



НЕФТЕХИМИЯ – 2018

МАТЕРИАЛЫ

I МЕЖДУНАРОДНОГО НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ФОРУМА ПО ХИМИЧЕСКИМ ТЕХНОЛОГИЯМ И ПО НЕФТЕГАЗОПЕРЕРАБОТКЕ

**В 2-х частях
Часть 1
27–30 ноября 2018 г.**



PETROCHEMISTRY – 2018

PROCEEDINGS

I INTERNATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY FORUM ON CHEMICAL ENGINEERING AND OIL AND GAS PROCESSING

**In 2 volumes
Vol. 1
November 27–30, 2018**



Белорусский государственный технологический университет
ОАО «Мозырский НПЗ»
Министерство образования Республики Беларусь
Белорусский государственный концерн по нефти и химии
Государственный комитет по науке и технологиям
Национальная академия наук Беларуси
Исполнительный комитет СНГ
Постоянный Комитет Союзного государства
Министерство промышленности Республики Беларусь
Белорусский государственный концерн пищевой промышленности

НЕФТЕХИМИЯ – 2018

МАТЕРИАЛЫ

I МЕЖДУНАРОДНОГО НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ФОРУМА ПО ХИМИЧЕСКИМ ТЕХНОЛОГИЯМ И ПО НЕФТЕГАЗОПЕРЕРАБОТКЕ

В 2-х частях

Часть 1

27–30 ноября 2018 г.

PETROCHEMISTRY – 2018

PROCEEDINGS

I INTERNATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY FORUM ON CHEMICAL ENGINEERING AND OIL AND PROCESSING

In 2 volumes

Vol. 1

November 27–30, 2018

УДК 665.7
ББК 39.77
Н58

НЕФТЕХИМИЯ – 2018 : материалы I Международного научно-технического форума по химическим технологиям и по нефтегазопереработке, Минск, 27–30 ноября 2018 г. : в 2 ч. – Минск : БГТУ, 2018. – Ч. 1. – 333 с. – ISBN 978-985-530-723-6 (Ч. 1).

Сборник составлен по материалам докладов I Международного научно-технического форума по химическим технологиям и по нефтегазопереработке «НЕФТЕХИМИЯ – 2018». В представленных материалах отражены перспективы и стратегии развития мировой нефтехимии; рассмотрены вопросы переработки нефти и газа; предложены новые технологии получения полимерных композиционных материалов, лакокрасочных материалов и получения эластомеров и композиций на их основе. Ряд материалов отражает вопросы конструирования и моделирования шин и резинотехнических изделий, а также аппаратное оформление процессов. В материалах также рассмотрены вопросы цифровых технологий и автоматизации производства, а также экологические проблемы и пути их решения в нефтехимическом комплексе.

ISBN 978-985-530-723-6 (Ч. 1)
ISBN 978-985-530-722-9

©УО «Белорусский государственный
технологический университет», 2018

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР



**ОАО «МОЗЫРСКИЙ
НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИЙ ЗАВОД»**

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

ЛЯШЕНКО Игорь Васильевич	Заместитель Премьер-министра Республики Беларусь, председатель
ВОЙТОВ Игорь Витальевич	Ректор Белорусского государственного технологического университета, доктор наук, сопредседатель
РЫБАКОВ Андрей Алексеевич	Председатель Белорусского государственного концерна по нефти и химии, сопредседатель
ГУСАКОВ Владимир Григорьевич	Председатель Президиума Национальной академии наук Беларуси, академик НАН Беларуси, доктор наук, профессор, сопредседатель
ЦЫГАНОВ Александр Риммович	Первый проректор БГТУ, академик НАН Беларуси, доктор наук, профессор, сопредседатель
ДОРМЕШКИН Олег Борисович	Проректор по научной работе БГТУ, доктор наук, профессор, сопредседатель

АГАБЕКОВ В.Е., Академик Национальной академии наук Беларуси, д.х.н., профессор, заслуженный деятель науки Республики Беларусь;
БАРЦЕВИЧ В.А., директор ЗАО «Амкодор-Эластомер», г. Фаниполь, Беларусь;
БИЛЬДЮКЕВИЧ А.В., Академик Национальной академии наук Беларуси, д.х.н., профессор;
БОБЫРЬ И.М., генеральный директор ОАО «Гродно Азот», г. Гродно, Беларусь;
БУНАКОВ А.А., генеральный директор ОАО «Полоцк-Стекловолокно», г. Полоцк, Беларусь;
ГОЛОВАТЫЙ И.И., генеральный директор ОАО «Беларуськалий», г. Солигорск, Беларусь;
ДЕМИДОВ А.В., генеральный директор ОАО «НАФТАН», г. Новополоцк, Беларусь;
ЖЕБИН О.В., заместитель генерального директора ОАО «Нафтан» (по химическому производству) – директор завода «Полимир», г. Новополоцк, Беларусь;
КАРПЯК В.В., генеральный директор ОАО «Белшина», г. Бобруйск, Беларусь;
КАСПЕРОВИЧ А.В., заведующий кафедрой полимерных композиционных материалов БГТУ, кандидат наук, доцент
КОСТЮКЕВИЧ В.В., генеральный директор ОАО «СветлогорскХимволокно», г. Светлогорск, Беларусь;
КРУТЬКО Н.П., Академик Национальной академии наук Беларуси, д.х.н., профессор;
КУБРИН А.А., Заместитель Государственного секретаря – член Постоянного Комитета Союзного государства;
ЛИШТВАН И.И., Академик Национальной академии наук Беларуси, д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки и техники БССР, иностранный член Польской академии наук;
ЛЯХОВ А.А., генеральный директор Государственное производственное объединение «Белоруснефть», г. Гомель, Беларусь;
МАРЗАЛЮК И.А., Председатель Постоянной комиссии Палаты представителей Национального собрания Республики Беларусь по образованию, культуре и науке;

ПАВЛОВ В.П., генеральный директор ОАО «Мозырский НПЗ», г. Мозырь, Беларусь;
ПИРШТУК Б.К., заместитель Председателя Палаты представителей Национального собрания Республики Беларусь;
РАХМАНОВ С.К., Председатель Постоянной комиссии Совета Республики Национального собрания Республики Беларусь по международным делам и национальной безопасности;
РУДЗИНСКАС В.И., заместитель генерального директора ОАО «Гродно Азот» – директор филиала «Завод Химволокно», г. Гродно, Беларусь;
РУДНИК П.М., генеральный директор ОАО «Могилевхимволокно», г. Могилев, Беларусь;
САВЧЕНКО В.С., генеральный директор НП «Деловой Центр экономического развития СНГ»;
СОЙКО А.В., директор ОАО «Лакокраска», г. Лида, Беларусь;
СТАРОВОЙТОВА И.А., Первый заместитель Министра образования Республики Беларусь;
ЮСЕВИЧ А.И., заведующий кафедрой нефтегазопереработки и нефтехимии БГТУ, кандидат наук, доцент

МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОМИТЕТ

АБИШЕВ Али Ажимович, председатель правления-ректор НАО «Атырауский университет нефти и газа», доктор наук, г. Атырау, Казахстан;
АБРУДАН Иоан, ректор Трансильванского университета, профессор, г. Брашов, Румыния;
АХМЕТОВА Г.Г., ректор Павлодарского государственного университета им. С. То-райгырова, канд. филос. наук, г. Павлодар, Казахстан;
БАБАНЛЫ Мустафа, ректор Азербайджанского государственного университета нефти и промышленности, доктор наук, профессор, г. Баку, Азербайджан;
БЕССОННЫЙ А.Н., канд. техн. наук, президент ГК «НИИХИММАШ», г. Санкт-Петербург, Россия;
БОСТАН ВИОРЕЛ, ректор Технического университета Молдовы, доктор наук, г. Кишинев, Молдова;
ВРУБЕЛЬ Я., ректор Западнопоморского технологического университета в Ще-цине, доктор наук, г. Щецин, Польша;
ВУ ДИНЬ НГО, ректор Индустриального университета Вьетчи, доктор наук, г. Вьетчи, Социалистическая Республика Вьетнам;
ГАБАНИК Й., ректор Тренчанского университета им. А.Дубчека, г. Тренчин, Словакия;
ГУЦИРИЕВ М.С., Председатель Совета директоров ИООО "Славкалий";
ДЗЕНИС Лех, ректор Белостокского технического университета, доктор наук, проф., г. Белосток, Польша;
ИМОМЗОДА М.С., ректор Таджикского национального университета, академик Академии наук Республики Таджикистан, доктор наук, проф., г. Душанбе, Таджикистан;
КАЦЕЙКО П., ректор Люблинского технологического университета, доктор наук, г. Люблин, Польша;
КИРЕЕВ А.М., ген. директор ООО «Югсон-Сервис», доктор наук, академик РАЕН, проф., г. Тюмень, Россия

КОЖАМЖАРОВА Д.П., ректор Южно-Казахстанского государственного университета имени М. Ауэзова, академик НАН РК, доктор наук, г. Шымкент, Казахстан;

КОСЬЯНОВ В.А., ректор Российского государственного геологоразведочного университета им. Серго Оржоникидзе, доктор наук, проф., г. Москва, Россия;

КРЕЧЕТОВ А.А., ректор Кузбасского государственного технического университета им. Т.Ф. Горбачева, канд. техн. наук, доц., г. Кемерово, Россия;

КУДРЯШОВА Е.В., ректор Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова, доктор наук, профессор, г. Архангельск, Россия;

ЛИТВИНЕНКО В.С., ректор Санкт-Петербургского горного университета, доктор наук, профессор, г. Санкт-Петербург, Россия;

ЛЫСАК В.И., ректор Волгоградского государственного технического университета, доктор наук, профессор, г. Волгоград, Россия;

МАРТЫНОВ В.Г., ректор Российского государственного университета нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, доктор наук, профессор, г. Москва, Россия;

МАРУХЯН В.З., ректор Национального политехнического университета Армении, доктор наук, профессор, г. Ереван, Армения;

НЕКООМАНЕШ Мехди, директор Иранского института полимеров и нефтехимии, г. Тегеран, Иран

ПИВОВАРОВ А.А., ректор Украинского государственного химико-технологического университета, доктор наук к, проф., г. Днепр, Украина;

ПИСЬМЕННЫЙ Е.Н., доктор наук, проф., Национальный технический университет Украины, г. Киев, Украина;

ПРАНГИШВИЛИ А., ректор Грузинского технического университета, доктор наук, г. Тбилиси, Грузия;

ПУГАЧ В.Н., ректор Вятского государственного университета, г. Киров, Россия;

ХАО ЧЖИФЭН, ректор Фошаньского университета, г. Фошань, Китай;

ЧЕРНЯКОВ Д.В., директор ОАО «Гомельский химический завод», г. Гомель, Беларусь;

ЧЕРТОВ Е.Д., ректор Воронежского государственного университета инженерных технологий, доктор наук, профессор, г. Воронеж, Россия;

ШАЙМАРДАНОВ Ж.К., ректор Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева, доктор наук, г. Усть-Каменогорск, Казахстан;

ШЕВЧИК А.П., ректор Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета), доктор наук, проф., г. Санкт-Петербург, Россия;

ШМИДТ Ян, ректор Варшавского технологического университета, доктор наук, г. Варшава, Польша;

ШУМИЛИН А.Г., председатель Государственного комитета по науке и технологиям.

ЮШКО С.В., ректор Казанского национального исследовательского технологического университета, член-корр. АН Республики Татарстан, доктор наук, проф., г. Казань, Россия.

ЯРУЛЛИН Р.С., ген. директор ОАО «Татнефтехиминвест-холдинг», доктор наук, Республика Татарстан, г. Казань, Россия.

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНАЯ СЕССИЯ	I
<i>Ляшенко И.В.</i> Приветственное слово	I
<i>Мясникович М.В.</i> Приветственное слово	II
<i>Карпенко И.В.</i> Приветственное слово	III
<i>Гусаков В.Г.</i> К выступлению на международном форуме «Нефтехимия – 2018»	V
<i>Войтов И.В.</i> Научно-техническая и образовательная деятельность БГТУ для обеспечения инновационного развития Республики Беларусь. Пре- зентация республиканского научно-практического центра нефтегазохими- ческих технологий и производств.....	VIII
<i>Рыбаков А.А.</i> О развитии концерна «Белнефтехим»	XV
<i>Сазонов А.А.</i> Приветственное слово участникам, гостям и организаторам I Международного научно-технического форума по химическим техноло- гиям и нефтегазопереработке «Нефтехимия – 2018»	XXV
<i>Костюкевич В.В.</i> Производство спецволокон и нитей с функциональными свойствами в ОАО «СветлогорскХимволокно»	XXVI
<i>Рудник П.М.</i> Производство и наука в современных условиях экономики	XXXV
<i>Карпняк В.В.</i> Приветственное слово	XLII
<i>Коско Ю. Ф.</i> Перспективы развития ОАО «Нафтан» завод «Полимир»	XLV
<i>Фролов В.В., Ракутько А.Г., Ткачев Д.В., Добродеева И.В.</i> Промысловая химия в нефтедобывающей промышленности Республики Беларусь	LII
<i>Гурин В.Л., Бирюков А.М.</i> Проект завода по производству композитных мате- риалов и изделий из них с центром НИОКР в Китайско-Белорусском индустри- альном парке «Great Stone»	LVII
<i>Брыскин Ю.В., Ярошук С.А.</i> ООО «ФОДИС» производственно-технологическая компания инновационной пробиотиче- ской и индустриальной технологии очистки	LXIV

Секция I. ПЕРСПЕКТИВЫ, СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ И НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ХИМИЧЕСКИХ И НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ. ЭКО- ЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ	1
<i>Grinbergienė I., Čereška A., Borovskiy D., Frantskevich V.</i> Investigation of two methods to particles coagulation of influence acoustic field	1
<i>Акыева Ш., Поладов К.</i> Исследование состава, строения и свойств углеводородов базовых смазочных масел из туркменских нефтей	5
<i>Алиев Г.С., Абасова У.А., Рустамлы Х.М., Ахмедова И.В.</i> Оптимизация и исследование процесса газофазного окисления метанола на модифицированном цеолите	8
<i>Садиева Х.Р., Атенев Е.И., Балтабаева Д.Г.</i> Создание отечественного производства тиосолей на основе нефтяной серы	11
<i>Акжигитов А.Ш., Абишев А.А.</i> Исследование нефтей месторождений из триасовых горизонтов мангышлака	15

<i>Трусов К.И., Юсевич А.И., Кириллов А.М., Кириллова М.В., Андре В.</i> Новые катализаторы на основе меди для окислительной С-Н функционализации циклогексана в мягких условиях.....	20
<i>Цыганов А.Р., Томсон А.Э., Царюк Т.Я.</i> Промежуточные и остаточные продукты масляного производства ОАО «Нафтан» как компоненты защитных смазочных материалов.....	24
<i>Шрубок А.О., Ханни Вако Б.Д., Степанович Ю.А.</i> Регулирование свойств битумных вяжущих материалов полимерными добавками <i>Грушова Е.И., Карпенко О.В.</i> Разработка технологических приемов, расширяющих возможности процесса статической кристаллизации парафинов.....	30
<i>Грушова Е.И., Аль-разуки А.А., Ушева О.А., Алрашиди А.Р.</i> Применение модифицирующих добавок для интенсификации экстракционных процессов в производстве минеральных масел.....	32
<i>Амир Немах Мохаммед, Донской Д.Ф., Нестеренко С.В.</i> Лабораторный экспресс-метод оценки рисков разрушения материала обсадной колонны при коррозионном воздействии	34
<i>Ахмедярова Г., Насырова Дж., Аннадурдыева Г.</i> Интенсификация методов микробной деструкции нефти	39
<i>Гелдиев Х.А.</i> Подготовка кадров для нефтегазовой отрасли Туркменистана <i>Nikolai Siniak, Andrey Kasperovich, Sergey Shavrov, Ninoslav Marina.</i> Industry 4.0 and future of industrial petrochemistry	43
<i>Харитонович А.Г., Устинов К.Ю., Матюш И.А., Щербина Л.А.</i> Влияние содержания динитрила азодиизомасляной кислоты в реакционной смеси на динамику синтеза сополимеров акрилонитрила в диметилсульфоксиде	48
<i>Агабеков В.Е., Кадиев Х.М., Хаджиев С.Н.</i> Комплексная переработка тяжелых нефтяных остатков (гудрон) с альтернативным (бурый уголь) и возобновляемым (древесным) сырьем	55
<i>Цыганов А.Р., Томсон А.Э., Сосновская Н.Е., Соколова Т.В.,</i> <i>Пехтерева В.С.</i> Нефтепоглощающие сорбенты на основе торфа	59
<i>Мотевич И., Степура В., Мотевич К., Санкевич Ю., Глебович Т.,</i> <i>Оскирко В., Стрекаль Н.</i> Трассеры нефти на основе флуоресцирующих полупроводниковых квантовых точек CdSe/ZnS	62
<i>Цыганов А.Р., Панасюгин А.С., Павловский Н.Д., Машерова Н.П.</i> Обезвреживание паров одноатомных спиртов C ₁ –C ₅ и их изомеров адсорбционно-каталитическим методом	66
<i>Войтов И.В., Цыганов А.Р., Капсаров А.Г., Мамчик С.О.</i> Использование трибоакустических технологий для оптимизации добычи и переработки нефти	67
<i>Мамчик С.О.</i> Состояние собственной минерально-сырьевой базы углеводородного сырья в Республике Беларусь и проблемы ее обеспечения	71
<i>Бурая И.В.</i> Научно-технический потенциал сотрудничества Полоцкого государственного университета с предприятиями нефтепереработки и нефтехимии Республики Беларусь.....	75
	79

<i>Терещенко И.М., Дормешкин О.Б., Жих Б.П., Кравчук А.П.</i> Комплексная переработка кремнегеля – многотоннажного отхода химических производств.....	83
<i>Кузьменков М.И., Короб Н.Г., Анкуда М.К., Комаров М.А.</i> Перспективное направление утилизации солевого шлама станции нейтрали- зации ОАО «Гомельский химический завод»	87
<i>Махмудов Н.Н.</i> Перспективы развития нефтегазовой отрасли Узбекистана и повышение качества подготовки кадров.....	90
<i>Мосталыгина Л.В., Елизарова С.Н.</i> Ионметрическое изучение сорбции ионов свинца (II) талломами кустистых лишайников Зауралья	94
<i>Калаев Р.Э., Янин И.М., Маркелова Н.Л., Калаева С.З.</i> Решение проблемы обезвоживания высоковязких нефтесодержащих отходов	98
<i>Евжанов Х.</i> Эколого-экономическое значение комплексного использования минерализованных нефтегазовых вод	102
<i>Батулин В.В., Ващенко Ю.Н., Семенов Г.Д.</i> Рециклинг отходов резин на основе фторэластомеров	105
<i>Пашкевич О.Д., Лихачева А.В.</i> Получение оксида цинка из отработанных электролитов цинкования	107
<i>Лихачева А.В.</i> Варианты схем получения пигментов из отработанных элек- тролитов цинкования	109
<i>Мамед Гасан-заде Дилара Самеддин кызы, Гулиева Севиндж</i> <i>Низами кызы.</i> Решение экологических проблем посредством рецикла поли- мерных материалов	113
<i>Ерофеевская Л. А.</i> Экологические проблемы восстановления нефтезагрязненных земель в условиях Якутии и пути их решения.....	117
<i>Гелдиев Х.А., Мамедов Б.М., Аманов М.А.</i> Изучение возможностей использования производственных отходов нефтеперерабатывающих заво- дов при изготовлении бурового раствора	121

Секция II. ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ. ПЕРСПЕК- ТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ НА ИХ ОСНОВЕ.....	125
<i>Крюкова А.С., Герасимов Н.Г., Коротнева И.С.</i> Полимерная пленкообразующая композиция на основе латексов карбоксилсодержащих диен-акриловых графт-сополимеров.....	125
<i>Цыганова В.А., Федорович Н.А., Коротнева И.С.</i> Получение полимерных композиционных материалов фармацевтического назначения на основе акриловых сополимеров.....	128
<i>Пугачёва Т.А., Курбатов В.Г.</i> Использование керновых пигментов с оболочкой из проводящих полимеров в покрытиях для защиты металлов	132
<i>Осипова М.М., Власов В.В., Соловьев М.Е.</i> Экспресс-метод определения теплотворности резин	136
<i>Коломиец И.П., Климова А.С., Коротнева И.С.</i> Полимерная пленкообразующая композиция на основе латексов карбоксилсодержащих сопо- лимеров для формирования защитных покрытий семян.....	139

<i>Воронцова А.С., Курбатов В.Г.</i> Противокоррозионные покрытия на основе совмещенных водных дисперсий, содержащих полианилин	143
<i>Гурина Г.И., Дружинин Е.И.</i> Вопросы ресурсо- и энергосбережения при синтезе лакокрасочных алкидных и уралкидных материалов	147
<i>Пырьх Т.В., Щербина Л.А., Можейко Ю.М.</i> Термодеструкция полилактида и его рециклинг	151
<i>Щербина Л.А., Будкуте И.А., Киселева Д.А.</i> Исследование термических свойств полиакрилонитрильных волокон с целью оптимизации процесса их термоокисления.....	154
<i>Шкодик В.Ф., Темникова Н.Е., Бойко И.И., Стоянов О.В., Касперович А.В.</i> Влияние адгезионных характеристик наномодифицированного связующего в формировании композиционных материалов на основе полиамидной бумаги	157
<i>Русанова С.Н., Стояно О.В., Касперович А.В.</i> Силанольная модификация сополимеров этилена как способ получения градиентных нано-композиций адгезионного назначения.....	162
<i>Potapov A.L., Agabekov V.E., Bely V.N.</i> Dynamics of silver nanoparticles formation in colloidal system and polymer matrix	167
<i>Ващенко Ю.Н., Ботвинцева А.Г., Джавлах Л.А., Чумак Ю.С.</i> Биоингредиенты в составе эластомерных материалов	169
<i>Прокопчук Н.Р., Долинская Р.М., Полоз А.Ю., Эбич Ю.Р.</i> Взаимодействие компонентов износостойких эпоксидных композиций с карбидом силиция.....	172
<i>Ващенко Ю.М., Гречко В.Ю., Шибка А.В., Прокопчук Н.Р., Долинская Р.М.</i> Модифицированный измельченный вулканизат в составе эластомерных композиций	174
<i>Бурков А.А., Соколов Д.С., Фомин С.В., Веснин Р.Л.</i> Структура композиций на основе полилактида и натурального каучука	176
<i>Фомин С.В., Шилов И.Б., Веснин Р.Л.</i> Исследование бис-(фенилсульфонил)амин и 2,4-толуилен-ди(п- фенилсульфонилмочевины) на стойкость резин к тепловому старению	180
<i>Панасюгин А.С., Цыганов А.Р., Машерова Н.П.</i> Тенденции использования лакокрасочной продукции и органических растворителей в промышленности.....	183
<i>Хотько А.В.</i> Технологии проектирования и конструирования шин, применяемые в ОАО «Белшина»	187
<i>Каюшников С.Н., Люштык А.Ю.</i> Использование модифицированных марок технического углерода в рецептурах резиновых смесей с целью снижения теплообразования и улучшения износостойкости	192
<i>Прокопчук Н.Р., Касперович О.М., Ленартович Л.А., Коновод Т.А.</i> Смесии полиолефинов с термоэластопластами.....	195
<i>Mustafayeva R.E.</i> The research of properties elastomer of the containing compositions.....	199
<i>Ерофеевская Л.А., Неустроева Н.И., Кычкин А.К., Кычкин А.А.</i> Исследование влияния микроорганизмов на структуру и свойства полимерных композиционных материалов в условиях холодного климата	201

Гурина Г.И. Наноконпозиционные материалы на основе монтмориллонита	204
Соловьева О.Ю., Барина Е.А., Дмитриев И.Ю. Модификация наполненных композиций на основе каучука бнкс-28амн функционализированным олигобутадиеном	206

Секция III. ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И АВТОМАТИЗАЦИЯ. АППАРАТУРНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ПРОЦЕССОВ. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛООБМЕННОЙ АППАРАТУРЫ

ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	211
Леонтьев В.К., Кораблева О.Н., Киселева А.А. Разработка высокоэффективного газожидкостного эжекционного аппарата.....	211
Нестеренко С.В. Возможность использования новых аустенитно-ферритных сталей для изготовления теплообменного оборудования	214
Анкуда М.А., Жарский С.Е., Олиферович Н.М., Хейфец М.Л. Математическая модель шагового двигателя для системы управления привода 3D-принтера	218
Барашко О.Г., Касперович А.В. Информационное обеспечение испытательного стенда шин	223
Левданский И.А., Волк А.М. Газоцентробежное обезвоживание зернистого материала	226
Мисюля Д.И., Кузьмин В.В., Мытько Д.Ю. Повышение эффективности очистки газов в циклонах с помощью частичной рециркуляции потока.....	230
Вайтехович П. Е. Комплексная очистка газа в высокотемпературных процессах	232
Сотник Л.Л. Определение потребляемой мощности привода вибровалкового измельчителя	234
Мителев В.В., Кульбей А.Г. Экспериментальное исследование зависимости стационарного потенциала подземных сооружений от влажности грунтов...	238
Францкевич В.С., Волк А.М. Фракционирование полидисперсных материалов в динамических классификаторах.....	242
Зайцев С.И. Материализация цифровой среды в условиях формирования цифровой экономики. Технология «ЧР».....	246
Булойчик В.М., Гарбузенко В.В. Система учёта продукции, оборудования, материалов на основе радиочастотной идентификации (RFID).....	249
Кузьмицкий Д.В., Шкудун Д.П., Гринюк Д.А., Сухорукова И.Г. Автоматизации процесса висбрекинга	253
Кобринец В.П., Лихавицкий В.В., Павлюкевич Д.Ю. Численные методы идентификации параметров математической модели колонны К-102	257
Карпович Д.С., Рудь А.Н., Барашко О.Г. Представление объектов с распределёнными параметрами на примере тепловых процессов	262
Клютко М. В., Сидорчик Д. Е., Стаблецкий В.Д. Алгоритмы получения изображения в системах технического зрения	266
Подобед М. Ю., Карпович Д. С., Рассылкин А. Использование нечеткой логики для управления тепловыми процессами	270

ПЛЕНАРНАЯ СЕССИЯ

Ляшенко И.В.

