии имени Ф. Н. Красовского, которая не присуждались с 2007 г. На состоявшемся 14 марта 2017 г. съезде Российского общества геодезии, картографии и землеустройства единогласно принято решение о возобновлении присуждения Премии имени выдающегося отечественного ученого-геодезиста, члена-корреспондента Академии наук, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, лауреата Государственных премий СССР Феодосия Николаевича Красовского (1878-1948 гг.) за лучшие научно-технические разработки в геодезии и картографии. На съезде был также избран Комитет по присуждению премии им. Ф. Н. Красовского, в состав которого вошли: генеральный директор ООО «РАКУРС» В. Н. Адров, советник генерального директора ГУП «Мосгоргеотрест» А. В. Антипов, старший научный сотрудник Геофизического центра Российской академии наук В. И. Кафтан, генеральный директор АО «Аэрогеодезия» А. Ю. Матвееев, проректор МИИГАиК В. Б. Непоклонов, проректор Сибирского государственного университета геосистем и технологий В. И. Обиденко, начальник управления ФГБУ «Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и ИПД» А. Н. Прусаков, президент НП «Объединение профессионалов топографической службы». В. Н. Филатов, старший научный сотрудник научно-исследовательского центра топогеодезического и навигационного обеспечения 27-го ЦНИИ Минобороны России Н. А. Шебалин. На первом заседании Комитета Председателем был избран Прусаков Александр Николаевич, секретарем - Шебалин Николай Аркадьевич.

Рисунок 9 – На съезде Российского общества геодезии, картографии и землеустройства 14 марта 2017 г.

Объявление о проведении конкурса на соискание Премии имени Ф. Н. Красовского, Положение о премии, персональный состав Комитета и Порядок оформления и предоставления материалов на конкурс опубликованы на официальном сайте Общества http://rosgeokart.ru и в журнале «Геодезия и картография» [50, 51].

Вручение дипломов и медалей лауреатам премии имени Ф. Н. Красовского за лучшие научно-технические разработки в геодезии и картографии за 2017 г. состоялось 22 марта 2018 г. на торжественном заседании Центрального правления Межрегиональной общественной организации «Российское общество геодезии, картографии и землеустройства», посвященного профессиональному празднику – Дню работников геодезии и картографии и 99-летию Декрета СНК РСФСР «Об учреждении Высшего геодезического управления». Торжественное заседание проведено в «Золотых комнатах» Музея Московского университета геодезии и картографии (МИИГАиК). В торжественном заседании приняли участие члены Центрального правления Общества, члены Комитета по присуждению Премии имени Ф. Н. Красовского, ректорат и деканы МИИГАиК, представители Российской академии наук (РАН), Военно-топографического управления Генерального штаба Вооруженных сил Российской Федерации (ВТУ ГШ ВС РФ), представители средств массовой информации.

Церемонию награждения провели Председатель Центрального правления Общества Василий Петрович Тагунов и Президент МИИГАиК доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, дважды Герой Советского Союза, лауреат Государственных премий СССР и Российской Федерации Виктор Петрович Савиных.

В соответствии с решением Центрального правления Общества от 6 марта 2018 г. № 2 дипломы и медали лауреатов Премии имени Ф. Н. Красовского за работу «Цифровая фотограмметрическая система PHOTOMOD» вручены Адрову В. Н., Чекурину А. Д., Сечину А. Ю., Смирнову А. Н.

На торжественном заседании состоялась презентация специального выпуска журнала «Геодезия и картография» «Они создавали карту страны» - очередного этапа «народного» проекта по созданию фотолетописи «Картографо-геодезической отрасли – 100 лет». Представляя специальный выпуск журнала, инициатор проекта кандидат технических наук, Заслуженный работник геодезии и картографии Российской Федерации Александр Александрович Алябьев вручил первый экземпляр журнала Виктору Петровичу Савиных. Экземпляры журнала были вручены лауреатам премии имени Ф. Н. Красовского.

На заседании были рассмотрены вопросы участия Общества в юбилейных мероприятиях 2018-2019 гг.:

- 90-летие постановления Совета труда и обороны при СНК СССР от 24 октября 1928 г. об образовании Государственного института геодезии и картографии - Центрального ордена «Знак Почета» научно-исследовательского института геодезии, аэросъемки и картографии им. Ф. Н. Красовского» (ЦНИИГАиК), в настоящее время входящего в Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных;
- 100-летие Декрета СНК РСФСР от 23 марта 1919 г. «Об учреждении Высшего геодезического управления» [52, 53].

23 мая 2018 г. Российское общество геодезии, картографии и землеустройства зарегистрировало в Федеральной службе по интеллектуальной собственности эмблему Общества в качестве тварного знака [54].

15 марта 2019 г. исполнилось 100 лет со дня учреждения Высшего Геодезического Управления - государственной картографо-геодезической службы страны [55]. Этот день долгое время считался неофициальным профессиональным праздником геодезистов и картографов. В 2000 г. Указом Президента Российской Федерации был официально установлен профессиональный праздник – День работников геодезии и картографии, который отмечается во второе воскресенье марта [56]. Практически одновременно 1 марта 2019 г. исполнилось 10 лет с момента последнего упразднения государственной картографо-геодезической службы [49].