(Заместитель Премьер-министра Республики Беларусь)

ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО

Уважаемые участники форума, коллеги!

От Правительства Республики Беларусь рад приветствовать вас на Первом международном научно-техническом форуме по химическим технологиям и нефтегазопереработке «НЕФТЕХИМИЯ – 2018».

Белорусский государственный технологический университет не просто выбран площадкой для проведения форума. Это ведущий вуз Республики Беларусь – наша кузница кадров для нефтехимической промышленности.

Сегодня в стенах государственного вуза собрались не только высококвалифицированные специалисты нефтехимической отрасли, занимающиеся стратегическими вопросами бизнеса и национальной безопасности, но наши будущие кадры – студенты.

Теоретическая подготовка должна проходить совместно с получением практических навыков, а чтобы они были актуальны, процесс обучения должен «впитывать» все новые достижения и видеть перспективы развития. Надеюсь, этому будет способствовать организованный Белорусским государственным технологическим университетом Форум и сегодняшнее мероприятие для многих его участников станет знаковым событием.

Не сомневаюсь, что целеустремленность в поиске новых подходов развития, повышения эффективности производства и производительности труда, не упуская из виду вопросы качества продукции, позволит участникам Форума найти партнеров для создания «прорывных» технологий и производств во благо развития экономики Беларуси.

Желаю всем участникам и гостям Форума конструктивного общения и широкого обмена опытом для достижения практических результатов.

Мясникович М.В. (Председатель Совета Республики,
Национального собрания Республики Беларусь,
доктор экономических наук, профессор,
член-корреспондент НАН Беларуси)

ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО

Уважаемые участники и организаторы I Международного научно-технического форума по химическим технологиям и нефтегазопереработке!

От имени Совета Республики Национального собрания Республики Беларусь искренние поздравляю с открытием I Международного научно-технического форума по химическим технологиям и нефтегазопереработке (НЕФТЕХИМИЯ-2018).

Химическая и нефтехимическая промышленность входит в число важнейших отраслей промышленного комплекса Беларуси. Ее доля занимает более одной трети в структуре обрабатывающей промышленности нашей страны.

Сегодня химическая и нефтехимическая сфера является безграничным полем для разработки и внедрения инноваций, объединения промышленного потенциала с академической, вузовской и отраслевой наукой, развития взаимовыгодного международного научно-технического сотрудничества и производственной кооперации, цифровой трансформации экономики, создания высокопроизводительных рабочих мест.

Поэтому проведение I Международного научно-технического форума по химическим технологиям и нефтегазопереработке очень актуально для обмена опытом, налаживания прямых контактов, совместного поиска путей решения имеющихся проблемных вопросов.

Желаю участникам и организаторам форума плодотворной работы, неиссякаемой энергии, новых идей и достижений.

Карпенко И.В.
(Министр образования Республики Беларусь)

ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО

Приветствую участников **I Международного научно-технического форума по химическим технологиям и по нефтегазопереработке (НЕФТЕХИМИЯ – 2018).**

Форум НЕФТЕХИМИЯ-2018 ставит целью стимулировать контакты и обмен научно-техническими достижениями между специалистами, может и должен дать ответы на многие вопросы, возникающие в этих областях.

На форуме будут обсуждены актуальные проблемы нефтехимии, переработки полимерных композиционных материалов, цифровых технологий и систем автоматизации в нефтехимическом комплексе, применения наноматериалов в полимерных композитах, рассмотрены вопросы усиления практикоориентированной составляющей в подготовке кадров на всех ступенях профессионального образования для придания нового импульса социально-экономическому развитию нашей страны, увеличению ее экспортного потенциала. Уже сегодня всем ясно, что развитие нашей страны невозможно без внедрения новых перспективных технологий, направленных на создание инновационных материалов и производств, развитие ресурсо- и импортозамещения, информатизацию всех сфер нашей жизни, минимизацию последствий воздействия производства на окружающую среду. Большие надежды в этом деле мы возлагаем и на научно-исследовательскую деятельность молодого поколения: студентов, магистрантов, аспирантов. Ведь именно им предстоит в ближайшей перспективе противостоять будущим вызовам современности и решать основные задачи отрасли.

В век высоких технологий, когда главной остается задача развивать и внедрять инновационные проекты, продукты и услуги, не потерять накопленный потенциал, сберечь все лучшее, не допустить снижения качества в подготовке специалистов, заслуживает одобрения уже сам замысел такого форума. В нем принимают участие представители ведущих министерств и ведомств, организаций и предприятий заинтересованных в подготовке кадров и проведении научных исследований, крупнейших научных, образовательных центров нашей страны и зарубежья.

В этой связи хотелось бы отметить положительную динамику развития отраслевых лабораторий в составе БГТУ и перспективы создания

Республиканского научно-практического центра нефтехимических технологий и производств, совершенствование деятельности учреждений высшего образования на основе модели «Университет 3.0».

Считаю, что **I Международный научно-технический форум по химическим технологиям и по нефтегазопереработке** будет способствовать увеличению вклада науки, производства, высшей школы, всей системы образования в решение социально-экономических задач, стоящих перед Республикой Беларусь.

Желаю участникам форума успешной работы.

Гусаков В.Г.
(Председатель Президиума НАН Беларуси академика)

**К ВЫСТУПЛЕНИЮ НА МЕЖДУНАРОДНОМ ФОРУМЕ
«НЕФТЕХИМИЯ-2018»**

Уважаемый Президиум, дамы и господа!

Для меня большая честь приветствовать участников I Международного научно-образовательного форума по нефтехимии «НЕФТЕХИМИЯ-2018»!

Известно, что нефтехимическая промышленность является одной из ведущих отраслей мировой экономики. Темпы роста мировой нефтехимии превышают темпы роста экономики в целом. По показателям суммарного объема производства химический комплекс в мире, который включает в свой состав также и нефтехимическую продукцию, в 2013 году догнал, а в 2015 году, достигнув 4 трлн. долл., обошел по масштабам производства рынок нефти.

Многочисленные виды продукции, используемой в строительстве, машиностроении, агропромышленном комплексе, жилищно-коммунальном хозяйстве, фармацевтике, производстве электронной и бытовой техники, товаров народного потребления производится на базе нефтяного и газового сырья.

Нефтехимическая промышленность является связующим звеном между нефтегазовым комплексом и перерабатывающими отраслями и ее развитие – это путь к новому технологическому укладу.

Интересы ведущих компаний направлены на производство конструкционных пластмасс, полимеров с заданными свойствами, спецволокон, спецкаучуков и т.п. Нефтехимическая промышленность стала все больше производить материалы – предвестники нового (материаловедческого) уклада – нано- и биополимеры, биотехнологические материалы, антикоррозионные и огнестойкие покрытия, биосенсоры и множество других, которые становятся драйверами рынка нефтехимической промышленности.

Это становится возможным в связи с тем, что крупнейшие нефтехимические и нефтегазовые компании ежегодно направляют на НИОКР от 1 млрд. до 2 млрд. долл. в год.

Генеральной линией своего развития развитые страны избрали выпуск малотоннажной, но чрезвычайно наукоемкой и дорогой продукции. В отличие от этого компании развивающихся стран сосредоточились на производстве наиболее крупнотоннажных нефтехимических продуктов массового использования. В Китае, Индии, странах Ближнего Востока успешно функционируют крупные нефтехимические кластеры.

Нефтеперерабатывающая и нефтехимическая промышленность Республики Беларусь также оказывает серьезное влияние на экономику нашей страны. Однако обеспеченность республики собственными природными топливно-энергетическими ресурсами составляет только примерно 20%, поэтому особую актуальность имеет поиск новых решений по замене импортируемого углеводородного сырья местными видами, разработка и внедрение энерго- и ресурсосберегающих технологий его добычи и переработки.

Очевидно, что необходимо ориентироваться не только на новейшие зарубежные технологии нефтепереработки и нефтехимии, а развивать и внедрять отечественные инновационные технологии, возможно, в научно-техническом содружестве с Россией, Казахстаном, Китаем и другими странами.

Для нашей страны крайне актуален отечественный конкурентоспособный промышленный продукт и более широкое использование новейших разработок как для малотоннажной так и для крупнотоннажной нефтехимической промышленности. Необходимо создать собственные эффективные технологии и использовать их в промышленности. В этой связи можно привести ряд положительных примеров.

Институтом механики металлополимерных систем имени В.А.Белого НАН Беларуси разработаны и серийно поставляются для нужд ОАО «ГродноАзот» аддитивы для производства на заводе «Химволокно» полиамидных самозатухающих композитов, объемы продаж составили ≈ 10 млн. долларов.

В ОАО «МогилевХимволокно» введена в строй установка по выпуску полиэфирных композитов.

На ОАО «СветлогорскХимволокно» по разработанной в Институте химии новых материалов НАН Беларуси создана опытно-промышленная технология по производству «улучшенного» волокна «Арселон», на которую получен Евразийский патент.

Совместно с ОАО «СветлогорскХимволокно» разработана технология для организации опытного производства модифицированных светостабилизаторов с производительностью 60 тонн в год.

Также в Институт химии новых материалов НАН Беларуси совместно с Белорусским государственным технологическим университетом выполняются работы по инновационным проектам «Комплексная переработка тяжелых нефтяных остатков (гудрон, мазут, тяжелая нефть) с альтернативным (бурый уголь) и возобновляемым (древесным) сырьем» и «Разработка технологии переработки остаточного продукта гидрокрекинга H-Oil с применением наноразмерного крекирующего катализатора».

Наиболее важными и актуальными в настоящее время являются задачи связанные с разработкой эффективных, научно обоснованных технологий, обеспечивающих повышение нефтедобычи и нефтепереработки, увеличение выхода светлых нефтепродуктов, сокращение потерь ценного нефтяного сырья при добыче и переработке, а также снижение энергозатрат и улучшение экологической обстановки.

Важно расширить деятельность по разработке технологий и химических реагентов для оптимизации добычи трудноизвлекаемых запасов нефти, в том числе пропантов для проведения гидроразрыва пласта, методов разделения водонефтяных эмульсий, реагентов и методов очистки добывающих скважин от асфальто-смолопарафинистых отложений, методов воздействия на призабойную часть скважины с целью повышения нефтеотдачи.

Для успешной реализации инновационных проектов, которые предполагают использование высших мировых достижений научно-технического прогресса, Национальная академия наук Беларуси предлагает создание инновационных структур, в том числе – Гомельского нефтяного кластера и Солигорского горно-химического кластера «Минеральные удобрения». Полагаем, что образование интеграционных научно-технических структур в области добычи нефти, обогащения и переработки минерального сырья, позволит объединить усилия академической, ВУЗовской и отраслевой науки с производством, создать современную лабораторию и опытно-экспериментальную базу, научные, проектно-конструкторские, технологические и производственные подразделения, способные выполнять весь комплекс работ о научной идеи до практической реализации в производстве.

Производственное объединение «Белоруснефть» поддержало предложение Национальной академии наук Беларуси о создании Гомельского нефтяного кластера на базе РУП «ПО «Белоруснефть» с включением в него ряда организаций Академии наук, в том числе Института химии новых материалов, Института общей и неорганической химии, Института механики металлополимерных систем имени В.А.Белого и учреждений образования: Белорусского государственного технологического университета, Научно-исследовательского института физико-химических проблем Белгосуниверситета (НИИ ФХП БГУ), Полоцкого государственного университета.

Вопрос о создании кластера «Минеральные удобрения» находится в стадии проработки с ОАО «Беларуськалий».

Уважаемые участники конференции. Тематика конференции является чрезвычайно актуальной. Вы сможете обсудить многие приоритетные проблемы и найти их эффективное решение.

Позвольте пожелать вам успешной и плодотворной работы!

Войтов И.В., Ректор БГТУ

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ
ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ БГТУ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ.
ПРЕЗЕНТАЦИЯ РЕСПУБЛИКАНСКОГО
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОГО ЦЕНТРА
НЕФТЕГАЗОХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРОИЗВОДСТВ**

Белорусский государственный технологический университет (БГТУ) на протяжении всей своей более чем 85-летней истории занимает ведущие позиции в образовательной и научной сферах. Сегодня он является уникальным, динамично развивающимся инновационным и научным центром.

БГТУ, являясь ведущим ВУЗом по подготовке кадров для химической отрасли, готовит специалистов для производственной и социальной сфер экономики по 31 специальности и 61 специализации высшего образования первой ступени, 40 специальностям второй ступени (магистратуры), 34 специальностям среднего специального и профессионально-технического образования, 14 специальностям переподготовки кадров и 35 научным специальностям в аспирантуре и докторантуре. Кроме того, БГТУ имеет 5 филиалов на базе колледжей. Ежегодно в университете обучается около 16 тысяч студентов, магистрантов и аспирантов.

Университет имеет высокий международный авторитет, сертифицировал свою систему менеджмента качества (СМК) в национальной и немецкой системе аккредитации DGA.

В университете успешно действуют 18 научно-педагогических школ, получивших широкую известность в Беларуси и иностранных государствах, созданы и функционируют 6 советов по защите диссертаций. Ежегодно в университете успешно проходят защиту 15–20 кандидатских диссертаций.

БГТУ является базовой организацией государств-участников Содружества Независимых Государств и работает более чем с 30 университетами стран СНГ. Университет тесно взаимодействует более чем с 200 научно-исследовательскими и образовательными организациями из 40 стран мира. В университете успешно функционируют более 45 научных подразделений, научно-исследовательских, испытательных и сертификационных лабораторий и центров, в том числе 8 отраслевых научных лабораторий и 5 совместных НИЛ.

Одним из важнейших направлений научной деятельности ученых университета является расширение участия в выполнении международных проектов и грантов, а также зарубежных научных контрактов.

Учеными университета ежегодно публикуется свыше 2000 научных статей в ведущих научных изданиях Республики Беларусь и зарубежных стран, патентуется около 50 изобретений и полезных моделей.

Важнейшим направлением деятельности университета является работа в интересах химического и нефтехимического комплекса страны, предприятий, входящих в состав концерна «Белнефтехим», а также потребителей продукции концерна. Важным аспектом взаимодействия университета и предприятий нефтехимического комплекса является подготовка кадров. В БГТУ на 8 основных факультетах ведется подготовка специалистов по следующим специальностям:

- Химическая технология органических веществ, материалов и изделий.
- Физико-химические методы и приборы контроля качества продукции.
- Биотехнология.
- Конструирование и производство изделий из композиционных материалов.
- Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов.
- Производство изделий на основе трехмерных технологий.
- Автоматизации технологических процессов и производств.
- Химическая технология неорганических веществ, материалов и изделий.
- Технология электрохимических производств.
- Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов.
- Экономика и управление на предприятии.
- Менеджмент (химическая отрасль).
- Маркетинг (химическая отрасль).
- Программное обеспечение информационных технологий.
- Информационные системы и технологии.
- Программное обеспечение информационной безопасности мобильных систем.
- Энергоэффективные технологии и энергетический менеджмент (химическая отрасль).

Следует отметить, что во время учебы студенты около 70% работ выполняют для конкретных предприятий из них 50% с элементами НИР.

Научно-исследовательская работа в университете проводится научными и научно-педагогическими сотрудниками 47 кафедр. Общая численность научно-педагогических, научных и инженерно-технических работников составляет свыше 650 чел., в т. ч. более 40 докторами

и свыше 400 кандидатами наук. Штатная численность работников НИЧ составляет более 100 человек.

Ежегодно университетом выполняется более 550 научно-исследовательских тем. Объем финансирования выполненных работ последние несколько лет возрастает в среднем на 13 %, а за счет внебюджетных средств – на 29%. Увеличение объемов финансирования НИР происходит в первую очередь за счет прямых хозяйственных договоров с предприятиями реального сектора экономики.

Спектр научных исследований ученых университета для предприятий нефтехимического комплекса широк. Это перспективные полимерные, композиционные материалы и наноматериалы, химические волокна, эластомеры, шины, лаки и краски, прогрессивные технологии основного неорганического и органического синтеза, нефтепереработки, производства удобрений и солей, высокоэффективные машины и оборудование, продукты глубокой химической переработки древесины, химические реагенты и компоненты для различных отраслей промышленности, вопросы природопользования и промышленной экологии, охраны окружающей среды, IT-технологии, автоматизация и управление химико-технологическими процессами, экономика отрасли, вопросы маркетинга и менеджмента.

По данным концерна «Белнефтехим», доля нефтехимической продукции в общем объеме промышленного производства Республики Беларусь превышает 20%, а в структуре экспорта – более 30%, что свидетельствует о ведущей роли отрасли в экономике страны. Опережающее развитие отрасли будет связано с интенсификацией использования химической и нефтехимической продукции во всех секторах экономики страны. Экспертные оценки мировых аналитических центров прогнозируют рост потребления данной продукции в мире до 2050 года.

Вместе с тем, в своем развитии нефтехимическая промышленность Беларуси сталкивается с серьезными вызовами:

- усиление конкуренции на важнейших рынках сбыта продукции;
- необходимость создания новых высокотехнологичных, конкурентоспособных на мировом рынке производств в условиях дороговизны сырьевых и энергетических ресурсов;
- жесткая конкуренция со стороны стран, располагающих собственными запасами углеводородного сырья и передовыми технологиями по его переработке.

В сложившейся сегодня в мире ситуации, страны, обладающие дешевыми углеводородными ресурсами, развивают производство крупнотоннажной продукции за счет своего лидерства в цене. Развитые и развивающиеся страны вынуждены производить высокотехно-

логичную и наукоемкую продукцию, чтобы сохранить конкурентные преимущества на мировом рынке.

В этой ситуации жизненно важными для нефтехимической отрасли Республики Беларусь являются следующие направления деятельности:

- увеличение глубины переработки сырья;
- переход на нефтехимический вариант развития с выходом на продукты высоких переделов и добавленной стоимости;
- максимальное использование вторичных материальных ресурсов, внедрение ресурсо- и энергосберегающих технологий;
- расширение ассортимента специальной высокотехнологичной продукции.

Развитие химической и нефтехимической отрасли республики невозможно без серьезного научно-технического сопровождения, которое может быть наиболее эффективно организовано с привлечением ведущих профильных технических вузов и институтов Национальной академии наук Беларуси, создания отраслевых институтов и инженеринговых центров. Однако, и сегодня, даже при наличии необходимого финансового обеспечения, попытка создания научно-практического центра нефтехимического профиля без опоры на сформировавшуюся научную школу, коллектив ученых и специалистов, имеющих опыт успешной работы в этом направлении, без подпитки молодыми подготовленными кадрами, будет обречена на провал.

Для повышения эффективности научных исследований и качества подготовки инженерных кадров, рационального использования дорогостоящего и уникального оборудования в БГТУ функционирует Центр физико-химических методов исследования, включающий восемь лабораторий.

Наличие необходимого квалифицированного научного потенциала, приборов и оборудования позволили ученым университета решить ряд важных научно-технических проблем в профильной отрасли.

Совместно с предприятиями и организациями концерна «Белнефтехим» учеными университета выполнен ряд важных научно-технических проектов, в частности:

- освоение в условиях ОАО «Могилевхимволокно» технологии производства нити технической полиэфирной на основе применения новых стабилизирующих компонентов, позволяющей производить конкурентоспособную на мировом рынке продукцию с повышенной прочностью, термостабильностью и удельной разрывной нагрузкой;
- прогрессивная технология получения конкурентоспособных изделий из композиционных материалов на основе технологических отходов полипропилена (ОАО «СветлогорскХимволокно»);

– композиционные материалы с повышенной устойчивостью к энергетическим воздействиям для защиты технологического оборудования от воздействия высоких температур и агрессивных сред (Минские тепловые сети – РУП «Минскэнерго»);

– композиционные материалы на основе эластомеров, обладающие способностью длительной работы в жестких условиях эксплуатации при повышенных температурах, динамических и статических нагрузках (ОАО «Беларусьрезинотехника»);

– технология и оборудование для изготовления полимерных композиционных материалов из отходов полимеров, обеспечивающих достижение высоких показателей прочности и жесткости; изготовление габаритных изделий сложной конфигурации, возможность нанесения декоративных покрытий непосредственно в процессе прессования изделий, снижение себестоимости в 3–5 раз по сравнению с использованием первичных полимеров, безотходное производство и 100%-ную утилизацию изделий после завершения эксплуатации (ОАО «Белцветмет», ОАО «Осиповичский завод автомобильных агрегатов»);

– новая ресурсосберегающая технология комплексных минеральных удобрений, обеспечивающая повышение их качества и конкурентоспособности, снижение экологического воздействия (ОАО «Гомельский химический завод»);

– технологии получения новых видов моющих средств целевого назначения с использованием отходов ОАО «БМЗ», позволяющих сократить энергозатраты и импорт дорогостоящих сырьевых компонентов, улучшить качество продукции и увеличить ее экспорт (ОАО «Борисовский завод пластмассовых изделий», ОАО «Бархим»);

– рецептура новой импортозамещающей энергосберегающей автоэмали на основе отечественных пленкообразователей и растворителей, формирующей при пониженной температуре сушки покрытия с высоким уровнем физико-механических и защитных свойств, апробированная в условиях ОАО «Лакокраска» (г. Лида) и РУП «МТЗ»;

– рецептура антикоррозионной грунтовки ускоренной сушки, обеспечивающая экономию энергоресурсов, снижение импортозависимости белорусских производителей, расширение ассортимента продукции, внедренная в условиях ОАО «Лакокраска» (г. Лида).