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

на товарный знак (знак обслуживания)

№ 657516

РОСГЕОКАРТ

ROSGEOKART

Правообладатель: *Межрегиональная общественная организация "Российское общество геодезии, картографии и землеустройства", 109316, Москва, Волгоградский пр-кт, 45, стр. 1, офис 631 (RU)*

Заявка № 2017726671

Приоритет товарного знака 03 июля 2017 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре товарных знаков и знаков обслуживания Российской Федерации *23 мая 2018 г.*

Срок действия регистрации истекает *03 июля 2027 г.*

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев

Рисунок 10 – Свидетельство о регистрации эмблемы Российского общества геодезии, картографии и землеустройства

Торжественные мероприятия Российского общества геодезии, картографии и землеустройства, посвященные 100-летию учреждения Высшего Геодезического Управления (ВГУ) состоялись 19 марта 2019 г. в Зале Инженерной славы Международного и Российского союзов научных и инженерных общественных объединений (Союза НИО и РосСНИО) по адресу г. Москва, Курсовой пер., д. 17, стр. 1.

В мероприятиях приняли участие представители органов государственной власти и местного самоуправления, академических и общественных структур, руководители, сотрудники и ветераны предприятий, организаций, научных учреждений, высших учебных заведений.

В рамках торжественных мероприятий в соответствии с решением Центрального правления Общества от 27 февраля 2019 г. Премия имени Ф. Н. Красовского за работу «Разработка, создание и внедрение спутниковой системы точного позиционирования Республики Беларусь» присуждена коллективу научных и производственных работников Республики Беларусь, под руководством директора РУП «Белгеодезия» Сергея Александровича Забагонского в составе В. Г. Вежновец, А. А. Гаев, Г. И. Кузнецов, В. М. Красуцкий, А. В. Литреев, Н. И. Рудницкая, В. Н. Шевченко. Дипломы и медали

лауреатам премии имени Ф. Н. Красовского за 2018 г. вручил председатель Центрального правления Общества В. П. Тагунов. Следует отметить, что

В связи с отсутствием в перечне Росреестра ведомственных наград, отмечающих труд геодезистов и картографов, таких как «Почетный геодезист» (вручался в 1983-2009 гг.) и «Отличник геодезии и картографии» (вручался в 1939-2009 гг.) 100-летие образования государственной картографо-геодезической службы не было отмечено государственными и ведомственными наградами.

Российское общество геодезии, картографии и землеустройства в рамках подготовки к 100-летию учреждения Советом Народных Комиссаров РСФСР Высшего Геодезического Управления (ВГУ) - государственной картографо-геодезической службы страны приняло решение о выпуске памятной медали «100 лет учреждения Высшего Геодезического Управления» для награждения ветеранов и заслуженных сотрудников предприятий и организаций, работающих в сфере геодезии и картографии.

В соответствии с представлениями предприятий и организаций, решение о награждении было принято Центральным правлением Общества от 17 февраля 2019 г. [57, 58].

Рисунок 11 – Памятная медаль Российского общества геодезии, картографии и землеустройства «100 лет учреждения Высшего Геодезического Управления»

Российское общество геодезии, картографии и землеустройства ведет большую научную работу. Общество участвовало в подготовке национального отчета для Международной ассоциации геодезии Международного геодезического и геофизического союза за 2015-2019 гг. [30]. Общество участвует в работе Международного Косыгинского форума [59, 60, 61]. Общество принимает активное участие в Национальной научной конференции с международным участием «Модернизация России: приоритеты, проблемы, решения» [62, 63, 64, 65], Международном научном конгрессе Интерэкспо ГЕО-Сибирь [66, 67], Международном научно-промышленном форуме «Великие реки (экологическая, гидрометеорологическая, энергетическая безопасность)» / ICEF) [51, 58, 68, 69]. Периодически выполняется обзор и анализ отечественных научно-технических периодических изданий по геодезии и картографии [70, 71].

Основной целью Общества по-прежнему является объединение научных и инженерно-технических работников отрасли геодезии и картографии, повышение престижа и привлекательности профессий геодезистов, картографов и землеустроителей, воспитание ответственности и профессиональной гордости за свою профессию при подготовке молодых специалистов, их востребованности на предприятиях отрасли геодезии и картографии.

Заключение

Помимо перечисленных российских общественных объединений научных и инженерно-технических работников отрасли геодезии и картографии периодически предпринимались попытки создания различных ассоциаций работников и предприятий геодезии, аэросъемки и картографии. 16 октября 1990 г. в Свердловске состоялось совещание руководителей аэрогеодезических предприятий России, в котором приняли участие представители 14 организаций. Озабоченность обстановкой и условиями, в которых могут оказаться коллективы предприятий и фабрик в условиях рыночной экономики, сокращение госбюджетных ассигнований, низкие цены на ряд основных видов работ в отрасли,

галопирующая инфляция — вот причины, которые заставили директоров геодезических предприятий России собраться и обсудить складывающееся положение.12 и 13 ноября в Москве состоялась вторая встреча, в которой приняли участие руководители 25 организаций отрасли, расположенных в России.

На встречах практически была создана Ассоциация директоров российских предприятий и организаций ГУГК при СМ СССР, принята программа деятельности. На совещании обсуждались проекты учредительного договора и устава, другие документы, связанные с организацией и хозяйственной деятельностью Ассоциации. Однако обсуждение этих документов вызвало острую дискуссию, на которой были высказаны полярные точки зрения. Одни руководители полагают, что Ассоциация должна стать фактически Советом директоров, работающим на добровольных общественных началах. Другая точка зрения - Ассоциация должна быть органом управления аэрогеодезических предприятий и картографических фабрик РСФСР со своим, пусть небольшим, аппаратом управления.

Все участники совещания единогласно исходили из необходимости сохранения в условиях рыночной экономики единой общегосударственной топографо-геодезической службы. Вместе с тем они считали, что функции, структура и штаты штаба отрасли в условиях перехода к рынку должны претерпеть существенные изменения с учетом расширения самостоятельности организаций, входящих в ГУГК при СМ СССР, и в связи с созданием Ассоциации директоров российских предприятий.

На состоявшемся 14 ноября 1990 г. заседании Совета отрасли, где присутствовали практически все руководители предприятий и организаций ГУГК, с сообщением о создании Ассоциации выступил генеральный директор ВПО «Инжгеодезия» А. Ф. Чепкасов. Это сообщение вызвало противоречивую реакцию. Многие руководители республиканских предприятий и фабрик восприняли создание Ассоциации как стремление выделиться, разделить геодезическую службу страны на вотчины. Эту точку зрения высказал, в частности, директор Киргизского АГП В. Е. Цурков. По его мнению, ГУГК при СМ СССР вполне способен решать вопросы обеспечения деятельности предприятий, а Ассоциация должна строить свою работу на общественной основе.

Вместе с тем было отмечено, что создание Ассоциации — это отражение глубинных процессов, происходящих в нашей стране. Законом «Об обеспечении экономической основы суверенитета РСФСР» декларировалось: «Расположенные на территории РСФСР объекты государственной собственности, включая имущество государственных предприятий, учреждений, организаций союзного подчинения, их основные производственные и непроизводственные фонды или иные общесоюзные фонды, имущество, находящееся в управлении общесоюзных органов, являются собственностью РСФСР». При этом финансирование топографо-геодезических и картографических работ, имеющих общесоюзное значение, выполнялось из бюджета СССР. С одной стороны, средства производства принадлежат республике, а с другой, - финансирование из общесоюзного бюджета. Можно понять озабоченность руководителей многотысячных коллективов геодезистов и картографов России по поводу их трудовой занятости, обеспечения закрепленной за ними территории топографо-геодезическими и картографическими материалами [72].

Время расставило по своим местам все поставленные вопросы. Ассоциация, одним из главных инициаторов которой был директор Московского АГП Громов Е. В. так и не состоялась. В июле 1991 г. было образовано Главное управление картографии при Совете Министров РСФСР (Главкартография), реорганизованное в декабре в Комитет по геодезии и картографии Министерства экологии и природных ресурсов РСФСР. И только в сентябре 1992 г. была создана Федеральная служба геодезии и картографии России [73, 74]. 9 октября 1992 г. было подписано Соглашение о взаимодействии государств – участников Содружества в области геодезии, картографии и дистанционного зондирования Земли, определившее создание Межгосударственного совета по геодезии, картографии, кадастру и дистанционному зондированию Земли [75].

В целях реализации протокольного решения заседания Правительства Российской Федерации «О повышении эффективности геодезической и картографической деятельности в Российской Федерации» в Федеральном агентстве геодезии и картографии (Роскартография) 2 ноября 2005 г. состоялось совещание, в котором приняли участие представители Роскартографии, ВТУ ГШ ВС РФ, директора предприятий и начальники территориальных управлений Роскартографии, представители коммерческих организаций. В числе вопросов совещания рассматривались вопросы создания общественного совета и некоммерческого партнерства [76]. На состоявшемся после совещания учредительном собрании под председательством Заслуженного работника геодезии и картографии Российской Федерации, генерального директора ФГУП «Верхневолжское АГП» Побединского Г. Г. было принято решение о создании некоммерческого партнерства «Союз производителей геодезических, картографических работ, изысканий и геоинформационного обеспечения» (НП «Союзгеоинформ»). Учредителями организации были около 30 российских юридических лиц, в числе которых кроме ФГУП Роскартографии, таких как ПО «Инжгеодезия», ЦНИИГАиК, Картгеоцентр, ЭОМЗ, ЦКГФ, Госцентр «Природа», ПКО «Картография», Аэрогеодезия, Госгисцентр, Уралгеоинформ, Сибгеоинформ, Севзапгеоинформ, ЦТМП «Центрмаркшейдерия», Северо-Кавказское АГП, Средневолжское АГП, Новгородское АГП, МАГП, Западно-Сибирское АГП, Восточно-Сибирское АГП, Верхневолжское АГП, Балтийское АГП, вошли ГУП «Мосгоргеотрест», такие ЗАО, как «Аркон», «Навигационные карты», «Институт политического и военного анализа», «Интертал», НПК «Гео», а также ряд ООО НПФ «Талка ТДВ», «Ди Эм Би», НП АГП «Меридиан», «Геокосмос». Руководителем НП «Союзгеоинформ» был избран Заслуженный работник геодезии и картографии Российской Федерации, генеральный директор ЗАО «Институт политического и военного анализа» Шаравин А. А. НП «Союзгеоинформ» просуществовало 15 лет и было ликвидировано 12 ноября 2020 г.