В настоящее время также выполняется ряд НИР с предприятиями нефтехимического комплекса, среди которых ОАО «Нафтан», ОАО «Белшина» и ОАО «Белгорхимпром». Ведется проработка предложений БГТУ по проведению ряда новых НИОКР для ОАО «Гомельский химический завод», ОАО «СветлогорскХимволокно», ОАО «Гродно Азот» и других.

В рамках выполнения решения концерна «Белнефтехим» (письмо № 11-03/671-2 от 02.02.2018 г.) и Министерства образования Республики Беларусь (письмо № 04-18/1963/дс от 05.03.2018 г.) в целях повышения эффективности деятельности нефтехимического комплекса Республики Беларусь, обеспечения научно-технического сопровождения стратегического развития предприятий, входящих в состав концерна, координации и оптимизации деятельности функционирующих на базе университета отраслевых научных лабораторий, испытательных и центров и иных профильных научных структур на базе БГТУ приказом ректора № 174 от 19.04.2018 г. создается Республиканский научно-практический центр нефтехимических технологий и производств (РНПЦ).

Основной целью РНПЦ будет являться разработка предложений по повышению эффективности деятельности нефтехимического комплекса Республики Беларусь, его конкурентоспособности на внешнем и внутреннем рынках.

Основные направления деятельности созданного РНПЦ, обеспечивающие достижение поставленной цели:

- Стратегическое планирование и прогнозирование развития нефтехимического комплекса Республики Беларусь на основе анализа тенденций развития текущей макроэкономической и геополитической ситуации в мире, а также в средне- и долгосрочном периоде.

- Маркетинговый анализ программ развития концерна «Белнефтехим» и предприятий, входящих в его состав на основе общемировых тенденций, опыта ведущих мировых производителей и фирм, передовых технологий и оборудования.

- Участие в разработке инвестиционных проектов развития предприятий и организаций нефтехимического комплекса.

- Мониторинг и научно-техническое сопровождение реализации отдельных инвестиционных проектов и программ развития предприятий и организаций нефтехимического комплекса.

- Научно-техническое сопровождение модернизации отдельных производств и предприятий от стадии подготовки контракта до их ввода в эксплуатацию.

- Разработка и научное сопровождение технологий по увеличению глубины переработки сырья.

- Максимальное использование вторичных материальных ресурсов, внедрение ресурсо- и энергосберегающих технологий.

- Расширение ассортимента продукции, освоение продукции высоких переделов, высокотехнологичной продукции, имеющей большую добавленную стоимость.

Структура РНПЦ включает в себя 3 отдела:

- Отдел стратегического планирования, маркетинга, развития нефтехимической отрасли и работы с лицензиарами, финансирования;
- Отдел аппаратного оформления, автоматизации, информационных технологий и проектирования химико-технологических процессов;
- Отдел новых материалов и инновационных технологий.

Научные исследования, в рамках деятельности указанных отделов, будут выполняться следующими научно-исследовательскими лабораториями:

1. Лаборатория нефтегазопереработки и нефтехимического синтеза;
2. Лаборатория композитов, волокон и тканей, нанотехнологий в нефтехимическом комплексе;
3. Лаборатория шин и эластомеров;
4. Лаборатория лакокрасочных материалов и покрытий;
5. Лаборатория рециклинга отходов и промышленной экологии, энергоэффективности и промбезопасности;
6. Лаборатория минеральных удобрений.

Уверен, что создаваемый на базе университета Республиканский научно-практический центр нефтехимических технологий и производств внесет достойный вклад в успешное инновационное развитие химического и нефтехимического комплекса страны, в решение актуальных текущих и стратегических задач отрасли.

В рамках выполнения поручения президента Республики Беларусь А.Г. Лукашенко данных на II Съезде ученых Беларуси, на Республиканском педагогическом совете по формированию образования на основе модели «Университет 3.0» (образование, наука, производство), в БГТУ реализуется программа по созданию технопарков, отраслевых лабораторий, новых производств и создание РНПЦ внесет достойный вклад в выполнение решений Главы государства.

Рыбаков А.А.

(Председатель концерна «Белнефтехим»)

О РАЗВИТИИ КОНЦЕРНА «БЕЛНЕФТЕХИМ»

Позвольте от концерна «Белнефтехим» приветствовать всех Вас в г. Минске как **участников I Международного научно-технического форума по химическим технологиям и нефтегазопереработке «Нефтехимия – 2018»**. (Слайд 1)

Искренне благодарны организатору Форума – Белорусскому государственному технологическому университету и лично его ректору Войтову Игорю Витальевичу за подготовку и проведение знакового для республики мероприятия, которое позволило собрать сегодня вместе ведущих ученых, технологов и инженеров в области химии и нефтехимии.

Вне сомнения, что обсуждаемые на Форуме проблемы в итоге позволят **выработать новые предложения** по развитию отечественных нефтехимических предприятий с учетом мировых тенденций и, безусловно, будут учитываться концерном «Белнефтехим» в вопросах стратегии своего развития. (Слайд 2)

Созданный в соответствии с решением Главы государства в апреле 1997 года концерн «Белнефтехим» объединяет **двадцать одно головное предприятие** по добыче, переработке и транспортировке нефти, нефтепродуктообеспечению, химии и нефтехимии, научные, проектно-конструкторские, строительные и ремонтные организации, а также широкую товаропроводящую сеть на зарубежных рынках с общей численность работающих более 100 тыс. человек. (Слайд 3)

В современном мире **нефтехимический комплекс является одной из важнейших основ для экономики любой страны** и новые, порой альтернативные варианты его развития, позволяют всесторонне подойти к его технологическому совершенствованию и модернизации. Без её системного проведения невозможно обеспечить достойный уровень конкурентоспособности выпускаемой продукции на мировом рынке. (Слайд 4)

С учетом жестких требований к качеству производимой продукции и её конкурентоспособности предприятия концерна делают достаточно весомые шаги в направлении своего технологического развития.

Так, за 2010–2017 годы в модернизацию предприятий концерна «Белнефтехим» инвестировано **8,3 млрд. долларов США**. За это время завершено строительством **1957 объектов**.

Самые главные из них:

– установки производства и повышения качества моторных топлив ОАО «Мозырского НПЗ» и «Нафтана»;

– комплексная реконструкция Белорусского газоперерабатывающего завода;

– установки по производству полиамида-6 и полиамидных технических нитей, реконструкция установок производства карбамида и аммиака в ОАО «Гродно Азот»;

– техническое перевооружение всех основных производств в ОАО «Белшина»;

– реконструкция производств смешанных удобрений в ОАО «Гомельский химический завод» и целый ряд других.

Проводимая модернизация НПЗ позволила нашей стране первой среди стран СНГ перейти на выпуск и потребление моторных топлив самого высокого уровня качества (Евро-5), а суммарные мощности по переработке нефти в республике достигли 24 млн. тонн в год.

За последние годы значительно расширена линейка выпускаемой продукции – впервые организован выпуск 98-го бензина, арктического дизельного топлива, новых видов реактивного топлива и нефтяных битумов.

Главное в вопросах технологической модернизации наших НПЗ в том, что она осуществляется в строгом соответствии с мировыми тенденциями (*глубина переработки, отбор светлых, ассортимент и качество продукции*).

Следует сказать и об освоении в нефтехимии выпуска ряда **абсолютно новых видов продукции, которые ранее не производились в республике.**

Это конструкционные стекломаты из рубленого волокна, тонкие электроизоляционные и конструкционные стеклоткани, многокруточные нити, метиловые эфиры жирных кислот, нетканые полипропиленовые материалы, базальтовое волокно и продукция на его основе, новые типоразмеры шин. Как результат, **доля инновационной продукции** в общем объеме производства промышленной продукции концерна по итогам прошлого года составляла **более 45 процентов** (*январь – октябрь 2018 г. – 47,4 процента*).

В результате технологической модернизации отрасли прирост чистого дохода за указанный период времени составил **2,9 млрд. долларов США.**

За последние 7 лет значительно увеличены мощности по производству:

– NPK-удобрений – **в 2,3 раза** (*с 234 до 539 тыс. тонн в год*);

– полиамида-6 – **в 2,4 раза** (*с 53 до 129 тыс. тонн в год*);

– нетканых материалов нового поколения СпанБел и Акваспан – **в 2 раза** (*с 5 до 10 тыс. тонн в год*);

– мягких полимерных контейнеров (типа «биг-бег») – **в 6 раз** (с 200 до 1200 тыс. штук), полипропиленовой упаковочной ткани – **в 3 раза** (с 3,5 до 11 млн. м²);

– аммиака – **на 10 процентов** (с 976 до 1069 тыс. тонн в год).

– карбамида – **на 25 процентов** (с 851 до 1059 тыс. тонн в год).

Системное технологическое развитие производств и последующий выпуск новой продукции позволяет концерну «Белнефтехим» иметь **устойчивые позиции на мировом рынке.**

Экспортно-импортные операции за прошлый год осуществлялись с 113 странами мира, в том числе товары поставлялись в 102 страны, импортировалась продукция из 80 стран. (Слайд 5)

Экспорт по итогам прошлого года составил почти **8 млрд. долларов США.** При этом доля экспорта **высокотехнологичной и наукоемкой продукции и услуг** в общем объеме экспорта концерна по методике ООН составила порядка **28 процентов** (по оперативным данным за январь – сентябрь 2018 г. – 30,9 процента). (Слайд 6)

Уважаемые участники Форума! **Технологическое совершенствование производственных процессов является важнейшей задачей концерна «Белнефтехим».**

Позвольте выразить уверенность, что результаты вашей продуктивной работы на Форуме подскажут отечественной нефтехимии новые эффективные и высококонкурентоспособные направления развития наших предприятий. (Слайд 7)



БЕЛНЕФТЕХИМ



Слайд 1

О концерне «Белнефтехим»



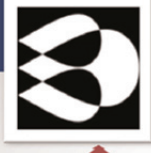
Белорусский государственный концерн по нефти и химии – один из крупнейших промышленных комплексов Республики Беларусь.

Концерн создан в апреле 1997 г. и объединяет предприятия по добыче, переработке и транспортировке нефти, нефтепродуктообеспечению, химии и нефтехимии, ряд научных, проектно-конструкторских, строительных и ремонтных организаций, а также широкую товаропроводящую сеть на зарубежных рынках.

Общая численность работающих – более 100 тыс. человек.



Структура концерна «Белнефтехим»



Нефтяной сектор (5 организаций)

- Добыча нефти
- Транспортировка нефти
- Переработка нефти
- Сеть автозаправочных станций

Ремонтно-строительное
обеспечение (4 организаций)

Химический и нефтехимический сектор (10 организаций)

- Производство минеральных удобрений
- Производство химических волокон и нитей
- Производство шин
- Производство лакокрасочной продукции

Наука и научное обслуживание
(2 организации)

О концерне «Белнефтехим»



Организации концерна производят свыше 500 видов нефтехимической и химической продукции:

нефтепродукты, шины, минеральные удобрения (азотные и фосфорные), полиэтилен, этилентерепфталат, химические волокна и нити, кордные ткани, полиэтилен высокого давления и композиции на его основе, первичный полиамид-6 и композиционные материалы на его основе, капролактамы, лаки, краски, стекловолокнистые материалы, парафин.

Современный уровень организации производства, постоянный акцент на техническое перевооружение и модернизацию производств наряду с высокой квалификацией рабочих и специалистов являются основными слагаемыми стабильной работы концерна, которые позволяют отрасли обеспечить высокий технологический и качественный уровень выпускаемой продукции.





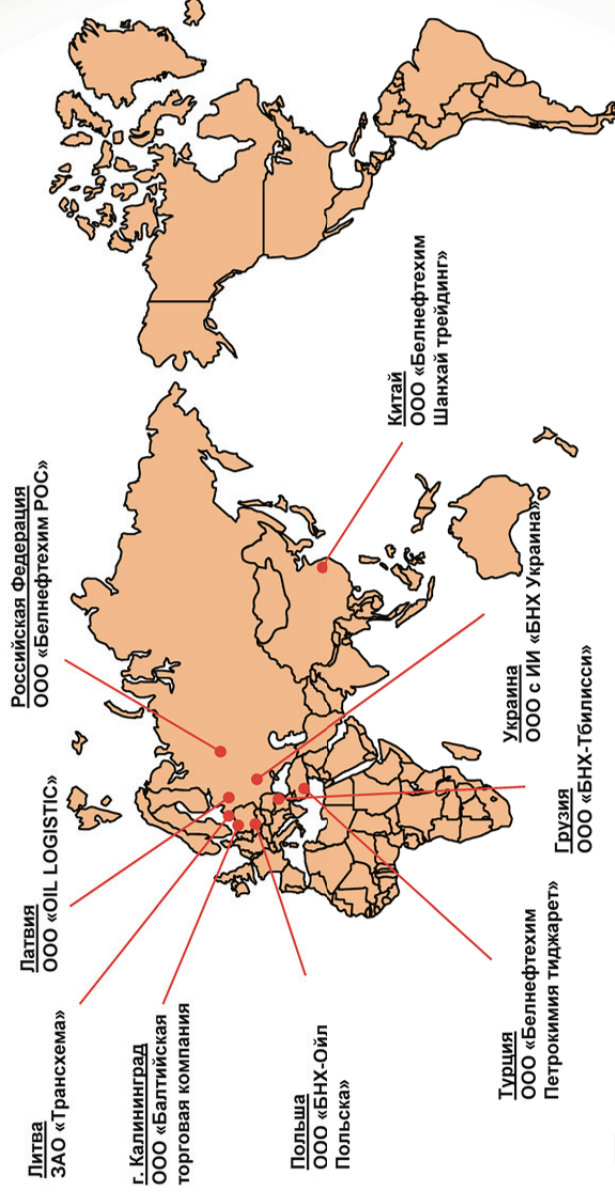
Внешнеэкономическая деятельность концерна «Белнефтехим»

В 2017 году экспортно-импортные операции осуществлялись с 113 странами мира, в том числе товары поставлялись в 102 страны, продукция импортировалась из 80 стран. Экспорт в 2017 году составил почти 8 млрд. долларов США.



Собственная

товаропроводящая сеть



Представительства концерна

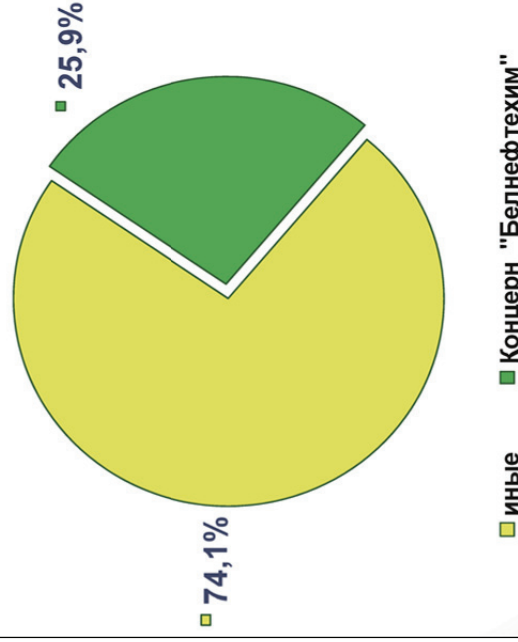


Представительство в
Российской Федерации

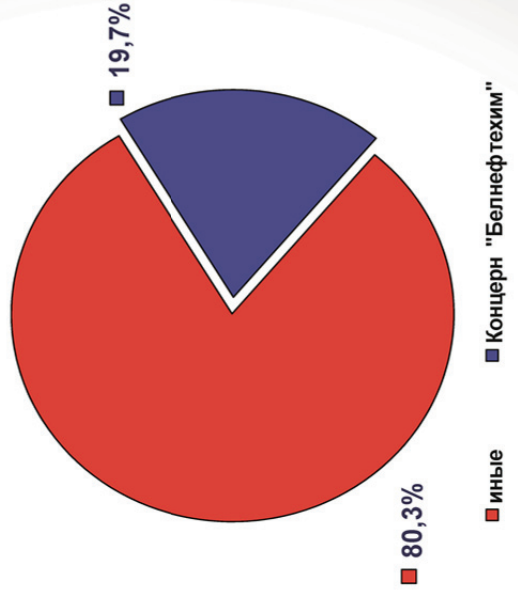
Роль концерна «Белнефтехим» в экономике Республики Беларусь



Экспорт



Промышленная продукция



Сазонов А. А. (Директор департамента гуманитарного
сотрудничества, общеполитических и социальных проблем
Исполнительного комитета СНГ)

**ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО УЧАСТНИКАМ, ГОСТЯМ И
ОРГАНИЗАТОРАМ I МЕЖДУНАРОДНОГО НАУЧНО-
ТЕХНИЧЕСКОГО ФОРУМА ПО ХИМИЧЕСКИМ ТЕХНОЛОГИЯМ
И НЕФТЕГАЗОПЕРЕРАБОТКЕ «НЕФТЕХИМИЯ–2018»**

От имени Исполнительного комитета Содружества Независимых Государств, приветствую организаторов и участников форума.

Очень важно, что I Международный научно-технический форум по химическим технологиям и по нефтегазопереработке проводится в Белорусском государственном технологическом университете, признанном на пространстве Содружества ведущим вузом в химической промышленности. Форум является уникальной по масштабам и профессиональному уровню международной площадкой для обсуждения вопросов развития нефтехимической отрасли.

Значимость форума заключается в стремлении объединить научно-педагогический потенциал вузов химико-технологического профиля стран СНГ, дальнего и ближнего зарубежья и представителей нефтехимической отрасли для решения проблем развития мировой нефтехимии.

Программы инновационного развития стран СНГ предусматривают создание новых высокотехнологичных продуктов из углеводородного сырья в целях развития новых производств в промышленности, энергетике, агропромышленном комплексе, транспорте и других отраслях.

Убежден, что предстоящее обсуждение в рамках форума мероприятий по организации совместных научных исследований, совместной разработке и реализации целевых программ сотрудничества в нефтяной и газовой отраслях, подготовке, переподготовке и стажировке специалистов в специализированных высших учебных заведениях государств-участников СНГ в области нефтехимии позволит консолидировать усилия химико-технологического сообщества в решении поставленных задач.

Желаю всем участникам и гостям форума плодотворной работы, успехов в достижении намеченных целей.

Костюкевич В.В. (ОАО «СветлогорскХимволокно»,
г. Светлогорск, Беларусь)

ПРОИЗВОДСТВО СПЕЦВОЛОКОН И НИТЕЙ С ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ В ОАО «СВЕТЛОГОРСКИХИМВОЛОКНО»

Акционерное общество «СветлогорскХимволокно» основано в 1964 г. и является одним из крупнейших предприятий химической промышленности.

Общество обладает всеми необходимыми транспортными и инженерными коммуникациями, развитой внутриводской инфраструктурой

Среднесписочная численность работников – 3 872 человека.

Структура организации.

Организация включает в себя два завода: завод полиэфирных текстильных нитей и завод искусственного волокна и дочерние предприятия.

Структура производства промышленной продукции.

Основная продукция - полиэфирные текстильные нити. **Удельный вес полиэфирных текстильных нитей в общем объеме товарной продукции – около 44%.**

Около 78% полиэфирной текстильной нити реализуется на экспорт.

Нетканые материалы «СпанБел» и «АкваСпан» на основе полипропилена применяются в медицине, сельском хозяйстве и строительстве, производстве потребительских товаров и предметов гигиены, при пошиве специальной защитной одежды.

Удельный вес нетканых материалов «СпанБел» и «АкваСпан» в общем объеме товарной продукции составляет около 19%.

На экспорт поставляется более 83% продукции.

Углеродные волокнистые материалы и композиты на их основе занимают в общем объеме товарной продукции – **около 9%.**

На экспорт реализуется более 96% продукции.

Арселеновые волокна и нити в объеме товарной продукции составляет **около 7 процентов.**

На экспорт поставляется около 97,0% продукции.

Кроме того, на предприятии производятся **мешки полипропиленовые продуктовые и технические, биг-беги, трикотажные полотна, нетканые полотна (объемное полотно, иглопробивное полотно).**

В обществе внедрены и сертифицированы система менеджмента качества и управления окружающей средой и охраной труда.

Система менеджмента качества, соответствующая требованиям стандарта СТБ ISO 9001 разработана, внедрена и сертифицирована с 2001 г. В настоящее время СМК распространяется на разработку и производство всей выпускаемой обществом продукции и соответствует требованиям СТБ ISO 9001 версии 2015 г.

Системы управления окружающей средой и охраной труда, внедрены и сертифицированы в 2009 г. В настоящее время подтверждено соответствие данных систем управления стандартам СТБ ISO 14001-2017 и СТБ 18001-2009.

Безопасность полиэфирных текстильных нитей и нетканых материалов СпанБел и АкваСпан подтверждена международными сертификатами Эко-Текс Стандарт 100.

Структура реализации продукции по рынкам сбыта.

Около 72% продукции общества поставляется на внешний рынок. Основные рынки сбыта – Российская Федерация (41,7%), Украина, Узбекистан, Польша, Германия, Италия, страны Балтии, Словакия, Румыния, Чехия, Тунис и др.

В общей сложности партнерами общества являются компании из более 40 стран, экспорт продукции осуществляется в более 30 стран.

В арсенале производств эксплуатируется оборудование известных мировых фирм, что позволяет выпускать продукцию высокого качества.

Из всего многообразия выпускаемой обществом продукции остановлюсь на трех наиболее значимых направлениях в плане инновационности – это производство углеродных волокнистых материалов, производство термостойких полиоксадиазольных волокон и нитей под торговой маркой Арселон, а также на результатах разработок по приданию полиэфирным текстильным нитям функциональных свойств, так называемых «умных нитях».

Арселон.

Термостойкие материалы класса полиоксадиазолов под общим названием Арселон на предприятии уже более 30 лет выпускаются в виде волокна, нити, ткани, иглопробивного полотна, измельченного волокна.

Продукты Арселон и изделия на их основе обладают уникальными свойствами и находят широкое применение в различных отраслях промышленности:

– **Термостабильность** – диапазон рабочей температуры в атмосфере воздуха от -270°C до $+400^{\circ}\text{C}$. Высокая термостойкость позволяет эксплуатировать материалы Арселон и изделия на его основе при температуре $+250^{\circ}\text{C}$ в течение 3-х лет. При этом продукт сохраняет прочность и эластичность на воздухе как при высоких, так и при низ-

ких температурах. Последние наши разработки, связанные с введением брома в кольцо терефталевой кислоты, позволяют повысить температуру эксплуатации материалов из Арселона до 270–320°C.

– **Пониженная горючесть** – Арселон обладает устойчивостью к действию открытого пламени, не плавится, кислородный индекс не ниже 32, изделия на основе Арселона не прожигаются при попадании раскаленных частиц металла с температурой 600–700°C.

– **Хемостойкость** – Арселон отличается высокой стойкостью к действию химических реагентов: не набухает и не растворяется в органических растворителях и кислотах. Продукты умеренно устойчивы при температурах до 100°C к действию разбавленных неорганических кислот и щелочей.

– **Гигроскопичность** – термостойкие материалы обладают равновесным влагосодержанием и высоким уровнем гигроскопичности, сравним с вискозой и хлопком (10–11%).

– **Линейная усадка** волокна Арселон при воздействии высоких температур (450°C) не превышает 0,5%, что на порядок ниже, чем у других термостойких материалов класса арамидов.

– Арселон имеет низкий **коэффициент трения по металлу** (до 0,2), что обеспечивает его использованием в композиционных материалах.