Во время работы международной научно-технической конференции «Геодезия, картография и кадастр — XXI век» по итогам обсуждения на круглом столе «Перспективы развития картографо-геодезической отрасли» (26 мая 2009 г.) были приняты следующие решения:

1. Признать целесообразным создание некоммерческого партнерства «Ассоциация работников геодезии, аэросъемки и картографии».

2. Создать рабочую группу по подготовке учредительного съезда некоммерческого партнерства в составе: С. Г. Гаврилова (ГУП «Мосгоргеотрест»), Г. В. Демьянова (ЦНИИГАиК, МИИГАиК), А. Г. Черненкова («Госземкадастрсъемка» — ВИСХАГИ), А. Г. Чибуничева, В. В. Шлапака и Х. К. Ямбаева (МИИГАиК).

3. Осенью 2009 г. провести в МИИГАиК учредительное собрание.

4. Обратиться в Федеральную службу государственной регистрации, кадастра и картографии с просьбой о передаче полномочий по организации деятельности Национального комитета геодезистов России, Российского комитета по фотограмметрии и дистанционному зондированию, Национального комитета картографов РФ в МИИГАиК.

5. Поддержать инициативу МИИГАиК о создании Национального исследовательского университета геодезии, картографии и кадастра [25].

Некоммерческое партнерство не состоялось из-за организационных проблем, связанных с приватизацией предприятий отрасли, созданием ОАО «Роскартография», ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД», а также неоднократными попытками присоединения МИИГАиК к другим ВУЗам.

В работе «Создание национальной геодезической ассоциации как обязательное условие инновационного развития геоиндустрии» [77] на основе анализа международных профессиональных организаций (МФГ, МКА, МОФДЗ) и стран мира, ведущих наибольшее количество научно-исследовательских работ в области геопространственных наук и геоиндустрии, сделан вывод о том, что ведущими специалистами в международных профессиональных организациях являются представители именно тех стран, где налажено

действенное сотрудничество специалистов профессиональных национальных объединений. Авторами предложено создать национальную геодезическую ассоциацию (НГА РФ, Ассоциация) на площадке ежегодного международного конгресса и выставки «Интерэкспо ГЕО-Сибирь» в городе Новосибирске. Ассоциация, по мнению авторов, должна играть роль национальной дискуссионной площадки, на которой обсуждаются современные профессиональные проблемы, формулируются задачи разработки, развития и внедрения инновационных технологий в области геодезии. Одной из целей Ассоциации является распространение современных профессиональных знаний, внедрение технологических стандартов аппаратной части и программного обеспечения. Профессиональное сообщество Ассоциации предполагалось сформировать из представителей науки, специалистов-практиков, работающих как на государственном уровне, так и в частном секторе; представителей высшей школы, производителей оборудования, приборов и программного обеспечения. Работа по реализации целей Ассоциации должна быть организована посредством её комиссий, отвечающих за наиболее важные направления научных исследований и прогнозирование сценариев развития геодезии в ближайшем будущем. К сожалению, это предложение не было реализовано. На сегодняшний день действующей является только РОО «Ассоциация выпускников НИИГАиК-СГГА».

Популярные геодезические сайты, такие как Навигатор геодезиста, Музей геоприборов СССР, Geostart, GeoDigital и ряд других обычно не обсуждают вопросы создания и функционирования общественных организаций. Отличился в этом ряду форум «Геодезист» [78], на котором с 2007 г. уже более 13 лет идет активная дискуссия по теме «Профсоюз геодезистов» [79]. Значительная часть участников дискуссии высказалась против вступления в действующий с 1934 г. Общероссийский профессиональный союз работников природноресурсного комплекса Российской Федерации [80]. Многие участники предложили считать общественным объединением этот форум, учитывая количество лет его существования. Высказывая многочисленные, и в целом верные предложения о необходимости объединения геодезистов в той или иной форме, участники не смогли прийти к единой точке зрения – каким должно быть это объединение. Профессиональным союзом, защищающим права работников или профессиональным объединением, для обсуждения научно-технических и производственных проблем. Возможно, представленный обзор общественных организаций поможет участникам этой и других дискуссий определиться с целями и задачами обсуждаемого объединения геодезистов или включиться в активную работу одного из действующих общественных объединений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Развитие инженерной деятельности в России. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.российский-союз-инженеров.рф/сообщество/развитие-инженерной-деятельности-в-россии/ (дата обращения: 21.06.2019).

2. Научно-технические общества СССР. Исторический очерк. М.: Профиздат, 1968. – 455 с. https://search.rsl.ru/ru/search#q=006419344

3. Научно-техническому горному обществу 100 лет / Под общ. ред. проф. К. К. Кузнецова. – М.: Недра, 1986. – 272 с. https://search.rsl.ru/ru/search#q=001329801

4. Дражнюк А. А., Тагунов В. П., Шаяпов Р. Г. Российское общество геодезии, картографии и землеустройства // Геодезия и картография. – Спецвыпуск 2015. – С. 130–138. DOI: 10.22389/0016-7126-2015-130-138. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25864656

5. Международный Союз научных и инженерных общественных объединений (Союз НИО). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rusea.info/intindex (дата обращения: 21.06.2019).

6. WFEO - World Federation of Engineering Organizations (Всемирная Федерация Инженерных Организаций). [Electronic resource.] – URL: https://www.wfeo.org/ (accessed: 21.06.2019).