– **Хорошие электроизоляционные свойства.**

– **Способность окрашиваться.**

– **Низкий ценовой уровень в сравнении с другими термостойкими материалами класса арамидов.**

Уникальные свойства волокна и нити Арселон находят воплощение в изделиях на их основе и с успехом эксплуатируются в различных отраслях промышленности:

– Защитные накладки для спецодежды: костюм алюминщика, металлурга, сварщика, лесника.

– Средства индивидуальной защиты рук от высоких температур и брызг металла.

– Рукавные фильтры для горячих газов (250°C и выше, работа в критических условиях).

– Изготовление термостойкой пряжи и ткани на ее основе для защитной одежды пожарных, спасателей, сварщика, металлурга.

– В качестве армирующей добавки в резинотехнические изделия (шины, шланги), во фрикционные диски, а также в подшипники скольжения и различные уплотнительные элементы.

На ближайшую перспективу в направлении развития производства термостойких материалов предприятие видит перед собой задачи в:

– освоении промышленного выпуска окрашенной в массе продукции;

- разработка композиционного материала на основе полиоксидиального волокна Арселон для протектора шин, предназначенного для увеличения их сопротивления проколу и порезам;
- проведение научно-исследовательской работы по увеличению гидrolитической и кислотоустойчивости Арселоновых материалов;
- внедрению совместной с ИХНМ АН Беларуси разработки и освоение производства светостабилизатора для Арселоновой продукции.

Углеродные волокнистые материалы.

История выпуска углеродных волокнистых материалов на основе гидратцеллюлозы в ОАО «СветлогорскХимволокно» насчитывает более 35 лет постоянной работы над совершенствованием технологического процесса, разработкой новых ассортиментов для расширения областей применения.

В настоящее время предприятие предлагает широкий ассортимент углеродных волокнистых материалов (более 50 наименований и марок) для различных областей применения и сотудничает с рядом организаций по созданию новых разработок

Что собой представляют углеродные материалы производства ОАО «СветлогорскХимволокно»? Это карбонизованные и графитированные углеродные текстильные материалы в виде тканей, лент саржевого, полотняного, сатинового переплетения, в виде трикотажного полотна, нетканого иглопробивного материала, филаментной нити, волокна в форме жгута или резанного в виде штапелек длиной $1,0 \div 20,0$ мм.

Выпускаемые на предприятии углеродные материалы из гидратцеллюлозных волокон не обладают теми прочностными характеристиками и высоким модулем упругости, которые характерны для УВМ из ПАН волокон. Поэтому они не рассматриваются как хорошие наполнители для конструкционных углепластиков.

Семь основных свойств вискозного углеродного волокна, которые определяют сферы его применения:

1. Термостойкость и низкая теплопроводность – в вакууме волокно выдерживает тепловую нагрузку до 3 600°C. Уровень термического расширения и волокна и композита чрезвычайно низок.

2. Стабильность механических свойств в диапазоне от низких до высоких температур

3. Высокая сорбционная активность – активированное вискозное углеродное волокно широко применяется в процессах сорбции благодаря наличию большого числа пор на поверхности волокна и скорость сорбции и десорбции в 10–100 раз превышает скорость у активированных гранулированных углей. Углеволокнистые сорбенты

наиболее эффективны при низких концентрациях вредных веществ в воздухе и жидкости.

4. Электропроводность – электрическое сопротивление вискозного углеродного волокна регулируется в диапазоне 10^{-3} до 10^7 Ом. см.

5. Биологическая совместимость – вискозное углеволокно обладает уникальным свойством совместимости с биологическими тканями, не вызывая отторжение.

6. Высокое химическое сопротивление – углеродное волокно чрезвычайно устойчиво к химическим нагрузкам.

7. Радиозранирующие свойства.

Применение углеволокнистых материалов.

Термические свойства вискозного углеродного волокна, его электрические и сорбционные характеристики позволяют инженерам и конструкторам использовать материал для решения самых сложных практических задач и на основе различных товарных форм создавать изделия и продукты для использования в различных областях промышленности:

- углерод-углеродные композиты;
- экранирующий текстиль;
- высокотемпературная изоляция;
- электроды для электрохимических процессов;
- угленаполненные реактопласты (фенольные, эпоксидные);
- инфра-красные кварцевые карбоновые нагреватели;
- нагревательные провода;
- нагреватели автомобильных сидений;
- фильтрация расплавленных металлов;
- защита от электромагнитных излучений.

Применение активированных тканей и войлока:

- фильтрация жидкостей и газов;
- ионисторы (суперконденсаторы);
- очистка питьевой воды и алкогольных напитков;
- поглотители запахов;
- очистка гальванических растворов;
- респираторы, костюмы химзащиты;
- повязки для ран, энтеросорбенты.

В данном выступлении приведены стандартный ассортимент выпускаемых ОАО «СветлогорскХимволокно» углеволокнистых активированных материалов. Обладая накопленным за многие годы теоретическим и практическим потенциалом, мы имеем возможность создания новых типов и марок активированных материалов с требуемыми характеристиками.

Наш продукт – активированные углеродные ткани и ленты «Бусофит», «Бусофит-Л» на основе вискозы, которые применяются в качестве электродов. Высокая сорбционная емкость и низкое электрическое сопротивление (высокая проводимость) – главные свойства наших углеродных лент.

Хотелось бы отметить, что ОАО «СветлогорскХимволокно» более 12 лет является участником рынка суперконденсаторов.

Мы разработали ленты со специальными свойствами для высокопроизводительных ионисторов как Стартерного типа (С), так и Тягового типа (Т).

Использование тканей и лент «Бусофит» и «Бусофит-Л» как электродов обеспечивает: мощность – больше, зарядку – быстрее, нет необходимости в обслуживании, безопасность эксплуатации, срок службы – дольше, диапазон рабочих температур – шире, крайне низкий уровень саморазрядки.

Несмотря на невысокие натуральные объемы производства углеволокнистых материалов, продукция является достаточно рентабельной и на предприятии уделяется достаточно внимания развитию данного товарного направления.

В настоящее время с целью расширения ассортимента, увеличения производства и экспорта углеродных материалов, отрабатываются технологии получения углерод-углеродных композиционных материалов с заданными свойствами и организация производства измельченных углеродных волокон.

Полиэфирные текстильные нити с функциональными свойствами.

В современном мире нас окружают различные технологические новинки: смартфоны, «умная бытовая техника», «умные вещи», «умный домашний текстиль». ОАО «СветлогорскХимволокно» также развивает это направление в части разработки новых полиэфирных текстильных «умных нитей» и трикотажных полотен из них. При планировании продукции, намеченной к разработке и выпуску, акцент сделан на инновационность новых нитей, повышение конкурентоспособности, импортозамещение и повышение экспортного потенциала полиэфирных нитей.

Текстильные материалы из нитей нового поколения кроме прекрасных тактильных качеств, могут обладать свойствами быстро впитывать и отводить влагу от поверхности тела, предохранять его от перегрева или переохлаждения, обладать антибактериальными и другими свойствами. Совмещение различных функциональных свойств позволяет получить многофункциональные нити. Функциональные ни-

ти, производимые на ОАО «СветлогорскХимволокно», выпускаются под торговым знаком Sohim Smart Yarns.

Микрофиламентные нити SOFT

Как известно, чем тоньше элементарные волокна в комплексной нити, тем мягче, шелковистее гриф готовых текстильных изделий. У микрофиламентной нити толщина элементарного волокна в 10 раз тоньше человеческого волоса.

Освоен выпуск микрофиламентных нитей в диапазоне линейных плотностей от 5,5 текс до 70 текс и филаментностью от 72 до 1152 филаментов.

В сравнении с натуральными волокнами тонкие и сверхтонкие синтетические нити меньше пиллингуются, легко стираются, не подвержены гниению и гипоаллергенны. Кроме того, повышаются гигиенические и функциональные свойства готовых изделий: увеличивается их воздухопроницаемость, улучшается влагопоглощение.

Нити могут использоваться в производстве флисовых полотен, тканей и трикотажа для повседневной и спортивной одежды, основы искусственных кож, чулочно-носочных и медицинских изделий, обивочных полотен, фильтров, протирачных материалов.

Нити с функцией управления влагой (быстроотводящие влагу) Quick Dry.

Уникальная структура нитей, в производстве которых используются специальные профилированные фильеры, обеспечивает текстильным материалам способность эффективно управлять влагой за счет мощного капиллярного эффекта, который позволяет быстро впитывать влагу, практически мгновенно распределять ее по большой площади поверхности материала для быстрого высыхания, отводить влагу от поверхности тела человека, тем самым предохраняя его от перегрева (летом) или переохлаждения (зимой).

Трикотажные полотна из полиэфирных быстроотводящих влагу нитей обладают в 2,5 раза большим водопоглощением, в сравнении с полотнами из полиэфирных нитей с круглым профилем сечения, а также высокими показателями воздухопроницаемости и капиллярности.

ОАО «СветлогорскХимволокно» производит текстурированные и пневмотекстурированные нити с эффектом управления влагой различных линейных плотностей, как суровых так и окрашенных. Области применения – спортивная и повседневная одежда, нижнее белье, носки, перчатки, полотенца, постельное и столовое белье, одежда для активного отдыха, а также бинты медицинские.

Функциональные нити с добавкой Cool Black (CB) – «прохладный черный».

Нити “Cool Black” (CB). обладают **уникальной** способностью практически полностью поглощать видимую часть солнечного света – поэтому человеческий глаз воспринимает нить в черном цвете и при этом отражать до 90% ИК спектра, т.е. теплового излучения. Это сопоставимо с отражающей способностью серебряного зеркала.

Материал, изготовленный из нитей Cool Black может отражать инфракрасное излучение от тела человека, в зимних условиях материал будет возвращать телу человека радиационную составляющую теплопотерь: лучи с длиной волны в диапазоне от 650 nm до 2500 nm., т.е. имеет место эффект согревания. Нити Cool Black могут набиваться как текстурированные (8,4 текс ÷ 33,4 текс и выше), так и пневмотекстурированные (линейной плотностью от 20 текс).

Нити Thermo с полым сечением

Решение подсказала сама природа, это – строение волосков шерсти полярных млекопитающих, которые имеют полое сечение. Основная функция нитей с полым сечением – термозащита.

Полые волокна обладают более низкой теплопроводностью, так как их внутренняя полость заполнена воздухом и имеет меньший удельный вес по сравнению со стандартными нитями на 25–30%, обеспечивают быстрое высыхание материала; высокие прочностные показатели в сравнении с натуральными волокнами. На предприятии освоен выпуск текстурированных нитей 16,7 f96 и пневмотекстурированных нитей 20 текс f96, как суровых, так и окрашенных поверхностным способом.

Такие нити широко применяются для изготовления термобелья, одежды для спорта и отдыха, легких быстросохнущих согревающих носков, а также облегченных полотен для автомобильной промышленности.

Многофункциональные пневмотекстурированные нити (АТУ)

С объединением в одной нити волокон со свойствами эффективного управления влагой и термозащитой специалисты предприятия, создали мягкие, «хлопкоподобные» многофункциональные пневмотекстурированные нити 20 текс f 120. Но наши технологи пошли дальше и смогли ввести в структуру одной из составляющих функциональную добавку Cool Black, позволяющую нити отражать инфракрасные лучи. Данный вид нити обеспечивает двойной согревающий эффект при изготовлении согревающего белья, термоносков и подкладочных тканей.

Нити с антибактериальными свойствами (AB)

Антибактериальная добавка вводится нами непосредственно в расплав полимера, что обеспечивает изделию сохранение антибактериаль-

ного эффекта длительное время. Механизм действия основан на медленном высвобождении ионов серебра, которые препятствуют росту бактерий и микроорганизмов.

С антибактериальной добавкой могут набиваться и быстро отводящие влагу нити Quick Dry. Объединение этих двух свойств в готовом изделии позволяет человеку чувствовать себя сухим и свежим даже после самых тяжелых физических нагрузок и минимизируют неприятный запах пота. Нити рекомендуются для медицинских изделий, спортивного и бельевого трикотажа, чулочно-носочных изделий, постельного белья.

Сотрудничество ОАО «СветлогорскХимволокно» с научными учреждениями.

В реализации производственных программ, развитии товарных направлений и разработке новых продуктов ОАО «СветлогорскХимволокно» тесно сотрудничает с оечественными и зарубежными научными учреждениями:

1. Белорусский государственный технологический университет.
2. Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники.
3. Витебский государственный технологический университет.
4. Институт химии новых материалов НАН Беларуси.
5. Институт физико-химических проблем БГУ.
6. Институт металлополимерных систем им. Белого (Гомель).
7. Научно-исследовательский институт физико-органической химии НАН Беларуси.
8. Санкт-Петербургский университет технологии и дизайна.
9. Научно-практический центр НАН Беларуси по материаловедению.
10. Тайваньский текстильный исследовательский институт (TTRI).

Рудник П.М.

(Генеральный директор ОАО «Могилевхимволокно»)

ПРОИЗВОДСТВО И НАУКА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ ЭКОНОМИКИ

Инновационный путь обозначен Президентом Республики Беларусь А. Г. Лукашенко, как одно из актуальнейших и приоритетных направлений социально-экономического развития. Это предусматривает такую организацию социально-экономических отношений в обществе, которая обеспечивает прирост общественного богатства и рост благосостояния его членов за счёт постоянного повышения продуктивности использования всех возможных ресурсов и факторов производства.

При этом главным и бесценным ресурсом признаётся интеллектуальный ресурс, а важнейшим фактором роста эффективности и конкурентоспособности экономики – деятельность хозяйствующих субъектов и членов общества на инновационной основе. Из года в год, от поколения к поколению значение инноваций как фактора мирового экономического роста (прогресса) неуклонно возрастает.

В тоже время в силу ряда сложно преодолимых исторически сложившихся обстоятельств для стран СНГ, в т. ч. Республики Беларусь, пока наблюдается значительное отставание от экономически лидирующих стран в области инновационного развития.

Более успешной реализации концепции инновационного развития нефтехимической отрасли в РБ мешает отсутствие специализированных отраслевых научно-технических структур, тесно сотрудничающих с производствами, способных осуществлять создание, анализ, ревизию и коммерциализацию научно-технических разработок, предложений и изобретений.

Как известно, в наследство от СССР Республике Беларусь досталась чрезвычайно высокая удельная доля предприятий химической и легкой промышленности, которые отличает крупномасштабность и сложность существующих на них технологических линий и производств. Их развитие обеспечивалось выстроенной системой отраслевых научно-исследовательских и учебных учреждений бывшего СССР.

В частности, с момента своего основания ОАО «Могилевхимволокно» служило опытно-технологической площадкой для апробации и внедрения новых технологических решений, обеспечивающих развитие полиэфирной промышленности Советского Союза, а позже стран СНГ. Для этого поколениями специалистов по крупицам был сформирован парк уникального опытно-технологического и производствен-

ного оборудования, пригодный для реализации и апробации всей технологической цепочки. Это позволяло апробировать технологические решения по получению опытного полиэфирного сырья и готовой потребительской продукции на его основе. В результате был накоплен огромный опыт в области производства и переработки полиэфирных материалов. Одновременно с этим совместно с Могилевским технологическим институтом (сегодня – Могилевским государственным университетом продовольствия, МГУП) была реализована система практико-ориентированной подготовки и повышения квалификации кадров для химической промышленности.

Распад СССР и потеря выверенных ориентиров повлекли за собой утрату отлаженной системы отраслевых научно-исследовательских организаций, в задачи которых входили:

- систематизация и распространение мирового научно-технического опыта в области технологии получения и переработки полимеров, в том числе полиэфиров,
- разработка и апробация технологических решений и специализированного оборудования,
- разработка новых видов продукции, анализ и аудит проектов,
- разработка отраслевых стандартов,
- определение перспективных ассортиментов продукции,
- разработка предложений для формирования и распределения государственного заказа с целью рациональной загрузки производителей.

Более 15 лет назад в целях дальнейшего совершенствования организации научной, научно-технической и инновационной деятельности в Республике Беларусь принято решение в ближайшей перспективе осуществить ряд мероприятий, в том числе создать государственные научно-производственные центры (НПЦ) по приоритетным (важнейшим) технологическим направлениям на базе ведущих отраслевых, вузовских и академических организаций, возложив на них ответственность за комплексное решение задачи: **исследования – разработка – производство – реализация продукции.**

В 2005 году во исполнение решения Совета концерна «Белнефтехим» ОАО «Могилёвхимволокно» и МГУП внесли свои предложения о целесообразности создания научно-технического центра химических волокон в Республике Беларусь, в которых были представлены цели, задачи, основные функции, проект организационной структуры отраслевого центра химических волокон, предпосылки и мероприятия по созданию Центра.

На базе ОАО «Белгорхимпром» в 2006 году состоялось совещание по стратегии развития системы научно-технического обеспечения хи-

мической, нефтехимической и горной промышленности. Данное совещание одобрило решение о создании хозяйственной группы НПЦ нефтехимической и горной промышленности. Согласно структурной схеме НПЦ было предложено на базе ОАО «Могилёвхимволокно» создать научно-технический центр по полиэфирным волокнам и композиционным материалам.

Эти предложения были реализованы в 2007 году, когда при концерне «Белнефтехим» был создан Институт нефти и химии, который рассматривался как отраслевой научно-исследовательский институт с целью решения проблем предприятий концерна. До начала 2008 года в Институте нефти и химии были созданы два филиала в г. Могилёве и в г. Полоцке. Планировалось, что филиал в г. Могилёве должен стать базовым центром всей полимерной подотрасли в химической промышленности Республики Беларусь. Однако попытка создания отраслевого НИИ оказалась неудачной. Одной из главных причин неудачи явилось отсутствие соответствующего финансирования для создания необходимой научно-технической базы (приобретения лабораторного оборудования и развития кадрового потенциала). Цитируя великого русского учёного Д. И. Менделеева: «Наука начинается там, где начинают проводить измерения». Без наличия соответствующей исследовательской и приборной базы, создание Института нефти и химии изначально было обречено на провал. Первый генеральный директор Института Рахманов Сергей Кимович (ныне сенатор верхней палаты парламента РБ) лишь один год смог проработать в таких условиях. К сегодняшнему дню этот бывший НИИ превратился в отдел ГИАП.

В 2016 – 2017 снова началась кампания по организации отраслевых лабораторий, в связи с этим в 2017 году Могилевский государственный университет продовольствия обратился в концерн «Белнефтехим» с обоснованием необходимости пойти дальше и не ограничиваться организацией отдельных отраслевых лабораторий, а создать в структуре концерна подчиненный ему «Научно-производственный и технологический Центр» для проведения научной и исследовательской деятельности в области полимерных материалов, химических волокон и нитей. Были предложена структура и штатное расписание такого Центра. Основная идея заключалась в консолидации научного и технического потенциала разрозненных исследовательских групп и локализации Центра на площадке ОАО «Могилевхимволокно». Это позволило бы решить ряд важных вопросов.

Во-первых, в ОАО «Могилевхимволокно» имеются площади, необходимые для функционирования лабораторий и опытно-техно-

логического лабораторного оборудования коммуникации (химическая канализация, линии воздуха КИП, азота, тепловые и электрические сети, ремонтно-техническая база).

Во-вторых, в ОАО «Могилевхимволокно» имеется сырьевая база для разработки полиэфирной продукции, широкий спектр производственного оборудования для апробации различных технологических решений с использованием различных видов сырья.

В-третьих, в г. Могилеве и Могилевской области дислоцированы многочисленные крупные и мелкие производители, переработчики и потребители волоконной и другой полимерной продукции (ОАО «Моготекс», ОАО «Лента», ООО «Белтекс», ООО «Машина-ТСТ», ЗАО СП «Сопотекс», ОАО «Белшина», ОАО «Беларусьрезинотехника», ООО «Ютанол» и др.), которые могут предоставить свои технические возможности для апробации различных разработок и сами заинтересованы в оценках качества своего сырья, в аудите технологического процесса его переработки, в сертификации готовой продукции.

В-четвертых, это не потребует передачи средств организациям другого ведомственного подчинения и позволит не распылять, а сосредоточить под единым руководством, с единой программой развития, на основе плана совместных работ с республиканскими органами государственного управления и иными государственными организациями материальные, информационные и кадровые активы: современную приборную и технологическую базу, научных работников и специалистов, занимающихся отраслевой проблематикой.

В-пятых, в центральной исследовательской лаборатории ОАО «Могилевхимволокно» и на филиале кафедры химической технологии высокомолекулярных соединений (ХТВМС) Могилевского государственного университета продовольствия (МГУП), расположенном на территории ОАО «Могилевхимволокно», имеется некоторое специализированное стендовое оборудование, пригодное для изучения процессов синтеза волокно- и пленкообразующих полимеров, исследования и отработки процессов получения волокнистых материалов из растворов и расплавов полимеров.

В-шестых, не целесообразно рассредоточивать отдельные единицы оборудования по различным научным организациям, хотя бы потому, что это приведет к сложностям в выполнении комплексных анализов и исследовательских работ, в необходимости заключения большого количества договоров для выполнения единичного комплексного исследования. Практический опыт говорит, что заказчик предпочитает воспользоваться принципом «одного окна».

Подготовку специалистов, исследователей и технологов и формирование кадрового потенциала Центра могут оказывать все вузы Республики Беларусь (БГУ, БГТУ, МГУП, БНТУ, ВГТУ, ГГТУ).

При этом было подчеркнуто, что такой Центр не может быть организован на каком-либо предприятии, при каком-либо вузе или академическом институте. Он должен иметь ведомственное подчинение концерну «Беленефтехим» и входить в его структуру отдельной единицей. Более того, на первых этапах становления деятельность такого Центра не может быть экономически эффективна. Хотя бы потому, что разработка чего-либо нового всегда затратна и экономически рискованна. Как правило, деятельность подобных Центров в Европе и Азии дотируется из бюджета. Тем не менее, доход такого центра может складываться из оказания услуг (аутсорсинга) по анализу материалов, сертификации продукции, технологическому сопровождению, обработке информации, повышению квалификации специалистов, выполнения договоров и так далее.

В 2017 году было представлено предложение о создании отраслевого *научно-исследовательского института нефтехимических технологий и производств* на базе УО «Белорусский государственный технологический университет» (БГТУ). Обоснование необходимости создания в Республике Беларусь такого отраслевого НИИ было рассмотрено и поддержано специалистами ОАО «Могилёвхимволоконно». Снова в 2018 году вернулись к этому вопросу, когда было сообщено о рассмотрении Обоснования необходимости создания в Республике Беларусь *научно-практического центра нефтехимических технологий и производств*. Тот же самый документ, что и год назад, только под другим названием.

Мы абсолютно поддерживаем все усилия по созданию отраслевых НИИ. Самое главное, чтобы в очередной раз это не оказалось лишь идеей без финансового подкрепления.

Одним из важнейших показателей, характеризующих возможности инновационного развития любой страны, является наукоемкость валового внутреннего продукта (ВВП). Наукоемкость ВВП – это та его часть, которая направляется на проведение научных исследований и разработку high-tech. Мировой опыт показывает, что при значении этого показателя ниже 0,4%, наука может выполнять в государстве лишь социально-культурную функцию.

В Европейском союзе критической считается наукоемкость ВВП в 2%. В Беларуси в последние годы данный показатель составляет 0,5% (см. таблицу), что значительно ниже, чем в сопоставимых по размеру и населению Финляндии и Швеции, где наукоемкость эконо-

мики – 3% (среднемировое значение – около 2,2%). Затраты на исследования и разработки известных мировых химических и иных промышленных компаний, как известно, составляют значительную часть от объема выпускаемой продукции.