7. FEANI - Fédération Européenne d'Associations Nationales d'Ingénieurs / European Federation of National Engineering Associations (Европейская Федерация Национальных

Инженерных Организаций). [Electronic resource.] – URL: https://www.feani.org/ (accessed: 21.06.2019).

8. Российский Союз научных и инженерных общественных объединений (РосСНИО). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rusea.info/main (дата обращения: 21.06.2019).

9. Русское географическое общество. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.rgo.ru/ru (дата обращения: 21.06.2019).

10. Русское географическое общество. История. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.rgo.ru/ru/obshchestvo/istoriya. (дата обращения: 21.06.2019).

11. Перечень награжденных знаками отличия Русского географического общества (1845-2012) https://www.rgo.ru/sites/default/files/upload/spisok-nagrazhdennyh_8.pdf

12. Большой советский атлас мира. Т. 1. / Под общ. ред. А. Ф. Горкина, О. Ю. Шмидта, В. Е. Мотылева, М. В. Никитина, Б. М. Шапошникова. - М.: Научно-издательский институт Большого советского Атласа мира при ЦИК СССР, 1937. - 168 с. http://www.atlassen.info/atlassen/russisch/atmir00/atmir00p1.html. https://geoportal.rgo.ru/catalog/atlasy-mira/bolshoy-sovetskiy-atlas-mira-i-ukazatel-k-atlasu/bolshoy-sovetskiy-atlas-mira. https://search.rsl.ru/ru/search#q=008281652

13. Большой советский атлас мира. Т. 2. / Под общ. ред. А. Ф. Горкина, О. Ю. Шмидта, А. Н. Баранова, В. Е. Мотылева, И. В. Саутина, Б. М. Шапошникова. - М.: Научно-Редакционная Картосоставительская Часть ГУГК при СНК СССР, 1939. - 143 с. http://www.atlassen.info/atlassen/russisch/atmir00/atmir00p2.html

14. Большой советский атлас мира. Указатель географических названий первого тома. / Под рук. К. А. Салищева. - М.: Научно-Редакционная Картосоставительская Часть ГУГК при СНК СССР, 1940. - 175 с. http://www.atlassen.info/atlassen/russisch/atmir00/atmir00p1.html

15. Луцкий В. К. История астрономических общественных организаций в СССР (1888—1941 гг.). М.: Наука, 1982. 264 с. https://search.rsl.ru/ru/search#q=001127931

16. Кононович Э. В., Бочкарев Н. Г. Астрономические общества в России // Вселенная и мы. - 1993.- № 1, с. 62 – 64. http://crydee.sai.msu.ru/Universe_and_us/1num/v1pap7.htm

17. Межрегиональная общественная организация «Астрономо-геодезическое объединение». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://mooago.ru/ (дата обращения: 21.06.2019).

18. Пономарёв С. М. Первому астрономическому обществу России —125 лет // Земля и Вселенная. - 2013. - № 6. - с. 64 - 73. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21005737

19. Земцев А. С., Мохов Ю. В. Об участии советских геодезистов в Международной федерации геодезистов. . // Геодезия и картография. – 1982. - № 6. – с. 54 – 59.

20. Постановление Коллегии Федеральной службы геодезии и картографии России и Президиума Центрального правления Российского общества геодезии, картографии и землеустройства от 27 апреля 1999 г. № 8/2, пункт 3 «Об участии в деятельности международных неправительственных организаций МФГ, МКА и МОФДЗ».

21. Национальный комитет картографов РФ. // Геопрофи. – 2004. – № 1. – с. 49 – 52.

22. Приказ Федеральной службы геодезии и картографии России от 22 июня 1994 г. № 60п «Об образовании Национального комитета картографов Российской Федерации» https://base.garant.ru/70594146/

23. Приказ Федеральной службы геодезии и картографии России от 14 апреля 2000 г. № 53-пр «Об упорядочении деятельности Комитета по участию в Международной картографической ассоциации – Национального комитета картографов Российской Федерации»

24. Кашин Л. А. К 25-летию вступления страны в Международное фотограмметрическое общество // Геодезия и картография. – 1993. - № 9. - с. 37 - 38.

25. Майоров А. А. Международная научно-техническая конференция «Геодезия, картография и кадастр — XXI век» (Москва, 25–27 мая 2009 г.) // Геопрофи. – 2009. - № 3. – с. 43 – 44.

26. Национальный геофизический комитет Российской академии наук. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ngc.gcras.ru/index.html (дата обращения: 21.06.2019).

27. Секция геодезии Национального геофизического комитета. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://geodesy-ngc.gcras.ru/index.php/ru/ (дата обращения: 21.06.2019).

28. Сайт секции геодезии Национального геофизического комитета. Документы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://geodesy-ngc.gcras.ru/index.php/ru/dokumenty.html (дата обращения: 21.06.2019).

29. National Report for the IAG of the IUGG 2011–2014. / Kaftan V., Malkin Z., Pobedinsky G., Stoliarov I. A., Sermiagin R., Zotov L., Gorshkov V., Shestakov N., Steblov G., Dokukin P., Ustinov A. Ed. by V. P. Savinikh and V. I. Kaftan // Geoinf. Res. Papers, 3, BS1003, GCRAS Publ., Moscow. - 2015 – 99 pp. doi: 10.2205/2015IUGG-RU-IAG. https://elibrary.ru/item.asp?id=35438724.