Справочно: Научоемкость ВВП Республики Беларусь по годам

год	1990	1995	1997	1999	2000	2002	2010	2014	2015	2017
Факт, %	2,11	0,93	0,81	1,04	0,81	0,71	0,60	0,52	0,50	0,50

Предприятия также отчитываются по аналогичному «научоемкости» показателю: *соотношение затрат на исследования и разработки новых продуктов, услуг и методов их производства (передачи), новых производственных процессов к объёму отгруженной продукции (работ, услуг)*. Значения данного показателя по ОАО «Могилёвхимволокно» приведены в следующей таблице:

год	2014	2015	2016	2017	2018
Факт, %	0,114	0,116	0,083	0,077	0,078 (прогноз)

Цифры красноречивые и говорят сами за себя. Известно, что в случае, если значение этого показателя не превышает величину 1%, то в течение 5–8 лет начинается разрушение научно-технического потенциала страны, происходит деградация науки. Это обстоятельство влечет за собой снижение конкурентоспособности экономики.

В Беларуси такой уровень финансирования науки сохраняется на протяжении почти двух десятилетий. Следовательно, эти отрицательные процессы зашли достаточно глубоко. Но у нас сохранился определенный научный потенциал. И пока он не иссяк совсем, надо начинать возрождать и развивать его, а не скидывать сразу на него не посильные задачи по зарабатыванию денег.

Что касается полиэфиров и материалов на их основе, то их производство в мире неуклонно растет, и они занимают все большую долю среди других видов полимерной продукции. Сегодня преобладающим видом волокнистых материалов являются полиэфирные волокна и нити. Для активирования научно-исследовательской работы в данном направлении, для объединения научного потенциала РФ и РБ 9–11 октября 2018 года на базе ОАО «Могилевхимволокно» была организована научно-практическая конференция-семинар Союзного государства **«Полиэфиры и инновации»**, проводимая в рамках V Форума регионов Беларуси и России.

В конференции приняли участие ведущие специалисты предприятий-производителей и потребителей сложных полиэфиров и изделий

на их основе (нитей, волокон, пленок, композитов и др.), других отраслей народного хозяйства, ученые и специалисты академических и отраслевых НИИ, ВУЗов Беларуси, России и других стран.

Мониторинг и анализ ситуации, сложившейся в области «полиэфирной науки» в СНГ, показал, что распад СССР, закрытие опытных производств и последующая распродажа и ликвидация экспериментального опытно-технологического оборудования привела к фактически полному прекращению научно-практических работ в области полиэфиров.

Анализ сложившейся на данный момент ситуации показывает, что сегодня остались разрозненные исследовательские учреждения и научные школы, которые, решая отдельные научные и собственные коммерческие задачи, не решают глобальные современные задачи по координации научно-производственной политики, успешной коммерциализации крупных проектов, формированию общей политики на внутреннем и международном рынках и т.п. Поэтому остро назрела необходимость формирования отраслевых научно-производственных центров, и даже в рамках Союзного государства РФ и РБ.

Результаты проведенной научно-практической конференции «Полиэфиры и инновации» позволили в этой связи подготовить следующие рекомендации:

- необходима разработка программы по скоординированной коренной модернизации предприятий по производству мономеров, полиэфиров, волокнистых, пленочных, композиционных и других материалов на их основе, а также предприятий легкой промышленности, предусматривающей создание наиболее благоприятных условий для развития этих отраслей с разработкой соответствующей законодательной базы Союзного государства;

- целесообразно формирование научно-производственных кластеров и объединений (Союзного Государства) по производству и глубокой переработке (вплоть до готовых изделий) пленко- и волокнообразующих полиэфиров, обратив особое внимание на создание предприятий «малой химии», перерабатывающих побочные продукты основных производств;

- необходимо интенсивное развитие исследовательских и технологических работ по созданию новых видов полимерных, волокнистых, пленочных и композиционных материалов на основе выпускаемых полиэфиров;

- необходима разработка программ Союзного государства, координирующих политику в сфере выпуска различных ассортиментов полиэфирной продукции для внутреннего потребления и выхода с ней на международные рынки.

Карпьяк В.В.
(Генерального директора ОАО «Белшина»)

ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО

Вас приветствует ОАО «Белшина»

Завод сверхкрупногабаритных шин производит более 30 типоразмеров шин для техники грузоподъемностью от 45 до 450 тонн. Выпускаемые шины используются на самосвалах отечественного производства а так же на Kamatsu, Caterpillar, Terex.

Освоение производства сверхкрупногабаритных ЦМК шин 49–63 дюйма на ОАО «Белшина»

В рамках реализации на ОАО «Белшина» инвестиционного проекта «Главный корпус завода СКГШ. Создание производства ЦМК шин радиальной конструкции с посадочным диаметром до 63 дюймов с реконструкцией подготовительного цеха» осуществляется освоение производства совершенно новых, ранее не имеющих аналогов на ОАО «Белшине» и на территории СНГ сверхкрупногабаритных ЦМК шин с посадочным диаметром 49–63 дюйма.

Специалистами инженерно-технического центра разработаны технические проекты сверхкрупногабаритных ЦМК шин широко востребованных размеров 27.00R49, 33.00R51 для большегрузных карьерных самосвалов, шин размеров 40.00R57, 46/90R57 для карьерных самосвалов особо большой грузоподъемности, а также шина размера 59/80R63 для применения на самом большом в мире карьерном самосвале-гиганте, произведенном на ОАО «БЕЛАЗ», грузоподъемностью 450 тонн.

При создании новых современных сверхкрупногабаритных ЦМК шин использовались современные тенденции производства шин данного класса, собственный опыт и опыт мировых производителей, разработаны новые рисунки протектора шин.

Технические показатели шин соответствуют международным стандартам.

Проектирование шин осуществляется с применением программ, позволяющих обеспечить требуемый комплекс технических характеристик и обеспечить высоких технический уровень продукции.

Процесс освоения производства осуществляется в несколько этапов. По мере освоения каждого этапа изготовления ЦМК СКГ шин производится отработка технологии изготовления (сборки и вулканизации) создание рецептур резиновых смесей, освоение нового сборочного и вулканизационного оборудования и технологической оснастки.

К 2016 году освоено производство ЦМК шин радиальной конструкции размеров 27.00R49 мод. BEL-132 и 33.00R51 модели BEL-

162 с использованием имеющегося модернизированного оборудования с вулканизацией шин в экваториальных пресс-формах.

В 2018 году закончены опытные работы и начато серийное производство сверхкрупногабаритных ЦМК шин 27.00R49 мод. BEL-302 и 40.00R57 модели BEL-350 с блочным рисунком протектора Е-4 на уникальном сборочном и вулканизационном оборудовании.

В настоящее время на заводе СКГШ серийно выпускаются следующие типоразмеры радиальных ЦМК СКГШ :

- 27.00R49 мод. BEL-132
- 27.00R49 мод. BEL-302
- 40.00R57 модели BEL-350
- 33.00R51 модели BEL-162

Представлены технические характеристики ЦМК СКГШ 27.00R49 производства ОАО «Белшина» в сравнении с аналогичными шинами ф. Бриджстоун, как мирового лидера в производстве шин данного класса.

Шина предназначена для эксплуатации на карьерных самосвалах БелАЗ-75570 грузоподъемностью 90 тонн и других самосвалах зарубежного производства аналогичной грузоподъемности .

Представлены технические характеристики ЦМК СКГШ 33.00R51 производства ОАО «Белшина» в сравнении с аналогичными шинами ф. Бриджстоун.

Шина предназначена для эксплуатации на карьерных самосвалах БелАЗ грузоподъемностью 120-140 тонн.

Представлены технические характеристики ЦМК СКГШ 40.00R57 производства ОАО «Белшина» в сравнении с аналогичными шинами ф. Бриджстоун.

Шина предназначена для эксплуатации на карьерных автосамосвалах грузоподъемностью 220 тонн для работы в карьерах горно-рудной промышленности.

Сверхкрупногабаритные ЦМК шины успешно эксплуатируются в различных регионах ближнего и дальнего зарубежья (Россия, Республика Сербия, Казахстан) в карьерах горно-рудной промышленности.

В разрезе «Восточный», АО «ЕЭК», Республика Казахстан эксплуатируются шины 27.00R49 мод. BEL-302. Наряду с нашими шинами в данном хозяйстве находятся в эксплуатации шины производства ф. Мишлен, Гудир и Бриджстоун.

На основании анализа данных по списанию импортных шин и прогнозируемого пробега шин 27.00R49 мод. BEL-302 можно сделать вывод, что наработка шин производства ОАО «Белшина» находится на уровне пробегов шин зарубежного производства.

Сверхкрупногабаритные ЦМК шины 40.00R57 модели BEL-350 в ноябре 2018 года поставлены на серийное производство.

В условиях карьеров Республики Сербия успешно эксплуатируются сверхкрупногабаритные ЦМК шины 40.00R57 BEL-350, максимальная наработка составляет более 4000 моточасов, что находится на уровне наработки шин зарубежных производителей.

Помимо шин производства ОАО «Белшина» на предприятии эксплуатируются шины 40.00R57 VELS производства фирмы Bridgestone.

Средняя наработка за 2017 г. данных шин на задних позициях составляет 3487 моточаса.

В 2018 году выпущены опытные партии СКГШ ЦМК 46/90R57 мод. BEL-232, 59/80R63 мод. BEL-190.

Подконтрольные испытания проходят под наблюдением специалистов отдела испытаний новых шин ИТЦ ОАО «Белшина».

В 2019 планируется освоение производства для начала серийного выпуска этих размеров шин.

Технические характеристики ЦМК СКГШ 46/90R57 мод. BEL-232 и 59/80R63 мод. BEL-190 производства ОАО «Белшина»

Закуплена технологическая оснастка для освоения производства СКГШ ЦМК шин размера 33.00R51 BEL-362 с блочным рисунком протектора Е-4.

В 1 квартале 2019 г. планируется изготовление опытной партии шин. Предварительно заключены соглашения о поставке опытных шин размера 33.00R51 BEL-362 для проведения эксплуатационных испытаний.

Коско Ю.Ф.,

(ОАО «Нафтан» завод «Полимир»)

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОАО «НАФТАН» ЗАВОД «ПОЛИМИР»

О строительстве новой этилен-пропиленовой установки.

Добрый день уважаемые дамы и господа. Благодарю организаторов за предоставленную возможность представить информацию об одном из перспективных проектов завода «Полимир» на данной конференции.

Если позволите маленькое вступление: Экономический кризис крайне неблагоприятно сказался на развитии всей нефтепереработки в мире. Низкий уровень спроса оказался ключевым фактором, негативно повлиявшим на маржу отрасли в целом. И хотя мировой спрос постепенно восстанавливается, на отрасль продолжают оказывать влияние кризисные тенденции: снижение спроса и уменьшение цен на нефтепродукты, существенное увеличение их коммерческих запасов, ввод новых мощностей в Азии (прежде всего крупнейшего НПЗ в Индии). Совокупность перечисленных факторов дала толчок к переходу от нефтепереработки к нефтехимии, вынудили собственников нефтеперерабатывающих комплексов обратить более пристальное внимание к продуктам нефтехимической переработки. Происходящие в настоящее время структурные изменения на мировом рынке химической и нефтехимической продукции, появление новых сильных игроков на традиционных рынках сбыта продукции серьезно усложняют позиции белорусских компаний в борьбе за рынки сбыта. Конкурентоспособна только высокотехнологичная и качественная продукция высокого уровня или, как это не парадоксально – дешевые полуфабрикаты. Выходом из сложившейся ситуации является ускорение модернизации нефтехимической промышленности для удовлетворения потребностей внутреннего рынка и экспорта высококачественных, обладающих добавочной стоимостью продуктов.

И так, завод «Полимир» ОАО «Нафтан» является единственным уникальным предприятием на бывшем постсоветском пространстве, где непрерывная технологическая цепочка, базирующаяся на паровом пиролизе углеводородного сырья с последующим разделением на углеводородные фракции, идет от производства олефинов до производства нитрила акриловой кислоты, волокна полиакрилонитрильного.

Высокотемпературное паровое разложение углеводородного сырья позволяет одновременно получать не только этилен – исходный мономер для полиэтилена, пропилен – мономер для синтеза нитрила акриловой кислоты, который является основным компонентом для произ-

водства акрилового волокна, но и такие востребованные продукты как смесь пропана и бутана техническая, бутилен-бутадиеновая фракция, пироконденсат гидростабилизированный, смола пиролизная тяжелая.

Основными преимуществами завода «Полимир» сегодня являются наличие нефтеперерабатывающих мощностей в составе ОАО «Нафтан», доступность портов прибалтийских стран и наличие железнодорожного узла, что позволяет осуществлять отгрузку не только автомобильным, но и железнодорожным транспортом. Учитывая, что эффективность производства товарной продукции завода определяется в значительной части эффективностью получения целевых продуктов (этилен, пропилен) в ходе пиролиза углеводородного сырья и последующим разделением продуктов пиролиза (цеха 101, 104), значительный физический и моральный износ оборудования (физический износ активной части превышает 82%) основным проектом программы развития завода является мероприятие «Строительство новой этилен-пропиленовой установки».

Данным проектом предполагается увеличение объемов переработки углеводородного сырья, выхода целевых продуктов из тонны углеводородного сырья (суммарно 300 тыс. тонн в год, в том числе этилена порядка 200 тыс. тонн, пропилена 100 тыс. тонн), что позволит увеличить объемы производства товарной продукции – полиэтилена высокого давления (полная загрузка мощностей цехов 102, 105), и обеспечить производства НАК и акриловых волокон ресурсом собственного пропилена.

Идеология выбора мощности новой этилен-пропиленовой установки базировалась исходя из предпосылки: наименьшие капитальные затраты (как на установку, так и на энергетическое и общезаводское хозяйство) – максимальная загрузка существующих перерабатывающих мощностей (полиэтилен, НАК, акриловое волокно) без существенных капиталовложений. Действительно, строительство например установки мощностью 400 тыс.т/год и 200 тыс.т/год по этилену и пропилену, соответственно, позволило бы получать большую выручку и соответственно доход, но в тоже время необходимость организации переработки дополнительного количества этилена и пропилена в, например полиэтилен низкого давления и полипропилен, с учетом необходимости развития общезаводского хозяйства потребовали бы по сравнению с ЭП-200 дополнительно порядка 970-1100 млн. долл. США, что в действующих финансово-экономических условиях Общества практически не выполнимо.

В тоже время Строительство установки большей мощности существенно не окажет влияние на себестоимость 1 тонны целевых продуктов – эффективность данных установок в большинстве случаев базируется на эффекте масштаба, на большей производительности:

– единичный выход этилена и пропилена с тонны углеводородного сырья зависит от его качественных характеристик, и, при прочих равных в первом приближении, одинаков;

– единичный КПД печи пиролиза, как правило, также сопоставим и оптимизирован на конкретные виды сырья;

– вырабатываемый на установке пар высокого давления сбалансирован по потребителям – паровые привода турбин пирогазовой машины, компрессора этиленового и пропиленового циклов, т.е. выработка пара будет сбалансирована с потреблением;

– изменение удельного веса потребления электроэнергии на 1 т олефинов без учета объектов ОЗХ будет незначительно отличаться, т.к. при проектировании современных установок максимально используется энергия пара, вырабатываемого на печах пиролиза.

Таким образом, реализация данного проекта позволяет сохранить технологические переделы завода, обеспечив тем самым выпуск востребованной на рынке продукции: полиэтилена высокого давления, нитрила акриловой кислоты, акрилового волокна, продуктов пиролиза и продуктов органического синтеза (АЦГ, АЦН). Снижение в рамках проекта энергоемкости производства (за счет перехода от компрессоров с электроприводом к паровым приводам, использующим энергетический потенциал пара пиролиза), рост производства пропилена (недостаток которого закупается заводом по импорту; пропилен – дефицитный продукт на внешних рынках, недостаток которого будет возрастать в связи с переходом предприятий ближайшего и дальнего зарубежья на пиролиза газового этан содержащего сырья) позволяет снизить затраты на производство исходных мономеров (этилен, пропилен) и, тем самым повысить конкурентоспособность производимой продукции.

Ранее проведенная оценка эффективности данного проекта подтверждает обоснованность его реализации: – простой срок окупаемости с даты ввода составляет – 7,9 года, внутренняя норма доходности – 8,7%. Хотелось бы отметить, что данные экономического расчета базируются на пессимистическом сценарии (эффективность оценивалась как разница дохода завода при работе новой ЭП-200 и работе двух цехов 101 и 104).

В то же время отказ от реализации проекта приведет к необходимости постепенного вывода из эксплуатации с последующим закрытием производств завода «Полимир» ОАО «Нафтан» по причине несоответствия оборудования требованиям промышленной и экологической безопасности. Закрытие завода «Полимир» вызовет рост затрат на предприятиях Республики Беларусь («Полесье», Пинск, «Белфа»,

Жлобин, «КПФ», Слоним, «Витебские ковры», Витебск, «Сукно», Минск, «БЗПИ», Борисов, «Полимиз», Борисов и других потребителей), исходным сырьем которых является продукция завода «Полимир». Кроме того данный шаг приведет к росту социальной напряженности в регионе, ежегодной потере значительного объема экспортной выручки, и к росту импорта для возмещения ежегодных отгрузок продукции завода «Полимир» на внутренний рынок (полиэтилен, волокно и др.) – выручка от внутреннего рынка завода оценивается в 100,6млн.долл.США.

Об организации производства углеродного волокна.

Уважаемые дамы и господа, позвольте мне продолжить свое выступление презентацией инвестиционного предложения – Организация производства углеродного волокна на заводе «Полимир».

В общем понимании **УГЛЕРОДНЫЕ ВОЛОКНА** - волокна, получаемые термической обработкой исходных химических и природных волокон (так называемых прекурсоров), характеризующиеся высоким содержанием углерода (до 99,5% по массе) Исходными служат волокна на основе гидратцеллюлозы, сополимеров акрилонитрила, нефтяных и каменно-угольных пеков.

Позволю себе перечислить основные направления применения углеродных волокон сегодня в мире, которые отмечу до 10 раз прочнее стали и раза в 4 ее легче: Аэроавиатика и космическая отрасль, Нефтегазовая промышленность, Мостостроительная индустрия, Строительная сфера, Ветряная энергетика и другие отрасли.

Отдав должное господину Томасу Эдисону, который впервые получил и применил УВ нити, полученные в результате пиролиза хлопкового/вязкозного волокна, советским и японским ученым, которые проделали огромную работу наработке научной базы и дальнейшему внедрению высокопрочных УВ на основе полиакрилонитрильных волокон, которые сегодня являются самым востребованным исходным сырьем для производства высокопрочных углеродных волокон, хотел бы осветить два основных момента, которые необходимо решить при организации данного производства в Республике Беларусь:

1. Наличие отработанной технологии получения углеродного волокна. Важность соблюдения отработанной технологии на всех ее этапах – залог получения качественного товарного продукта, так как не только молекулярные характеристики ПАН в высокой степени определяют свойства УВ, но и сам процесс формования: его скорость, кратность вытяжки и финишная обработка волокна. Требования технологии определяют увязывание структурных особенностей, так называемых белых волокон с их поведением при термоокислительной

стабилизации, карбонизации, графитизации и механическими свойствами высокопрочного углеродного волокна.

В настоящее время, к большому нашему сожалению, технология и производство углеродного волокна находится под контролем Японии и США из-за сложного производственного процесса, высокотехнологического содержания и ограниченного государством доступа к технологиям и оборудованию. Технологические особенности производства УВ, интеллектуальная защита технологии привели к тому, что в мире существует не более 12 предприятий в мире, которые могут заниматься массовым производством углеродного волокна. К ведущим предприятиям по производству акрилового волокна относятся Toray, Toho Tenax, Mitsubishi Rayon (Япония), Zoltek (США). На долю данных предприятий приходится более 65% мировых производственных мощностей.

На рынке наблюдается традиционное разделение между компаниями по производимому ассортименту. Так, японские компании в основном занимаются производством тонких жгутов (24К) на основе углеродного волокна из ПАН-прекурсора, что составляет 70,5% от общемирового производства тонких жгутов на основе углеродного волокна. В свою очередь, американский производитель, главным образом, имеет дело с толстыми жгутами (> 24К) на основе углеродного волокна из ПАН-прекурсора. Производственные мощности в США составляют около 49% от общемирового потенциала толстых жгутов из углеродного волокна.

Надо понимать, что самостоятельная разработка технологии производства углеродного волокна в Республике Беларусь потребует громадных финансовых, интеллектуальных и временных ресурсов.

2. Рынки сбыта углеродного волокна. Учитывая мое выступление в своей Альма-матер, требования преподавателей маркетинга о привязке производства товара к его рынкам сбыта, давайте оценим возможности реализации УВ в двух основных направлениях – внутренний и внешний рынки. Рассмотрим насколько востребован данный продукт у нас и возможности его реализации зарубежом.

К сожалению считаем, что в Республике Беларусь отсутствует рынок сбыта углеродных волокон, так как промышленность страны не готова применять такие материалы по нашему мнению по двум основным причинам, которые обе начинаются со слова «ОТСУТСТВИЕ»: отсутствие нормативной базы, позволяющей применение УВ, отсутствие технологий переработки углеродного волокна в стране.

В тоже время наши соседи стали уделять активное внимание данному материалу и потенциальным нишам производства на их основе.

Так, например компания AKSA (Турция) - один из крупнейших производителей волокон в мире (мощность около 11% от мирового производства волокна), проанализировав все трудности выхода на рынок углеродных волокон в сфере оборонной и аэрокосмической промышленности, направила свои усилия на завоевание рынка краткосрочных конечных потребителей: производство лопаток турбин, сосудов высокого давления, выпуск деталей, используемых в интерьере самолетов (каркасы сидений, балки пола и т.д.), также считает, что хорошей нишей для компании является морской флот по причине близкого расположения производства к крупному турецкому производителю яхт, Perini Istanbul.

КНР увязывает развитие своей промышленности с развитием производства углеродного волокна на своей территории. С целью обеспечения эффективного импортозамещения Китай запустил ряд научно-исследовательских и промышленных проектов, касающихся производства углеродного волокна. Тем не менее, несмотря на большое внимание, которое уделяется данной теме в регионе, китайское производство углеродного волокна составляет только около 4% от мировых мощностей по производству.

То есть при принятии решения о целесообразности производства углеродного волокна, в первую очередь, оцениваются возможности внутреннего рынка в части потребления данной продукции. Развитие производства углеродных волокон в конкретном регионе обусловлено, в первую очередь, наличием стабильного внутреннего спроса на данную продукцию, а также необходимостью ухода зависимости от импорта ряда чувствительных отраслей экономики (военная и оборонная промышленность, атомная энергетика, самолетостроение, судостроение и т.д.).

Внешние рынки. Самостоятельный выход продукции из нашей республики на внешние рынки затруднен по двум основным причинам:

1. Политическая, правоустанавливающая - волокно входит в перечень продукции двойного назначения.

2. Контроль внешних рынков сбыта ведущими мировыми производителями, а именно наличие сложной системы сертификации углеродного волокна, принятой в каждом конкретном секторе, использующем данную продукцию в качестве сырья. Все производители страхуют свои риски от потери рынка, также с использованием таких механизмов, как заключение долгосрочных соглашений о продажах, соглашений о программах совместного развития, создание совместных предприятий, покупка компаний в собственность.

Использование таких механизмов в работе значительно затрудняет выход новых продавцов на рынок.

В результате самостоятельная строгая экспортная ориентированность производства не сможет гарантировать ритмичную отгрузку готовой продукции, что не позволит окупить огромные финансовые затраты на создание собственного производства углеродных волокон, которые будут связаны с разработкой собственной технологией производства, либо ее дорогостоящей закупкой у владельцев – что связано с монополией на технологии и отсутствием независимых прав интеллектуальной собственности в углеволоконной промышленности.

Учитывая вышеизложенные аспекты ОАО «Нафтан» завод «Полимир» ведет работу по поиску и приглашает потенциальных инвесторов:

- владеющих технологией производства углеродного волокна и, одновременно,
- имеющих опыт работы на рынке углеродных волокон –использующих продукцию в собственном производственном цикле либо наличие обширной клиентской базы переработчиков, что гарантирует выход продукции завода «Полимир» ОАО «Нафтан» на рынок;
- готовых осуществить инвестирование в данный проект.

Мы можем предложить потенциальному инвестору:

- собственный ресурс сырья для производства углеродного волокна (НАК);
- площадку для организации производства;
- возможность использования действующей инфраструктуры;
- возможность привлечения для производства обученного и высококвалифицированного технологического персонала завода, имеющего опыт производства акрилонитрильных волокон,
- страхование колебаний рынка за счет имеющейся возможности варьирования соотношения объемов производства различных типов волокон (акрилового и углеродного) в зависимости от ситуации на мировых рынках данных волокон;
- логистические преимущества – географическая близость к потенциальному рынку сбыта продукции (ЕС) и морским портам Прибалтики.

Фролов В.В., Ракутько А.Г., Ткачев Д.В., Добродеева И.В.
(БелНИПИнефть РУП «Производственное объединение
«Белоруснефть»)

ПРОМЫСЛОВАЯ ХИМИЯ В НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Шансы на открытие новых крупных месторождений нефти в Республике Беларусь не велики. Большинство эксплуатируемых месторождений находится на завершающей четвертой стадии разработки для которой характерны высокая обводненность добываемой продукции, падающая добыча нефти. Доля активных запасов неуклонно уменьшается и наоборот, доля трудноизвлекаемых запасов возрастает. Так, если в 2000 г. добыча трудноизвлекаемых запасов составляла 261 тыс. тонн, то к 2018 г. их добыча возросла до 385 тыс. тонн, а доля активных запасов с 1219 тыс. тонн снизилась до 657 тыс. тонн. Определенным является тот факт, что для поддержания добычи нефти на текущем уровне необходимо все более широкое применение высокотехнологичных методов нефтеизвлечения. Для этого требуется разработка новых техник и технологий, что связано с большими затратами и предполагает сотрудничество со всеми смежными науками. Такой смежной наукой и помощником является химия. Чем больше сокращаются запасы нефти и газа, тем интенсивнее химия должна способствовать лучшему использованию ресурсов. Вклад химии во всех фазах добычи нефти настолько велик, что уже сформировалось самостоятельное научное направление – нефтепромысловая химия. Вопросы, решаемые нефтепромысловой химией, находятся на стыке нефтехимии, аналитической, физической и коллоидной химии, а также ряда инженерных дисциплин. В Республике Беларусь отраслевым научным центром нефтепромысловой химии является Белорусский научно-исследовательский и проектный институт нефти и газа – БелНИПИнефть РУП «Производственное объединение «Белоруснефть».

Настоящий доклад представляет собой краткий обзор отдельных разработок БелНИПИнефть в области применения химических реагентов для нефтедобывающей промышленности Республики Беларусь.

Химические продукты применяются при строительстве, освоении, эксплуатации, ремонте, реконструкции, консервации и ликвидации скважин, утилизации отходов производства, интенсификации добычи нефти, и собственно в технологиях добычи, сбора и подготовки нефти и газа. Классы применяемых химических соединений различны и включают неорганические, органические соли и кислоты, полимерные

и поверхностно-активные вещества, соединения сложной химической природы. БелНИПИнефть занимается как разработкой композиций реагентов нефтепромысловой химии, предназначенных к использованию в различных технологических процессах, так и адаптацией с адресным подбором различных реагентов для конкретных промысловых объектов и производственных задач.

Так, например, в области бурения скважин, это прежде всего относится к разработке составов бурового раствора, который наряду с другими факторами, оказывает решающее влияние на скорость бурения и качество строительства скважины. Каждая проходка скважины осуществляется с помощью серии специально приготовленных растворов. Диапазон применяемых растворов широк, в РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» применяется более 20 различных основных реагентов и вспомогательных компонентов для подготовки буровых растворов. Следует отметить ряд разработок Института в области эффективных буровых растворов таких как применение в рецептуре раствора органо-минерального сырья - сапропеля, основы для приготовления раствора. Специалистами Института разработан способ модификации сапропеля для образования структурных жидкостей (щелочной гидролиз), и в данном случае, местное сырьё позволяет отказаться от использования глинопорошков Российского производства. Разведанные запасы сапропеля в озерах Республики Беларусь составляют порядка 3,7 млрд. м³, количество сапропеля используемое для приготовления бурового раствора составляет 6–8 тыс. тонн в год. К собственным разработкам Института также относится полимерный реагент Ренивол – понизитель фильтрации, гидролизированный полиакрилонитрил, производится в ОАО «Завод горного воска». Данный реагент позволил заменить реагенты КМЦ и гипан импортных производителей. В соавторстве с НАН РНПЦ Академии наук РБ получен патент № 21136 на изобретение крахмального реагента – понизителя фильтрации буровых растворов. Экономический эффект от его использования составляет 30% (по отношению к стоимости ранее закупаемого), его применение позволило отказаться от реагента Российского производства.

Учитывая, что основная доля нефтяных месторождений Республики Беларусь находится на завершающей 4-й стадии разработки, основную роль в технологии доизвлечения нефти приобретают третичные методы повышения нефтеотдачи пластов. Извлечение еще 10–15% нефти из залежей, обеспечивается именно ими. При этом основная роль отводится химическим методам вытеснения. Одним из методов увеличения охвата пластов заводнением является закачка в каче-

стве потокоотклоняющей композиции нефтешламовой дисперсии. В БелНИПИнефть на основе успешных лабораторных и модельных исследований разработана и испытана технология переработки амбарных нефтешламов в нефтешламую дисперсию, основанная на разжижении и диспергировании нефтешлама в пресной воде с помощью ПАВ Неонол АФ₉-6. Полученные по разработанной методике текущие дисперсии сохраняют в поверхностных условиях свои реологические свойства, что позволяет транспортировать их к устьям скважин, а при закачке, в пластовых условиях, – теряют агрегативную устойчивость под действием пластовой температуры и минерализованной пластовой воды. При этом, скоагулировавшая в пласте нефтешламвая дисперсия образует вязкую водонепроницаемую тампонажную массу, выполняющую роль потокоотклоняющего экрана. Средний ежегодный объем закачки нефтешламвой дисперсии составляет 3000 м³.

Еще одно направление использования реагентов нефтепромышленной химии – это изоляция водопритока. По мере старения месторождений увеличивается обводненность добываемой продукции, связано это с поступлением в скважины краевых, подошвенных вод, вод закачиваемых через систему поддержания пластового давления. По отдельным месторождениям и залежам Республики Беларусь обводненность добываемой продукции составляет 95%. Средняя обводненность находится на уровне 80%. Соответственно с 1670 тыс. тонн нефти добывается около 6 млн. м³ воды. Добыча, перекачка, подготовка таких больших объемов воды требует значительных затрат. Кроме того, добыча воды совместно с нефтью приводит к таким осложнениям как солеотложения, образование стойких эмульсий, коррозия технологического оборудования. Поэтому с целью ограничения водопритока в добывающих скважинах и изоляции водоносных горизонтов применяются специальные химические реагенты. Разработки БелНИПИнефть в этой области включают реагент ОВП-2, который представляет собой химически модифицированный водно-щелочной раствор гидролизованного полиакрилонитрильного волокна Нитрон Д и/или его технологических отходов. Реагент ОВП-2 является совместной разработкой БелНИПИнефть и ОАО «Завод горного воска» и выпускается в Республике Беларусь. ОВП-2 работает по принципу осадкообразования при взаимодействии с коагулянтами – пластовой водой или водными растворами, содержащими катионы поливалентных металлов (Ca²⁺, Mg²⁺). Достоинством реагента ОВП-2 является химическая селективность, неспособность реагировать с нефтью, при его попадании в нефтенасыщенные пропластки они не блокируются и впоследствии

легко включаются в разработку, высокая водоизолирующая способность, длительная термостойкость. Средняя потребность реагента на одну скважино-операцию составляет 10 тонн. Ежегодно выполняется 4–6 ремонтов скважин с применением ОВП-2.

За рамками настоящего доклада осталось еще много неупомянутых реагентов и композиций, используемых в тех или иных процессах деятельности нефтедобывающего предприятия (реагенты-трассеры, предназначенные для оценки направления движения фильтрационных потоков, растворители для добычи высоковязких нефтей и пр.). Освещаемый вопрос столь широк, что в пору, отводить ему отдельное секционное заседание и разделить данный доклад по направлениям применения реагентов нефтепромысловой химии, это предложение для будущих планируемых форумов. Очевидно, что данное направление будет интересным для научной общественности Беларуси.

Все испытания химических реагентов, композиций различного технологического назначения в БелНИПИнефть проходят большой комплекс лабораторных исследований, стендовых испытаний с использованием сложного специализированного аналитического оборудования которым оснащены подразделения Института. Реагенты и композиции разрабатываются и подбираются адресно к конкретному производственному объекту, процессу, согласно поставленным технологическим задачам. Ко всем применяемым реагентам предъявляются не только технологические требования, обязывающие их соответствовать определенным параметрам, обладать конкретными устойчивыми химическими и физическими свойствами, но и экологические требования, требования безопасности применения – не быть вредными для окружающей среды, человека. Только после успешных лабораторных и стендовых испытаний разрабатываемые составы и композиции предлагаются к проведению опытно-промысловых испытаний. Широкая апробация новых реагентов в промысловых условиях позволяет исключить внедрение нетехнологичных реагентов. Ежегодно в профильных лабораториях БелНИПИнефть осуществляется тестирование более 100 новых лабораторных образцов, предлагаемых на рынке услуг различных реагентов нефтепромысловой химии. Период от стадии лабораторного испытания до стадии промышленного внедрения химических реагентов в РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» занимает не менее 1–2 года.

Ассортимент производимых реагентов для нефтегазовой отрасли постоянно растет, как растут и объемы их производства и потребления и это лишний раз свидетельствует о большой роли химии в нефтедобывающей промышленности.

В заключение следует отметить, перед РУП Производственное объединение «Белоруснефть» руководством страны поставлены производственные задачи, важнейшими из которых являются удешевление себестоимости тонны добытой нефти, удержание объемов добычи нефти на постоянном уровне и недопущение их резкого падения. Решение поставленных задач достигается, в том числе, за счет эффективного использования реагентов нефтепромысловой химии, разработки и адаптации новых технологий их применения. Коллектив БелНИПИнефть совместно с другими обособленными подразделениями нашего предприятия успешно справляется с поставленными задачами.

Гурин В. Л., Бирюков А. М.
(НП ООО «Композитные конструкции, Беларусь»)
ПРОЕКТ ЗАВОДА
ПО ПРОИЗВОДСТВУ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ
И ИЗДЕЛИЙ ИЗ НИХ С ЦЕНТРОМ НИОКР
В КИТАЙСКО-БЕЛОРУССКОМ ИНДУСТРИАЛЬНОМ ПАРКЕ
«GREAT STONE»

НП ООО «Композитные конструкции» реализует проект по созданию на территории Китайско-Белорусского индустриального парка «Великий камень» крупнейшего в Европе и странах СНГ научно-производственного центра в области композитных материалов, включающего:

- Научно-исследовательский центр (далее – центр НИОКР), осуществляющий полный комплекс прикладных исследований в области разработки и практического применения изделий из композитных материалов на предприятиях в различных секторах экономики.

- Промышленное предприятие, осуществляющее выпуск изделий из полимерных композитов с применением всех современных технологий, известных и применяющихся в мировой практике.

Создаваемое промышленное предприятие станет третьим столь масштабным проектом, реализуемым в мире, который объединит все известные в мировой практике технологии изготовления изделий из композитных материалов в рамках одного завода (аналогичные масштабные производства планируются только в Канаде и Южной Корее).

Фактически на базе проекта формируется единый центр компетенций Республики Беларусь в области композитных материалов, в рамках которого будут задействованы:

- Белорусские промышленные предприятия в части:
 - практического использования изделий из композитных материалов;
 - поставки сырья для нужд производства.
- Научные институты, учреждения образования и иные партнеры, включая мировых лидеров: CML (Центр компьютерного инжиниринга СПбПУ), Forward Engineering, Институт химической технологии Fraunhofer ICT, БГТУ и др. в части:
 - материаловедения;
 - обучения;
 - шеф-инжиниринга;

– определения перспективных направлений развития.

Общая стоимость проекта 220 млн. евро.

Плановый объем выпуска продукции 15 848,5 тонн в год.

Основное назначение выпускаемой продукции

Детали и элементы, а также узлы для использования в транспортном машиностроении (автомобили, трактора, специальная техника).

Товары народного потребления (раковины (мойки) для кухни, раковины для ванной комнаты, чемоданы, кровельные покрытия и элементы крыши, мебель, элементы дренажа и пр.)

О компании

Научно-производственное Общество с ограниченной ответственностью «Композитные конструкции» зарегистрировано 22.12.2017г.

Организация с 03.01.2018г. является резидентом Китайско-Белорусского индустриального парка «Великий камень» (далее – Парк).

На территории Парка будет размещена производственная площадка создаваемого предприятия площадью 10,2 га.

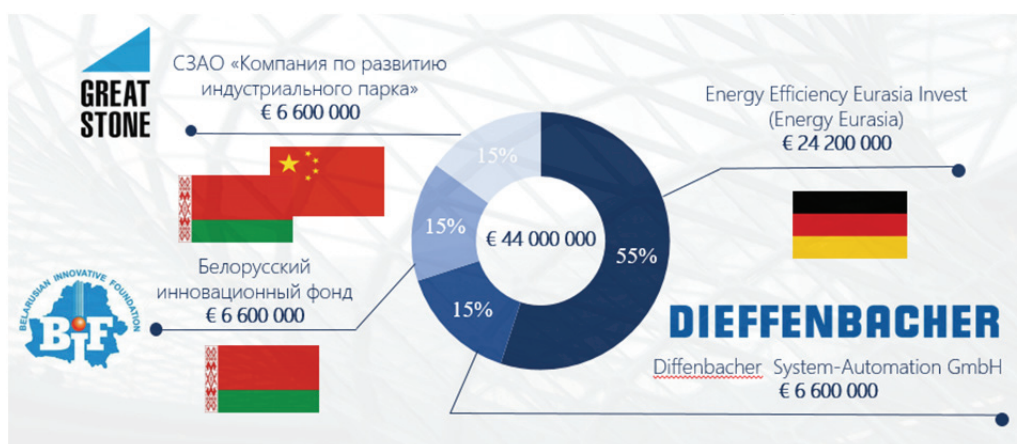
Общая площадь цехов и административно-бытовых помещений предприятия ~35 000 м².

Уставный фонд общества 44 млн. евро

Участниками общества являются:

- Energy Efficiency Eurasia Invest GmbH – 55% доли в Уставном фонде Общества;
- СЗАО «Компания по развитию индустриального парка» – 15% доли в Уставном фонде Общества;
- Белорусский инновационный фонд – 15% доли в Уставном фонде Общества;
- Diefenbacher System-Automation GmbH – 15% доли в Уставном фонде Общества. НП ООО

Структура Уставного фонда общества представлена на рис. 1:



**Рисунок 1 – Структура участников
Общества с ограниченной ответственностью «Композитные конструкции»**

Об учредителях

Energy Efficiency Eurasia Invest GmbH

Energy Efficiency Eurasia Invest GmbH (EnergyEurasia) – немецкая инвестиционная компания, специализирующаяся на проектах в области энергетики и машиностроения. Учредители компании имеют многолетний успешный опыт реализации крупных инвестиционных проектов в области машиностроения в России, являлись руководителями крупнейших министерств и ведомств России и Германии.

СЗАО «Компания по развитию индустриального парка»

Китайско-Белорусское совместное закрытое акционерное общество «Компания по развитию индустриального парка» учреждено 27 августа 2012 года.

Совместная управляющая компания решает задачи по:

- управлению земельными ресурсами и недвижимостью;
- оказанию эксплуатационных и консалтинговых услуг, привлечению инвестиций в парк.

Как оператор земельных ресурсов совместная компания сдает земельные участки на территории парка в аренду либо отчуждает их в частную собственность резидентам парка и инвесторам.

Акционерами компании являются:

- Китайская национальная машиностроительная корпорация «Синомач»;
- China Merchants Group;
- ОАО «Китайская корпорация инжиниринга САМС»;
- Харбинская инвестиционная группа;
- Государственное учреждение «Администрация Китайско-Белорусского индустриального парка «Индустриальный парк «Великий камень»;
- АО «Дуйсбургер Хафен».

Уставный фонд предприятия составляет 118,750 млн долл. США.

Китайско-Белорусский индустриальный парк представляет собой территориальное образование площадью 112,5 кв. км с особым правовым режимом для обеспечения комфортных условий ведения бизнеса.

Парк расположен в 25 км от столицы Республики Беларусь города Минска в уникальном природном комплексе и в непосредственной близости от международного аэропорта, железнодорожных путей, транснациональной автомобильной магистрали Берлин-Москва (М-1/Е-36).

На территории парка планируется разместить производственные и жилые зоны, офисные и торгово-развлекательные комплексы, финансовый и научно-исследовательский центры.

Проект развивается в рамках межгосударственного китайско-белорусского сотрудничества и подписанных соответствующих меж-

правительственных документов. В качестве резидентов индустриального парка могут выступать любые компании независимо от страны происхождения капитала.

Dieffenbacher System-Automation GmbH

Диффенбахер – это международная группа компаний в сфере машиностроения и производства комплектных производственных установок. Компания является ведущим производителем прессовых систем и комплектных производственных установок для промышленного выпуска древесных плит, автомобильной промышленности и мусоропереработки. Располагает более чем

1700 сотрудниками и 16 производственными площадками и офисами продаж продукции по всему миру.

Основная информация о деятельности компании:

- Дата основания компании – 1873 год;
- Штаб-квартира предприятия – Эппинген, Германия;
- Собственник – 100% семейная собственность;
- Оборот группы компаний за 2017 год – 417 млн евро.

Компания Dieffenbacher является одним из мировых лидеров в производстве гидравлических прессов и комплектных линий для композитных изделий.

Подразделение «Business Unit Composites» («Композиты») разрабатывает производственные методы, прессы и полностью автоматизированные производственные линии для изготовления полимерных деталей, усиленных волокном.

Будучи системным поставщиком производственных линий «под ключ», компания предлагает клиентам разнообразные методы производства для переработки армированных волокном полимеров, охватывающих всю область применения композитов.

Технологические решения компании охватывают как процесс производства деталей, армированных волокном, включая их постобработку и прямые технологии, так и комплексные решения с системами автоматизации.

Белорусский инновационный фонд

Белорусский инновационный фонд (Белинфонд) создан Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 12.11.1998 г. № 1739 для усиления государственной поддержки инновационной деятельности в Республике Беларусь и является некоммерческой организацией, находящейся в подчинении Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь.

Основной задачей деятельности Белорусского инновационного фонда является обеспечение благоприятных условий для развития ин-

новационного предпринимательства и эффективного функционирования предприятий и организаций различных форм собственности, разрабатывающих и производящих в Республике Беларусь наукоемкую инновационную продукцию.

Белинфонд осуществляет финансовую поддержку на возвратной основе:

- научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ, выполняемых в рамках реализации инновационных проектов;
- работ по организации и освоению производства научно-технической продукции, полученной в результате выполнения инновационных проектов и заданий государственных научно-технических программ;
- венчурных проектов за счет направляемых на эти цели Белинфонду средств инновационных фондов и средств республиканского бюджета, предусматриваемых на научную, научно-техническую и инновационную деятельность.

Средства Белорусского инновационного фонда формируются за счет средств республиканского бюджета.

Белинфонд также осуществляет финансовую поддержку на безвозвратной основе в соответствии с Указом Президента Республики Беларусь от 20 мая 2013 г. № 229 «О некоторых мерах по стимулированию реализации инновационных проектов» в виде предоставления:

- инновационного ваучера — при реализации подготовительного или конструкторско-технологического этапа (на срок до одного года);
- гранта — при реализации конструкторско-технологического этапа (финансовые средства, предоставляются получателям государственной финансовой поддержки для проведения научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ на условиях, определяемых договором и актами законодательства).

Главой Государства 20 апреля 2017 г. дано поручение № 09/577-13 ПЗ81, на основании пункта 2 докладной записки Администрации Президента Республики Беларусь от 5 апреля 2017 г. № 09/577-13, касающегося реализации на территории Китайско-Белорусского индустриального парка «Великий камень» проекта по созданию производства композитных материалов и изделий из них с соответствующим научно-техническим центром. Для проработки поставленной задачи было дано поручение Совета Министров Республики Беларусь от 21 апреля 2017 г. № 37/102-180/4590р.

После проработки поручения соисполнителями (ГКНТ, Минпром, НАН Республики Беларусь) было представлено обоснование необхо-

димости издания Указа Президента Республики Беларусь «О реализации инновационного проекта». По итогам рассмотрения доклада Главы Государства поддержал проект и подписал Распоряжение № 184рп по участию Белорусского инновационного фонда в проекте.

О направлениях проекта

Проектом предусматривается развитие различных направлений деятельности в области прикладной науки, научно-технической и производственной деятельности.

Создание первого отечественного производства изделий из композитных материалов позволит обеспечить:

1. дополнительный приток инвестиций в экономику страны, в т.ч. прямых иностранных инвестиций;
2. выпуск инновационной продукции с высокой добавленной стоимостью на уровне, превышающем европейские показатели в аналогичных отраслях;
3. импортозамещение, значительное повышение уровня локализации на белорусских предприятиях;
4. снижение себестоимости продукции машиностроения на белорусских предприятиях;
5. создание около 340 новых высокотехнологичных рабочих мест с высоким уровнем оплаты труда;
6. экспорт новой продукции и технологий;
7. дополнительные налоговые поступления в бюджет страны;
8. развитие ряда смежных отраслей, снабжающих создаваемое предприятие сырьем.

Применение композитных материалов высочайшего качества, произведенных по технологиям, не имеющим аналогов в странах СНГ, в машиностроении и производстве товаров народного потребления даст значительные конкурентные преимущества отечественной продукции на целевых рынках.

О реализации проекта

Проект реализуется в два этапа.

Стоимость первого этапа €138,6 млн.

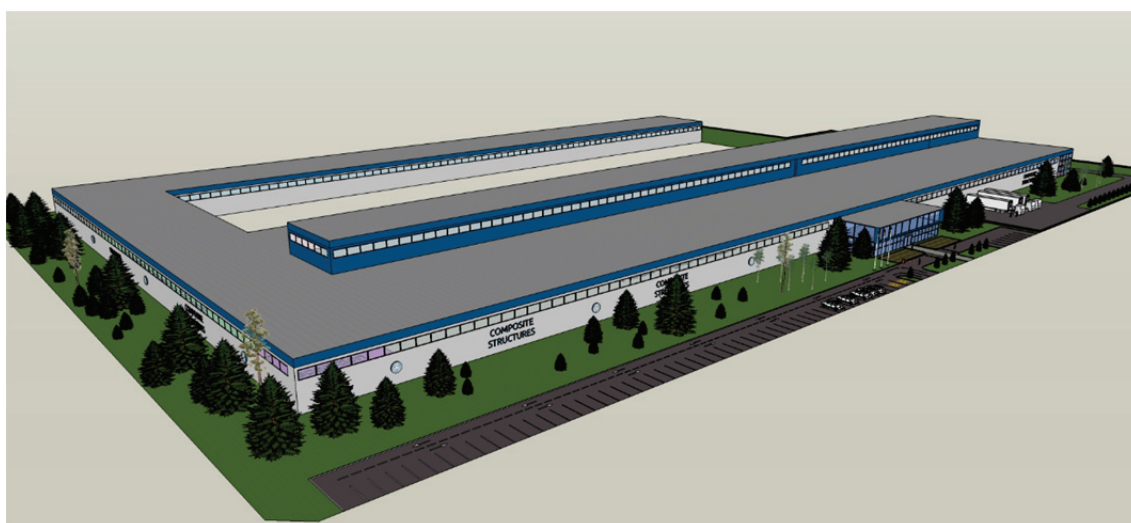
Плановый объем выпуска продукции на мощностях первого этапа 8 780 тонн в год

Общая площадь здания этапа 1, включая производственный цех, офисную часть, административное здание и лабораторию около 25 000 м².