30. National Report for the IAG of the IUGG 2015–2018 / Gerasimenko M., Gorshkov V., Kaftan V., Kosarev N., Malkin Z., Mazurov B., Pasynok S., Pobedinsky G., Popadev V., Savinykh V., Sermyagin R., Shestakov N., Steblov G., Sugaipova L., Ustinov A. Ed. by V. P. Savinikh and V. I. Kaftan // Geoinf. Res. Papers, Vol. 7, No. 1, BS7003, GCRAS Publ., Moscow. – 2019. – 99 pp. doi: 10.2205/2019IUGG-RU-IAG. https://elibrary.ru/item.asp?id=39583717.

31. Геоинформационный портал ГИС-Ассоциации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gisa.ru/9389.html (дата обращения: 21.06.2019).

32. Геоинформационный портал ГИС-Ассоциации. Публикации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gisa.ru/publicat.html (дата обращения: 21.06.2019).

33. Изыскательский вестник. Сайт Санкт-Петербургского общества геодезии и картографии. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.spbogik.ru/vestnik.html

34. Санкт-Петербургская ассоциация геодезии и картографии. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://www.agikspb.ru/

35. Изыскательский вестник. Сайт Санкт-Петербургской ассоциации геодезии и картографии. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://www.agikspb.ru/vestnik

36. Союз геодезистов. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.sojuz-geodez.ru/

37. Союз геодезистов Юга России (Ростов-на-Дону). Бюллетень Союза геодезистов: официальное издание Союза геодезистов / учредитель и издатель: МОО «Союз геодезистов». - Ростов-на-Дону. - Союз геодезистов, 2008. – вып. 1-5. https://search.rsl.ru/ru/search#q=004918070

38. Союз геодезистов и картографов Сибири и Урала. Некоммерческое партнерство. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://usc.sgugit.ru/nekommercheskoe-partnerstvo-soyuz-geodezistov-i-kartografov-sibiri-i-urala/

39. Уральский филиал некоммерческого партнерства «Союз геодезистов и картографов Сибири и Урала». [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://uralgeounion.ru/

40. Фотолетопись геодезии и картографии в СССР и РФ. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://uralgeounion.ru/dop-informaciya/1228/

41. Алябьев А. А., Обиденко В. И., Побединский Г. Г. Они создавали карту страны. Фотолетопись «Картографо-геодезической отрасли - 100 лет». // Геодезия и картография. - 2017. – Том 78. -№ S. – с. 2-11. ISSN 0016-7126. DOI: 10.22389/0016-7126-2017foto-2-11. https://elibrary.ru/item.asp?id=35109412

42. Союз изыскателей. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://np-si.ru/

43. Национальный Союз Изыскателей. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://nsiz.ru/

44. Ассоциация геодезистов Казахстана. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://geoid.kz/

45. Жалковский Е. А., Нейман Б. Н. Общество геодезии, картографии и землеустройства на новом этапе // Геодезия и картография. – 1996. – № 10. – С. 5–7. https://geocartography.ru/archive/1996-october

46. Геодезия и картография России. Законодательные и правовые акты Российской Федерации о геодезии и картографии. Почетные звания, награды и другие знаки отличия в области геодезии и картографии / С. А. Лазарев, А. В. Горбов, В. Р. Ященко, Б. Н. Нейман, Т. П. Агилера. – М.: Федеральная служба геодезии и картографии России. – 2001. – 36 с. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41595245

47. Лауреаты премии им. Ф. Н. Красовского. Юбилейный сборник. (20 лет установления премии им. Ф. Н. Красовского за лучшие научно-технические разработки в геодезии и картографии») / С. А. Лазарев, Б. Н. Нейман, Т. П. Агилера. – М.: Федеральная служба геодезии и картографии России. – 2002. – 40 с. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41595300

48. Лучшие изобретатели и рационализаторы геодезии и картографии. – Вып. 1. (25 лет установления званий «Лучший изобретатель геодезии и картографии» и «Лучший рационализатор геодезии и картографии») / С. А. Лазарев, А. В. Горбов, Б. Н. Нейман, Т. П. Агилера. – М.: Федеральная служба геодезии и картографии России. – 2002. – 36 с. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41595250

49. Указ Президента Российской Федерации от 25 декабря 2008 г. № 1847 «О Федеральной службе государственной регистрации, кадастра и картографии».

50. Съезд Межрегиональной общественной организации «Российское общество геодезии, картографии и землеустройства» принял решение о восстановлении премии им. Ф. Н. Красовского. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://rosgeokart.ru/news/sezd-mezhregionalnoy-obshchestvennoy-organizacii-rossiyskoe-obshchestvo-geodezii-kartografii-i

51. О премии имени Ф. Н. Красовского за лучшие научно-технические разработки в геодезии и картографии. / С. В. Еруков, В. И. Забнев, Г. Г. Побединский, А. Н. Прусаков // 19-й Международный научно-промышленный форум «Великие реки'2017». Труды научного конгресса. В 3 т. Т. 1. - Нижний Новгород: ННГАСУ, 2017. - с. 371 - 375. http://www.nngasu.ru/about/cooperation/ForumXIX.php. https://cloud.mail.ru/public/6aGy/Wca1LJVjT. https://elibrary.ru/item.asp?id=30488950

52. Вручение дипломов и медалей лауреатам премии имени Ф. Н. Красовского за лучшие научно-технические разработки в геодезии и картографии за 2018 г. // Геодезия и картография. – 2018. – № 3. – С. 2–6. http://geocartography.ru/scientific_article/2018_3_2-5

53. Вручение дипломов и медалей лауреатам премии имени Ф. Н. Красовского за лучшие научно-технические разработки в геодезии и картографии за 2017 г. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://rosgeokart.ru/news/vruchenie-diplomov-i-medaley-laureatam-premii-imeni-f-n-krasovskogo-za-luchshie-nauchno

54. РОСГЕОКАРТ/ROSGEOKART // Свидетельство на товарный знак (знак обслуживания) RU 657516. Заявл. 3.07.2017. Опубл. 23.05.2018. Бюл. № 10. https://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=RUTM&rn=8886&DocNumber=657516&TypeFile=html. https://new.fips.ru/ofpstorage/Doc/TM/RUNWTM/000/000/065/751/600/ТЗ-657516-00001/document.pdf

55. Декрет Совета Народных Комиссаров «Об учреждении Высшего Геодезического Управления». Дата: 15 (23) марта 1919 г. Распубликован в № 63 Известий Всероссийского Центрального Исполнительного Комитета Советов от 23 марта 1919 года. Источник: Собрание узаконений и распоряжений правительства за 1919 г. Управление делами Совнаркома СССР. М. 1943. стр. 165-166. http://istmat.info/node/35796

56. Указ Президента Российской Федерации от 11 ноября 2000 г. № 1867 «О дне работников геодезии и картографии».

57. Торжественные мероприятия, посвященные 100-летию учреждения Высшего Геодезического Управления (ВГУ). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://rosgeokart.ru/news/torzhestvennye-meropriyatiya-posvyashchennye100-letiyu-uchrezhdeniya-vysshego-geodezicheskogo

58. 100 лет Декрету об учреждении Высшего Геодезического Управления / В. П. Тагунов, Р. Г. Шаяпов, Г. Г. Побединский, С. В. Еруков // 21-й Международный научно-

промышленный форум «Великие реки’2019». Труды научного конгресса. В 3 т. Т. 1. - Нижний Новгород: ННГАСУ, 2019. - с. 254 – 267. ISBN 978-5-528-00360-3; 978-5-528-00361-0. https://cloud.mail.ru/stock/bs5fREwpnAcMmwyGB6tzXXM7. http://www.nngasu.ru/about/cooperation/ForumXXI.php. https://elibrary.ru/item.asp?id=41146615

59. Участие в работе Международного Косыгинского форума. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://rosgeokart.ru/news/uchastie-v-rabote-mezhdunarodnogo-kosyginskogo-foruma

60. Побединский Г. Г. Предложения по участию Российской Федерации в работах по созданию глобальной геодезической системы координат // Наука и технологии в промышленности. - 2019. - № 3-4. – с. 127 – 144. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44047369

61. Яблонский Л. И. Определение методов моделирования и оптимизации системы обеспечения пространственными данными. // Наука и технологии в промышленности. - 2019. - № 3-4. – с. 145 – 150.

62. XIX Национальная научная конференция с международным участием «Модернизация России: приоритеты, проблемы, решения». [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://rosgeokart.ru/news/xix-nacionalnaya-nauchnaya-konferenciya-modernizaciya-rossii-prioritety-problemy-resheniya

63. Яблонский Л. И. О научно-техническом развитии системы обеспечения пространственными данными. // Большая Евразия: Развитие, безопасность, сотрудничество. Ежегодник. Вып. 2. Ч. 2 / РАН. ИНИОН. Отд. науч. сотрудничества; Отв. ред. В. И. Герасимов. – М., 2019. – с. 951 – 953. ISBN 978-5-248-00946-6. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42435245

64. Побединский Г. Г., Прусаков А. Н. О критериях качества государственных геопространственных данных Российской Федерации. // Россия: Тенденции и перспективы развития. Ежегодник. Вып. 14 / РАН. ИНИОН. Отд. науч. сотрудничества; Отв. ред. В. И. Герасимов. – М., 2019. – Ч. 1. – с. 190 - 197. ISBN 978-5-248-00919-0. https://elibrary.ru/item.asp?id=37374975

65. Побединский Г. Г., Забнев В. И., Столяров И. А. Научно-технические и организационные проблемы развития системы геодезического обеспечения Российской Федерации. // Материалы XIX Национальной научной конференции с международным участием «Модернизация России: приоритеты, проблемы, решения» г. Москва 18-19 декабря 2019 г. Россия: Тенденции и перспективы развития. Ежегодник. Вып. 15: Материалы XIX Национальной научной конференции с международным участием «Модернизация России: приоритеты, проблемы, решения». Ч. 1 / РАН. ИНИОН. Отд. науч. сотрудничества; Отв. ред. В. И. Герасимов. – М., 2020. – с. 506 - 513. ISBN 978-5-248-00954-1. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42939591

66. Вышли в свет материалы XIV Международного научного конгресса Интерэкспо ГЕО-Сибирь. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://rosgeokart.ru/news/vyshli-v-svet-materialy-xiv-mezhdunarodnogo-nauchnogo-kongressa-interekspo-geo-sibir

67. Побединский Г. Г. Реформы отечественной картографо-геодезической службы и качество государственных геопространственных данных / Г. Г. Побединский // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XV Международный научный конгресс, 24–26 апреля 2019 г., Новосибирск. Пленарное заседание: Сборник материалов в 9 т. Т. 1. Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия». – Новосибирск: СГУГиТ, 2019. № 1. – с. 3 – 17. ISSN 2618-981X. DOI: 10.33764/2618-981X-2019-1-1-3-17. https://elibrary.ru/item.asp?id=41195587.