Разработана технологическая планировка и компоновочные решения проекта. Архитектурный проект первого этапа получил положительное заключение Государственной экологической экспертизы и Главгосэкспертизы.

Возводимый корпус включает:

- научно-исследовательский центр (НИОКР);
 - производственные площади и участки согласно технологиям производства изделий из композитных материалов;
 - складские помещения;
 - зоны размещения внутренних трансформаторных подстанций;
 - помещение зарядки электропогрузчиков;
 - компрессорную станцию;
 - станции подогрева оснастки;
 - зону узлов управления автоматическим пожаротушением;
 - мостовой кран грузоподъемностью 60 т в зоне хранения оснастки.
- Внешний вид производственного корпуса:



В составе первого этапа

- а) поставляется основное оборудование, позволяющее обеспечить сбалансированное производство практически всех типов изделий;
- б) осуществляется проектирование и строительство зданий и сооружений первой очереди проекта, устройство всех коммуникаций и инженерных систем;
- в) поставляется дополнительное и вспомогательное оборудование, позволяющее полностью задействовать основные линии;
- г) осуществляется проектирование, инжиниринг деталей и оснастки;
- д) запускается серийное производство изделий.

Начало производства на мощностях первой очереди запланировано на середину 2020 г.

Брыскин Ю. В., (Директор компании Berubico b. v. b. a., Бельгия)

Ярошук С. А. (Директор ООО «ФОДИС», Беларусь)

ООО «ФОДИС»

**ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ
ИННОВАЦИОННОЙ ПРОБИОТИЧЕСКОЙ
И ИНДУСТРИАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ**

Уважаемые дамы и господа, руководители компаний, владельцы бизнесов, ответственные государственные руководители!

Позвольте познакомить вас с совершенно новыми возможностями в очистке и гигиене на основе современных открытий в прикладной физике и микробиологии.

Исторически человечество пошло по пути использования растворяющей химии для очистки и обезжиривания любых поверхностей как в индустрии, так и в быту. Такая очистка продолжается более 4000 лет. И, если в далёком прошлом применялись очистители редко и на удалённых территориях, то в современном мире это происходит в ужасающих объёмах и вокруг густонаселённых районов. Важно понимать, что современные растворители являются очень агрессивными и опасными как для человека, так и для природы, а их слив в окружающую среду на долгие годы портит экологию.

Республика Беларусь – индустриальная страна, но, к сожалению, практически все промышленные предприятия унаследовали морально и физически устаревшие системы очистки, которые абсолютно неэффективны в борьбе с современными агрессивными средствами бытовой химии и производственными отходами.

Такое положение вещей давно не устраивает инновационно-мыслящих руководителей, реально ответственных за будущее Беларуси. В этой связи, мы официально заявляем, что на территории Республики Беларусь несколько лет назад была создана компания ООО «ФОДИС», которая активно начала подготовительную работу по производству и применению совершенно новых индустриальных и пробиотических очистителей последнего поколения. За основу были взяты самые современные технологии в области отделительной физики и, конечно, знания по использованию полезных микроорганизмов (пробиотиков) в моющих составах. Такую работу никто до этого в Беларуси не делал. Пришлось тщательно проработать все существующие на данный момент нормы и правила по ввозу безопасных продуктов и сделать десятки разрешительных документов, провести сотни презентаций по использованию технологий Fodis для решения конкретных задач.

Накоплен уникальный опыт применения как в рамках проведения лабораторных и заводских испытаний, так и практического внедрения на различных предприятиях нефтехимического и промышленного комплексов Республики Беларусь: ОАО «БЕЛШИНА», ОАО «МТЗ», ОАО «БелАЗ», РУП «ПО «Белоруснефть»; подконтрольных ОАО «Банк развития Республики Беларусь» предприятиях деревообрабатывающего холдинга, на других многочисленных объектах различного назначения. Зачастую пришлось ломать устоявшиеся стереотипы мышления в отношении производственной гигиены. Разумеется, нельзя не учитывать человеческий фактор. Если хочешь получить результат — ищешь возможности, если нет — ищешь причины. Там, где руководители и их коллективы действительно с гордостью, трепетом и желанием относятся к своей работе, проявляют здоровую инициативу и интерес к инновациям — всегда отличные результаты!

В настоящее время ООО «ФОДИС» ведёт активную работу по поиску и привлечению стратегических партнёров за пределами Республики Беларусь для расширения рынка продаж своих передовых технологий. Такая работа, уверены, приведет к популяризации белорусской торговой марки Fodis как на территории Евразийского экономического союза, так и в других регионах мира. Тем более, что уже на территории Российской Федерации эффективно ведёт свою деятельность официальный представитель торговой марки Fodis — компания ООО «Эксперт», г. Москва.

В дополнении к сказанному хочется несколько слов сказать о преимуществах новой технологии очистки и почему необходимо построить работу по внедрению очистителей белорусской торговой марки Fodis повсеместно.

Прежде всего, речь идёт об области применения очистителей и технологий Fodis:

- атомная промышленность;
- электроэнергетика;
- топливная промышленность;
- чёрная и цветная металлургия;
- химическая и нефтехимическая промышленность;
- машиностроение и металлообработка;
- лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность;
- производство строительных материалов;
- лёгкая промышленность;
- стекольная и фарфорофаянсовая промышленность;

- пищевая промышленность;
- микробиологическая промышленность;
- мукомольно-крупяная и комбикормовая промышленность;
- медицинская промышленность
- полиграфическая промышленность;
- металлургическая промышленность;
- машиностроение;
- фармацевтическая промышленность;
- здравоохранение, образование;
- авиация;
- вооруженные силы;
- автомобильный, железнодорожный, водный транспорт;
- сельское хозяйство, животноводство, птицеводство, рыбоводство;
- коммунальное хозяйство;
- строительство;
- промышленный клининг;
- в быту.

Как видно, затронуты практически все сферы жизнедеятельности человека, в которых возможно применение очистителей Fodis. Важно отметить, что практически всегда есть гарантированный результат как в части существенной экономии средств и времени, так и достижения принципиально нового уровня чистоты и гигиены.

Использование промышленных и пробиотических очистителей Fodis способно сделать производственно технологическую компанию ООО ФОДИС абсолютным лидером в очистке как обладателя современной технологией микробиологической очистки – самой дешёвой очистки в расчёте на квадратный метр очищаемой поверхности.

На сегодняшний день отделительная очистка, которая полностью отработана как в производственном, так и в бытовом секторе, готова к повсеместному внедрению и требует, прежде всего, проявление заинтересованности и поддержки со стороны государства, которое может мотивировать производителей применять экологически чистые технологии как для существующих, так и для вновь создаваемых производств. Такой подход может сэкономить до 30-40% затрат на очистку и, при этом, остановить загрязнение природы, значительно снизить затраты на утилизацию промышленных отходов.

Для этого необходимо создавать обучающие центры для технологов и специалистов по современным методам очистки, чтобы работа

профессионалов в области промышленного клининга стала востребованной, технологичной и выгодной для государственного и частного потребителя!

Разумеется, все начинания и инициативы будут иметь будущее только при поддержке государства. И явным подтверждением этому является сотрудничество с Белорусским государственным технологическим университетом.

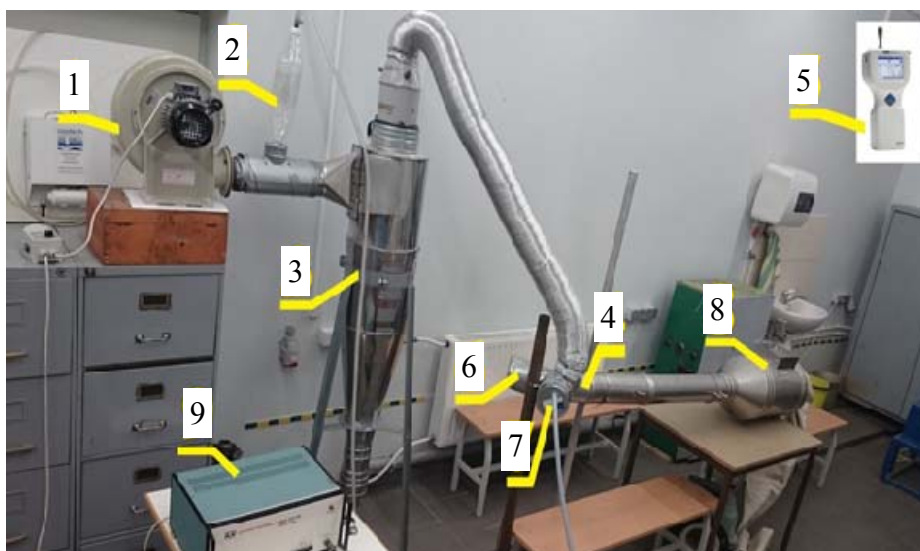
Хочется выразить уверенность, что стартом этим начинаниям послужит I Международный научно-технический форум по нефтехимии (НЕФТЕХИМИЯ-2018).

**ПЕРСПЕКТИВЫ, СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ
И НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ХИМИЧЕСКИХ
И НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ.
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ
И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

I. Grinbergienė, A. Čereška, D. Borovskiy, V. Frantskevich
(Vilnius Gediminas Technical University,
Belarusian State Technological University)

**INVESTIGATION OF TWO METHODS
TO PARTICLES COAGULATION
OF INFLUENCE ACOUSTIC FIELD**

Experimental Setup. In the Department of Mechanical and Materials Engineering (VGTU) there was constructed an experimental stand: 1) ventilation device, 2) dispenser, 3) cyclone, 4) acoustic chamber, 5) optical particle counter ErgoTouch pro 2, 6) aeroacoustic sound generator, 7) piezoceramic sound generator, 8) chamber 9) amplifier:

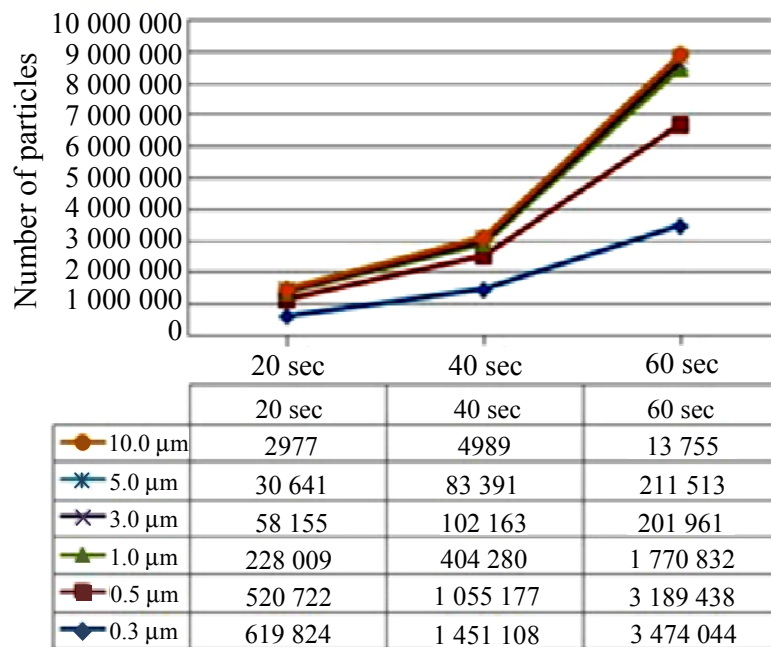


Picture 1 – Experimental Stand

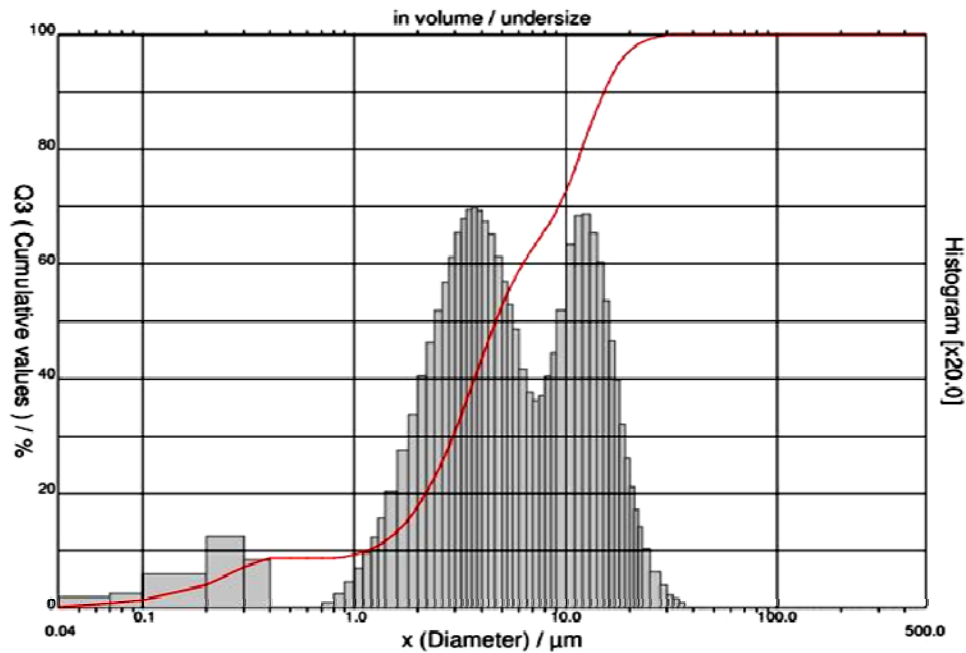
During the process of investigations in the system of supply of aerosolic particles air is taken by the ventilator and is blown into a cyclone, which deletes from the air flow particles larger than 10 μm . By using a dis-

penser sand processed into small particles is input to the air flow which is being cleaned, the size of the elements of sand in it is not bigger than 1 μm . Further the air flow with the particles of sand moves through the duct towards the acoustic chamber. Before the acoustic chamber the pipe is mounted with the analyzer of concentration of aerosolic particles APC ErgoTouch 2 (diameters of particles (6 channells) – 0.3 μm , 0.5 μm , 1 μm , 3 μm , 5 μm , 10 μm ; time of measurement – seconds; volume – $0.01 \pm 5\%$ l/min precision). The device inputs air with a velocity of 2.83 l/m (error $\pm 5\%$). Before starting the investigation the time period of input of air and the duration of measurements are set. Data how many particles there are in 1 m³ of air and of what diameter those particles are is obtained. Those results are calculated by the device automatically. There were done six different measurements: 1) without any acoustic field; 2) using a piezoceramic acoustic generator along the flow; 3) using aeroacoustic generator along the flow; 4) using a piezoceramic acoustic generator at a 45° angle to the flow; 5) using an aeroacoustic generator at a 45° angle to the flow; 6) using both generators. Measurements were done during 1 minute and every 20 seconds there was fixed a number of particles in the flow after acoustic field influence.

Results and Discussion. The results of the experiments carried out show that the best result of the agglomeration of particles was obtained by acoustic signal, which was generated by two generators of one another in front of another 90°.



Picture 2 – Change in the number of particles during one minute when both acoustic generators are working together



Picture 3 – Granulometric constituent parts of the particles which were sedimentated in the chamber after agglomeration process

With the measurement of the number of particles in time, it has been observed that the test by this method significantly increased 5 and 3 micrometers of particles compared to the tests performed using each generator separately. This means that finer particles (up to 1 micrometer) agglomerate into larger ones. This is illustrated by their granulometric analysis.

Granulometric analysis of the particles was made in the Laboratory of Building Products Technology, Vilnius Gediminas Technical University.

Conclutions.

1. Reduction of the dispersion of various pollutants is the major problem addressed in environment protection, so it is necessary to find an effective methods for solution.

2. One of the most effective method to prevent this kind of pollution is agglomeration of small aerosol particles using acoustic field.

3. The aim of this research was to improve the agglomeration process to make it more effective.

4. The results of the experiments has shown that the best result of the agglomeration of particles was obtained by acoustic signal, which was generated by two generators of one another in front of another 90°. It is a background for upcomming experiments, when it is going to change an angle between acoustic wave generators to see at which angle there will be the best result of agglomeration efficiency.

REFERENCES

1. Yun Z., Xinwu Z., Changchao G. Experimental research on acoustic agglomeration of fine aerosol particles in the standing – wave tube with abrupt section. The Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 135, Issue 4, 2014, p. 2375
2. Markauskas D., Kačianauskas R., Maknickas A. Numerical particle – based analysis of the effects responsible for acoustic particle agglomeration. Advanced Powder Technology, Vol. 26, Issue 3, 2014, p. 698-704.
3. Shalunov A., Khmeliov V., Shalunova K. Acoustic Coagulation of Aerosol. Lambert Academic Publishing, 2012, p. 272.
4. Vekteris V., Strishka V., Ozarovskis D., Mokshin V. Experimental investigation of processes in acoustic cyclone separator. Advanced Powder Technology, Vol. 25, Issue 3, 2014, p. 1118-1123.

Акыева Ш., Поладов К.
(г.Ашхабад, Международный университет нефти и газа)

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА, СТРОЕНИЯ И СВОЙСТВ УГЛЕВОДОРОДОВ БАЗОВЫХ СМАЗОЧНЫХ МАСЕЛ ИЗ ТУРКМЕНСКИХ НЕФТЕЙ

Нефтяные базовые смазочные масла составляющие основу товарных масел (89-95%), должны иметь оптимальный групповой углеводородный состав, обеспечивающий им высокую стабильность против окисления, низкую испаряемость, высокий индекс вязкости, достаточные антикоррозионные, защитные свойства и высокую премистость к присадкам [1].

Групповой углеводородный и химический состав базовых нефтяных масел зависит от состава исходного сырья и технологии производства [2].

В 2001 году на Туркменбашинском НПЗ (Туркменистан) введён в действие современный комплекс производства масел различного функционального назначения. В состав комплекса входит установка по производству базовых масел по традиционной технологии, включающей блоки вакуумной перегонки мазута, селективной очистки вакуумных дистиллятов, сольвентной депарафинизации масляных рафинатов и гидроочистки депарафинированных рафинатов и установка по смешиванию и расфасовке товарных масел [3].

На вакуумной установке нефтеперерабатывающего комплекса вырабатываются фракции марок VGO 80 (360–405°C), VGO 180 (405–440°C), VGO 350 (440–490°C), VGO 600 (490–550°C) и остаточная фракция VGO 1200 (550–570°C). Из этих масляных фракций производятся соответствующие базовые масла, условно обозначаемые марки: SN 80, SN 180, SN 350, SN 600 и SN 1200. В основу маркировки положены латинские буквы SN (solvent neutral), указывающие на глубину и способ очистки исходной масляной фракции экстракцией нейтральным растворителем, а группа чисел: 80, 180, 350, 600 и 1200 – соответствующая величина вязкости, измеренной в универсальных секундах Сейболта (SUS) по ASTM D88 [3].

В данной работе изучены физико-химические свойства [4] базовых масел марок SN 80, SN 180, SN 350, SN 600 и SN 1200, вырабатываемые из туркменских нефтей, а именно, из смеси (1:1) месторождений Котуртепинской и Окаремской нефтей. Результаты исследований приведены в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, в ряду марок масел SN 80 – SN 1200, с повышением вязкости (при 100°C) образцов соответственно возрос

тают плотность, молекулярная масса, показатель преломления и температура вспышки. В этом ряду индексы вязкости (ИВ) и температура застывания исследованных масел понижаются.

Таблица 1 – Физико-химические свойства базовых масел из туркменских нефтей

Марка масла	ν_{100} , мм ² /сек	ИВ	T _з , °C не выше	T _{всп} , °C	$d_{4,3}^{20}$, г/см ³	$n_{D,4}^{20}$	М.м
SN 80	2,8	130	–25	170	0,8510	1,4660	321
SN 180	4,8	120	–25	205	0,8687	1,4746	366
SN 350	7,8	95	–20	220	0,8759	1,4789	416
SN 600	10,9	90	–15	225	0,8839	1,4827	487
SN 1200	18,2	80	–12	250	0,8942	1,4880	571

На основе физико-химических показателей определен структурно-групповой состав углеводородов базовых масел по методу n – d – М [5]. Результаты расчётов сведены в таблицу 2.

Таблица 2. Распределение углерода и число колец в “средней молекуле” базового масла

Марка масла	Массовая доля углерода (C) и число колец (N) в “средней молекуле” масел						
	C _{алкил}	C _{нафтен}	C _{аром}	C _{цикл}	N _{нафтен}	N _{аром}	N _{сумма}
SN80	51,52	43,16	5,32	48,48	2,1	0,19	2,29
SN180	49,62	46,52	3,86	50,38	2,6	0,25	2,85
SN350	51,52	41,24	7,24	48,48	2,8	0,33	3,13
SN600	52,65	40,53	6,82	47,35	3,4	0,37	3,77
SN1200	52,75	40,25	7,00	47,25	4,0	0,46	4,46

Как видно из таблицы 2, в ряду марок масел SN 80-SN 1200 массовая доля углерода в алкильных цепях и циклических структурах незначительно возрастает в пределах 49,62-52,75 и 47,25-50,38% соответственно. А число колец в циклических структурах масел SN 80-SN 1200 возрастает почти в два раза и составляет от 2,29 до 4,46 соответственно.

Выводы:

1. Изучены физико-химические свойства базовых смазочных масел марок SN 80, SN 180, SN 350, SN 600 и SN 1200, вырабатываемых из туркменских нефтей.

2. Показано, что в ряду марок смазочных масел SN 80-SN 1200 число нафтеновых и ароматических колец в “средней молекуле” углеводородов возрастают от 2,1 до 4,0 и от 0,19 до 0,46 соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Казакова Л.П., Крейн С.Е. Физико-химические основы производства нефтяных масел. М., Химия, 1978.
2. Черножуков Н. И. Технология переработки нефти и газа. Часть третья. Очистка нефтепродуктов и производство специальных продуктов. М., Химия, 1966.
3. Аннаев К., Черкезов Х., Бердыев А., Махмудов Д. Смазочные масла из Туркменских нефтей. А., Справочник. 2009.
4. Беянин Б.В., Ерих В.Н. Технический анализ нефтепродуктов и газа. –Л., Химия, 1979.
5. Дияров И.Н., Батуева И.Ю., Садыков А.Н., Солодова Н.Л. Химия нефти. Руководство к лабораторным занятиям. – Л., Химия, 1990.

Алиев Г.С.², Абасова У.А.¹,
Рустамлы Х.М.², Ахмедова И.В.².

(Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности
Институт Катализа и Неорганической Химии им. М.Ф.Нагиева НАНА)

ОПТИМИЗАЦИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГАЗОФАЗНОГО ОКИСЛЕНИЯ МЕТАНОЛА НА МОДИФИЦИРОВАННОМ ЦЕОЛИТЕ

В течении ряда лет в Институте Катализа и Неорганической Химии ведутся оригинальные работы по исследованию газофазных процессов окисления алифатических спиртов на модифицированных природных цеолитах. Отличительными чертами исследуемых процессов являются высокие выходы целевых продуктов при высокой селективности, а также простота их технологического оформления, создающих хорошую перспективу для широкого внедрения этих процессов в промышленность /1-2/.