68. Вышли в свет труды 20-го Международного научно-промышленного форума «Великие реки (экологическая, гидрометеорологическая, энергетическая безопасность)» / ICEF). [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://rosgeokart.ru/news/vyshli-v-svet-trudy-20-go-mezhdunarodnogo-nauchno-promyshlennogo-foruma-velikie-reki

69. Нижегородское региональное отделение Российского общества геодезии, картографии и землеустройства. / Г. Г. Побединский, С. В. Еруков, В. П. Тагунов, Р. Г. Шаяпов / 18-й Международный научно-промышленный форум «Великие реки’2016». Труды научного

конгресса. В 3 т. Т. 1. - Нижний Новгород: ННГАСУ, 2016. - с. 356 - 361. ISBN 978-5-528-00150-0; 978-5-528-00151-7. http://nngasu.ru/word/reki2016/velikie_reki_tom_1_2016.pdf. https://elibrary.ru/item.asp?id=27481826

70. Отечественные научно-технические периодические издания по геодезии и картографии. К 90-летию журнала «Геодезия и картография» / Литвинов Н. Ю., Панкин В. Ф., Побединский Г. Г., Попадъёв В. В., Яблонский Л. И. / Геодезия и картография. - 2015. - № S15-1. – с. 111-129. ISSN: 0016-7126. DOI: 10.22389/0016-7126-2015-111-129. RSCI:25864655. https://elibrary.ru/item.asp?id=25864655.

71. История и перспективы старейшего отечественного научно-технического периодического издания по геодезии и картографии. К 95-летию журнала «Геодезия и картография» / Н. Ю. Литвинов, В. Ф. Панкин, Г. Г. Побединский, В. В. Попадъёв, Л. И. Яблонский. // Опубликовано: 25 августа 2020 г. [Электронный ресурс]. – Доступ: http://rosgeokart.ru/news/istoriya-i-perspektivy-stareyshego-otechestvennogo-nauchno-tehnicheskogo-periodicheskogo. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44229396

72. Ассоциация: путь к единству или разобщенность? // Геодезия и картография. – 1991. - № 1. – с. 4 – 5.

73. Побединский Г. Г., Шаяпов Р. Г. История российской службы геодезии и картографии. О создании корпуса гражданских топографов. // Международный научно-промышленный форум «Великие реки – 2009». Труды конгресса. Том 1. Нижний Новгород, ННГАСУ, 2010, с. 246 - 248. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35096583

74. Побединский Г. Г. О Корпусе гражданских топографов и реформах отечественной картографо-геодезической службы (окончание) // Геопрофи. - 2019. - № 1. – с. 4 – 10. ISSN 2306-8736. http://www.geoprofi.ru/history/o-korpuse-grazhdanskikh-topografov-i-reformakh-otechestvennoj-kartografo-geodezicheskoj-sluzhbyh-okonchanie. https://elibrary.ru/item.asp?id=37008683

75. Деятельность Межгосударственного совета по геодезии, картографии, кадастру и дистанционному зондированию Земли государств-участников СНГ. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://rosreestr.gov.ru/site/activity/mezhdunarodnaya-deyatelnost/deyatelnost-mezhgosudarstvennogo-soveta-po-geodezii-kartografii-kadastru-i-distantsionnomu-zondirova/

76. О повышении эффективности геодезической и картографической деятельности в РФ. // Геодезия и картография. – 2005. - № 11. – с. 1 – 2.

77. Карпик А. П., Мусихин И. А. Создание национальной геодезической ассоциации как обязательное условие инновационного развития геоиндустрии. // Интерэкспо Гео-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр., 13–25 апреля 2015 г., Новосибирск: Пленарное заседание: сб. материалов. – Новосибирск: СГУГиТ, 2015. –с. 8 – 19. ISSN: 2618-981X. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23274734

78. Форум «Геодезист». [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://geodesist.ru/

79. Дискуссия «Профсоюз геодезистов» на форуме «Геодезист» 2007-2020 гг. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://geodesist.ru/threads/profsojuz-geodezistov.7484/

80. Общероссийский профессиональный союз работников природноресурсного комплекса Российской Федерации. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://profprk.ru/

Научное издание

МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОСЫГИНСКИЙ ФОРУМ
СОВРЕМЕННЫЕ ЗАДАЧИ ИНЖЕНЕРНЫХ НАУК

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СИМПОЗИУМ
«ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОРЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОЦЕССОВ И АППАРАТОВ ХИМИЧЕСКОЙ И СМЕЖНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»,
ПОСВЯЩЕННЫЙ 110-ЛЕТИЮ А.Н. ПЛАНОВСКОГО
(ISTS «EESTE-2021»)

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ
(ТОМ 2)

20 и 21 октября 2021 года

Технический редактор Бородина Е. С.
Компьютерная верстка и макет Бородина Е. С.

Материалы публикуются в авторской редакции.