Одним из таких реакций является процесс газофазного окисления метанола в муравиную кислоту на Pd^{+2} -содержащем цеолитном катализаторе. По данным лабораторных исследований была разработана кинетическая модель процесса /3/. Ее адекватность подтверждена проведением статистического анализа модели и постановкой дискриминирующих экспериментов на лабораторной установке. Объем реакционной зоны в использованном реакторе составлял 6 см^3 . Для оценки полученной модели в случае реакторов большого объема дальнейшие экспериментальные исследования процесса были выполнены на автоматизированной опытной установке, сопряженной с персональным компьютером (ПК) и содержащий металлический реактор объемом 250 см^3 .

С учетом данных лабораторных исследований на первом этапе были поставлены эксперименты для нахождения оптимальной области протекания процесса. На этом этапе было применено разработанное программное обеспечение, реализующая различные алгоритмы оптимального планирования эксперимента. Эксперименты проводились при атмосферном давлении в стационарной области активности катализатора. В качестве управляемых параметров установки была выбрана: температура реактора – T , скорость подачи метанола $V_{\text{CH}_3\text{OH}}$, скорость подачи кислорода V_{O_2} , скорость подачи азота V_{N_2} , мольное соотношение methanol:oxygen:nitrogen. Для исследования нулевые уровни и интервалы варьирования управляемых параметров были приняты равными соответственно

$$\begin{aligned}
75 &\leq T \leq 135^{\circ}\text{C}; \\
900 &\leq V \leq 3200 \text{ h}^{-1}; \\
0,13 &\leq P_{\text{O}_2} \leq 0,6 \text{ atm}; \\
0,09 &\leq P_{\text{CH}_3\text{OH}} \leq 0,43 \text{ atm},
\end{aligned}$$

$\text{CH}_3\text{OH}:\text{O}_2:\text{N}_2 - 1:1:2$, P_{O_2} и $P_{\text{CH}_3\text{OH}}$ - парциальные давления кислорода и муравьиной кислоты соответственно. Эксперименты были поставлены и проведены в соответствии с избранным ротатбельным центрально-композиционным планом /4/. После их проведения в ПК вводились значения функции отклика W – величина скорости образования муравьиной кислоты с использованием данных хроматографических анализов продуктов реакции. Оптимальная величина скорости образования муравьиной кислоты 45.5% достигается при температуре 110° , мольном соотношении methanol:oxygen:nitrogen – 1:1:2. Контрольные эксперименты, поставленные при найденных значениях управляемых параметров, приводят к величине $W_{\text{Ф.А.}}$ – находящейся в близком согласии с данными оптимизации.

В найденной оптимальной области протекания процесса был поставлен ряд экспериментов с использованием различных размеров гранул каталитической системы. Эксперименты проводились со следующими размерами гранул катализатора: 0,25-0,63 мм. Результаты показали, что скорость образования муравьиной кислоты с изменением размера гранул катализатора не меняется. Это указывает на отсутствие влияния внутренне-диффузионных факторов на скорость процесса.

Для определения влияния внешне-диффузионного фактора на скорость протекания процесса были проведены опыты при оптимальных условиях с разными объемными скоростями реакции. При этом было установлено, что изменение ее скорости в интервале $850\text{--}3100 \text{ h}^{-1}$ не влияет на скорость образования целевого продукта. Последнее свидетельствует, что на процесс не оказывает влияние внешне-диффузионные факторы.

Были проведены исследования кинетических закономерностей в широких диапазонах варьирования управляемых параметров пилотной установки. Характер зависимостей скорости образования $W_{\text{Ф.А.}}$, селективности S и конверсии X процесса от управляемых параметров близок к аналогичным зависимостям, полученных на лабораторной установке и достаточно хорошо описывается теоретически. Расхождения между экспериментальными и теоретически найденными зависимостями не превышают 6 %, что подтверждает адекватность разработанной кинетической модели и при использовании реакторов большего объема.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алиев А.М., Меджидова С.М., Шахтактинский Т.Н., Гусейнов К.А. // Журнал «Химия и химическая технология». 2010. Том 53, вып.6, стр. 95-101.
2. A.M. Aliyev, E.M. Mammadov, Q.S. Aliyev, U.A.Abasova. Calculation of the reactor catalytic oxidation of methanol in formic acid on metal-containing zeolite catalysts/ CHISA-2012. 20th International Congress of Chemical and Process Engineering. P3.1 Serial number 0004. Full text.
3. Aliyev A.M., Mammadov E.M., Aliyev Q.S., Majidova S.M., Huseynov K.A. XIX International Conference on Chemical Reactors Chem-reactor-19, Vienna, Austria, 2010. PP-II-1/CD, стр.336-337.

Х.Р. Садиева, канд. техн. наук,
Е.И.Атенов, докторант; Д.Г.Балтабаева, студентка
(Таразский государственный университет
им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан)

СОЗДАНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ТИОСОЛЕЙ НА ОСНОВЕ НЕФТЯНОЙ СЕРЫ

На сегодняшний день объемы серы на нефтеперерабатывающем предприятии «Тенгизшевройл» составляют порядка 5-8 млн. тонн. Так как потребность в добыче нефти с каждым годом возрастает, вместе с ней возрастают и объемы образующейся серы. Сера складывается на серных картах, которые занимают огромные площади. К тому же сера хранится в неблагоприятных условиях, а это негативно сказывается на ее свойствах. Поэтому уже сейчас необходимо искать дополнительные сферы использования серы как основного продукта производства. Использование и переработка отходов нефтеперерабатывающих производств Западно-Казахстанской области, с целью применения их в других отраслях народного хозяйства. Реализация данного проекта позволит создать отечественное производство сульфидов и полисульфидов, тиосульфатов щелочных и щелочноземельных металлов.

Рынок тиосолей щелочных и щелочноземельных металлов источников окислителей, в том числе восстановителей в частности химических и флотореагентов, был и будет в несколько раз выше, чем рынок их основного сырья - серы. Именно здесь, на высоких технологиях конечного производства тиосолей, и создается главная добавочная стоимость этого рынка.

Таким образом, все возрастающий в мире интерес к тиосолям щелочных и щелочноземельных металлов обусловлен расширением сферы его потребления, в частности, ростом производства тиосолей. Нефтяная сера - ключевой элемент в производстве тиосолей, спрос на которые незначительно мировом рынке. Анализ показывает, что конъюнктура мирового потребления тиосолей в настоящее время благоприятна для появления нового производителя серосодержащих соединений, каким может быть Казахстан, имеющий в Западном регионе крупные запасы серных карт. Причем за счет новых технологических разработок тиосолей появляется возможность конкурировать с тиосолями которые получает из самородной серы. С учетом прогноза интенсивного развития тиосолей щелочных и щелочноземельных металлов экономики, данные запасы серы представляют практический интерес для разработки.

Организация переработки нефтяной серы с получением тиосолей щелочных и щелочноземельных металлов является одной из приоритетных задач РК. Это в немалой степени обусловлено следующими факторами: наличие собственной сырьевой базы нефти, а также нефтяной серы в виде вторичного сырья месторождений Тенгиз и Кашаган, Кумколь, развитой промышленной инфраструктуры Западного региона Казахстана, производственных площадей, научного потенциала и опыта освоения родственных технологий.

Предлагаемая технология по получению тиосолей щелочных и щелочноземельных металлов учитывает вещественный состав серы и предусматривает использование новых, ранее не применявшихся в Казахстане методов получения тиосоединений щелочных и щелочноземельных металлов. Конечным продуктом технологии является сульфиды, полисульфиды, тиосульфаты щелочных и щелочноземельных металлов с содержанием основного вещества $\approx 98-99\%$.

Создание отечественного производства тиосолей на основе разработанной новой технологии получения инновационных материалов.

Для достижения поставленной цели необходима реализация следующих задач:

- организация комплексной переработки нефтяных твердых отходов;
- получение технологически пригодных серосодержащих фунгицидов;
- получение различных ассортиментов химических реагентов и флотореагентов;
- расчет материального баланса процесса и разработка бизнес плана по созданию опытно-промышленного производства.

В результате реализации проекта будут продаваться готовые сертифицированные химические продукты (сульфиды и полисульфиды, тиосульфаты щелочных и щелочноземельных металлов). Степень готовности разработки получения тиосолей заключается в проведении лабораторных испытаний полученных продуктов для применения его в качестве восстановителей при дублении кожи. При этом получен акт производственного испытания хромового дубителя. А также проведено испытания сульфидных-полисульфидных растворов щелочноземельных металлов, в качестве серосодержащих инсекто-фунгицидов в бахчевых культурах для уничтожения вредителей и клещей. По результатам научно-исследовательских работ было опубликовано научная статья. Нами предложен метод использования сульфид-полисульфидных растворов аммония и натрия для обогащения упорных золотосодержащих руд месторождение Акбакай, Коккия, Каракыстак Жамбылской области РК, а также извлечения ионов благородных металлов

из золотосодержащих руд. По результатам научно-исследовательских работ было опубликовано научная статья и отчет научно-исследовательских работ.

Рассматриваются вопросы, связанные с решением экологических проблем утилизации серы путем создания новых композиционных полимерных комплексов серы с уникальными свойствами, которые позволяют создавать внутренний рынок требуемых резиновых изделий и строительных материалов. Представлены результаты последних исследований в области использования инновационных материалов на основе модифицированной полимерной серы с улучшенными связывающими вяжущими свойствами, с широким диапазоном применения в резино-технической и строительной промышленности. Представлены результаты исследований по получению и использованию наноразмерной коллоидной серы на основе побочной тенгизской серы в качестве вулканизирующего агента резиновых смесей и связующего компонента в серобетонах. По результатам научно-исследовательских работ было опубликовано научная статья. Аналогичные исследования в республике проводятся впервые и носят комплексный характер, решающий вопросы рационального исследования углеводородного сырья и охраны окружающей среды в нефтегазовой отрасли.

Рыночный спрос данных химических реактивных продуктов составляет: общий объем импорта препаратов в России в 2015 году составлял 61,25 млн.\$ US в денежном выражении. Потребность в химических реактивных продуктов в РК составляет 30 тонн в год. Учитывая высокую потребность мирового химического, металлургического, кожевенного и сельскохозяйственного рынка в эффективных разных химических реактивных тиосолей и расширение сфер их применения, можно рассчитывать на экспорт препарата в страны СНГ и дальнего зарубежья. В ходе реализации данного проекта планируется достигнуть рентабельности продаж разных реактивных тиосолей в 70-80%, так как планируемый к выпуску препарат обладает необходимыми условиями рыночного успеха – острой востребованностью и новизной.

Рынок сероорганических соединений - тиосолей в Казахстане характеризуется высокой зависимостью от поставок импортной продукции. Последние годы объем импорта тиосолей на рынок РК существенно снизился. Цены на импортируемые продукты намного дороже продукции, предлагаемой нами (пр-во Россия – 2500–3000 тг., стоимость нашей продукции – 2320 тг.).

Для создания производства тиосолей будет привлечена компания для проектирования и изготовления опытно-промышленной установки. Данное время есть предварительная договоренность с компанией

ООО «НПК «ПРОМФАРМ». Украина, г.Черкасына изготовление и доставку, монтаж пуск-наладочных работ соответствующих оборудования. Сумма и сроки изготовления будут известны после запроса ценового предложения с техническим заданием. На протяжении всего проекта разработчики проекта будут активно принимать участие в работе, направленные на продвижение проекта на рынке. Будет осуществляться поддержка поездок участников проекта на научные мероприятия (конференция, конгресс, симпозиум, научный семинар, тематические выставки (workshop и т.д.), для выступления с докладами, носящими характер научного исследования.

Данное время для превлечения инвестора на этот же проект создано ТОО «Инновационные технологии Наукастрой».

Акжигитов А.Ш., Абишев А.А.
(Некоммерческое акционерное общество «Атырауский университет нефти и газа»,
г. Атырау, Республика Казахстан)

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕФТЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ИЗ ТРИАСОВЫХ ГОРИЗОНТОВ МАНГЫШЛАКА

Первые нефтяные и нефтегазовые месторождения на Мангышлаке открыты в породах мелового и юрского возраста. Позднее была доказана промышленная нефтегазоность отложений палеозойского и триасового возраста. Впервые на Мангышлаке получен мощный приток газа с конденсатом на площади Северо-Ракушечное из триасовой толщи, залегающий на глубине 3800 м с начальным пластовым давлением превышающее 40 МПа, пластовой температурой 140-150⁰С и газовым фактором от 900 до 2700 м³/м³. Подобное соотношение нефти и газа, а также величины пластовых давлений и температур свидетельствует о нахождении пластовых углеводородов в виде газового раствора. Наиболее характерной особенностью триасовых нефтей Мангышлака является отсутствие или незначительное содержание смол и асфальтенов.

Исследование состава и свойств нефти принято начинать с определения физико-химических характеристик. По этим характеристикам легко устанавливаются близость или различие одних нефтей от других.

Значительное место в составе нефти занимают смоло-асфальтеновые вещества и серосодержащие соединения, содержание первых в некоторых нефтях достигает 10–20% масс.; а иногда и более. Так как при повышенном содержании смолоасфальтенов, нефти приобретают специфический характер, выделяют в особую группу смолистых нефтей.

Вопросы разработки новых месторождений, выбор способов добычи и оптимальных параметров внутрипромыслового технологического оборудования по сбору и подготовке нефти к внешнему транспорту, а также задачи переработки диктуют необходимость изучения химического состава и физико-химических свойств нефтей.

По химическому составу, имея в виду в первую очередь установленные и принятые в мировой практике также отличительные признаки, как выходы светлых фракций, выкипающих до 3500⁰С, содержание углеводородов трех основных классов (парафиновых, нафтеновых и ароматических), гетероатомсодержащих и смешенного строения соединений, добываемые нефти в Республике Казахстан охватывают все известные разновидности групп. Как известно, все добываемые на Мангышлаке нефти направляются в один магистральный нефтепровод и в результате смешения крайне различных по составу нефтей полу-

чают нефть усредненного качества, которая поступает на нефтеперерабатывающие заводы. При этом уникальные свойства отдельных нефтей теряются, тогда как выявления уникальных свойств некоторых нефтей и изучения возможности их отдельной переработки представляет заметный практический и научный интерес.

В нашем случае объектом исследования являются нефти триасовых отложений месторождений Северо-Ракушечное, Ащиагар, Долинное, Аксас и Караоба, физико-химические свойства которых приведены в таблице 1.

**Таблица 1. Физико-химические характеристики нефтей
из триасовых горизонтов Мангышлака**

Месторождение	Нефтенос- ный гори- зонт	Интервал перформации, м	Сква- жина, №	$\rho_{4,3}^{20}$ кг/м ³	Кинематиче- ская вязкость, мм ² /с	
					при 20°C	при 50°C
Северо-Ракушечное	T ₁	3748–3753	21	616,9	2,00	1,2
Смесь нефтей	—	—	—	785,8	33,7	2,9
Ащиагар	T ₂ -А	3887–3894	4	822,3	—	6,5
Долинное	T ₂	3631–3652	1	801,0	5,4	3,10
Аксас	T ₁	4248–4273	1	783,1	12,9	2,1
Караоба	T ₃	4378–4382	1	835,7	32,7	6,1
Узень	Юра, XV	1220–1209	3199	857,6	—	19,8
Жетыбай	Юра, XI	2182–2173	36	849,0	—	10,7

Температура, °C		Парафин		Содержание, % масс.			Выход фракций, % масс	
вспыш- ки	застыва- ния	Содержа- ние, %	тпл, °C	асфальтена	смола	серы	до 200°C	до 350°C
51	–7	2,72	42	отс	следы	0,15	56	75,0
72	10	7,02	53	отс	отс	0,16	40	62,0
7	28	19,1	62	1,22	0,32	0,029	29,0	48,5
–3	–8,5	5,03	44	0,005	2,33	0,2	29,0	60,0
–6	7	16	53	отс	отс	0,15	34,0	75,0
–4	3	12	58	0,16	отс	0,17	21,5	52,2
29	32	18,2	60	0,81	15,5	0,18	13,7	32,0
30	31	23,4	60	2,5	19,4	0,1	16,4	41,2

В таблице 1 также приведены для сравнения характеристики нефтей Мангышлака юрских отложений. Как заметно из табличных данных триасовые нефти высокопарафинистые, за исключением нефти м.Северо-Ракушечное скв. №21, малосернистые и практически бес-

смолистые, за исключением нефти Долинное. При разгонке нефтей на аппарате АРН-2 до 200°C выкипает в пределах (21,5–56,0)% масс, а до 350°C – (48,5–75)% масс. Все нефти легкие и маловязкие. При нормальных условиях нефти представляют собой суспензию парафина, поэтому при охлаждении опытные значения кинематической вязкости при низких температурах аномально высоки, что свидетельствует об образовании в нефти объемной структуры из кристалликов парафина. По мере снижения температуры общая масса выпавших кристалликов парафина увеличивается, растет прочность объемной решетки, иммобилизирующей жидкую фазу нефти, и она становится неоднородной неньютоновской системой, характеризующейся реологическими параметрами. В процессе исследования состава и свойств нефтей, в изучении количества и качества различных нефтепродуктов и в промышленных технологиях переработки нефти широко применяется фракционирование нефти, основанное на отличии температур кипения различных нефтепродуктов. При одинаковых условиях температурного фракционирования данная нефть имеет характерную для нее кривую разгонки. С целью построения кривых истинных температур (ИТК) проводилось фракционирование на аппарате АРН-2 с последующим определением характеристик полученных фракций.

По углеводородному составу триасовые нефти имеют исключительно парафиновые основания. Содержание ароматических углеводородов во фракциях невысокое, максимальное содержание 13,9% во фракции 122–150°C. Содержание нафтеновых углеводородов во фракциях находится в пределах (2,6÷29,2)%, а парафиновых в интервале (64,8–91)% с ростом температур отбора бензиновых фракций содержание ароматических углеводородов возрастает при одновременном снижении содержания нафтеновых и парафиновых углеводородов. В бензиновой фракции с температурой 150–200°C нефти Аксаз содержится 13,6% ароматических, 2,6% нафтеновых и 83,8% парафиновых углеводородов, тогда как та же фракция нефти Караоба соответственно содержит 10,66% ароматических, 23,57% нафтеновых и 65,77% парафиновых углеводородов. Таким образом, триасовые нефти Мангышлака значительно отличаются по своим групповым углеводородным составам. Были определены групповые углеводородные составы дистиллятных фракций, выкипающих выше 200°C, определенные адсорбционным методом с выделением парафино-нафтеновых, отдельных групп ароматических углеводородов и промежуточных фракций со смолистыми веществами. Масляные фракции 350–400 и 400–450°C ашиагарской и долинской нефтей подвергались депарафинизации методом вымораживания перед адсорбционным разделением. Содержа-

ние парафино-нафтенной части дистиллятных фракций этих нефтей очень высокое (86,53–95,01)%, наименьшее суммарное содержание ароматических углеводородов 4,97% в составе фракции 200–250°C. В составе ароматической части двух фракций 200–250 и 250–300°C отсутствуют углеводороды четвертой группы, т. е. тяжелая ароматика. В составе трех последующих фракций содержание тяжелой ароматики находится в пределах (0,89–5,01). Из вакуумного газойля 350–440°C и 350–465°C нефтей Аксаз и Караоба до адсорбционного разделения также методом вымораживания был выделен парафин в количестве 56% и 32,09% на фракцию с температурой плавления 47°C и 45°C, соответственно. В составе ароматической части почти всех фракций преобладают углеводороды второй и третьей групп. Таким образом, основу дистиллятных фракций выше 200°C всех исследованных нефтей составляют парафино-нафтенные углеводороды [1,2].

Выпадение кристалликов парафина в объеме охлажденной пробы нефти приводит к своеобразному изменению ее состояния. Из-за заметной разности между удельным весом жидкой фазы нефти и кристалликами парафина во многих случаях происходит расслоение нефти. В отличие от светлых триасовых нефтей, нефти юрского горизонта (Узень, Жетыбай и другие) остаются псевдогомогенными при выпадении всего возможного количества кристалликов парафина в объеме, т.е. охлаждение не приводит к расслоению нефти. Наличие большого количества смолистых веществ препятствует легкому отделению парафина из нефтей юрского горизонта.

Как известно, нефтяной парафин является широко распространенным нефтепродуктом, различные его виды находят применение в различных отраслях промышленности, он также служит сырьем для нефтехимической и биохимической промышленности [3].

Нефтеперерабатывающие заводы республики Казахстан по назначению имеют топливный вариант, в их составе отсутствуют установки по выделению как жидких, так и твердых парафинов. Поэтому при переработке на этих заводах высокопарафинистых нефтей имеющиеся в нефти упомянутые парафины остаются в составе летних дизельных топлив, топочных высокопарафинистых мазутов. Выделение парафина из отдельных дистиллятов при известных процессах, применяемых при переработке парафинистых нефтей повышает глубину нефтепереработки, позволяет выработать зимние виды дизтоплив, низкозастывающих масел и увеличить производство реактивного топлива. Теоретические и практические аспекты процессов депарафинизации дистиллятных фракций нефти в основном достаточно разработаны и апробированы на практике нефтеперерабатывающих заводов, техноло-

гии этих процессов достаточно сложны, энергоемки, что повышает общие затраты переработки. В случае раздельного сбора для переработки бессмолистых нефтей процессы выделения парафина можно существенно упростить и удешевить. Исследованиями многих авторов и промышленной практикой депарафинизации дистиллятных фракций на НПЗ установлено отрицательное влияние содержания смолистых веществ, гетероатомсодержащих гибридных углеводородов на процессы извлечения парафина. Особенностью триасовых нефтей Мангышлака является возможность производства различных марок парафинов, включая и пищевые. Углеводородный состав нефтей, практическое отсутствия в них смолоасфальтеновых веществ, является предпосылкой возможности организации наиболее простых и экономичных производств выделения как товарных парафинов, так и различных смесей нормальных алканов для нефтехимических и биохимических процессов, а также очевидно, что парафиновый гач с максимальным содержанием н-алканов и достаточно свободный от неуглеводородных примесей, нетрудно выделить и из самой сырой нефти, минуя процессы ее ректификации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акжигитов А.Ш., Джумамухамбетов Н.Г. Получение парафинов из нефтей триасовых отложений // Вестник Казанского технологического университета. Казань, -2014.-№12, -с. 143-146
2. Акжигитов А.Ш., Джумамухамбетов Н.Г. Свойства высокопарафинистых белых нефтей / Монография. Издатель LAP LAMBERT Academic Publishing. 2015.-47 с.
3. Переверзов А.Н., Богданов Н.Ф., Рошин Ю.Н. Производство парафинов. М.: Химия, 1973. -224 с.

Трусов К.И.¹, Юсевич А.И.¹,
Кириллов А.М.², Кириллова М.В.², В. Андре²
(¹Белорусский государственный технологический университет
²Высший технический институт
Лиссабонского университета (Португалия))

НОВЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ МЕДИ ДЛЯ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ С-Н ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИИ ЦИКЛОГЕКСАНА В МЯГКИХ УСЛОВИЯХ

Разработка новых катализаторов для мягкой одностадийной селективной окислительной С-Н функционализации насыщенных углеводородов является предметом повышенного интереса для основного органического и нефтехимического синтеза. Насыщенные углеводороды широко распространены в природе (основные компоненты нефти и природного газа), являются относительно дешевым сырьем для получения ценных химических продуктов: спиртов, кетонов, карбоновых кислот. Однако высокая инертность алканов и циклоалканов создает определенные трудности для прямого синтеза из них оксигенатов в мягких условиях. Выбор подходящего катализатора на основе переходного металла и соответствующего окислителя вместе с тщательно подобранными условиями реакции позволяет решить эту проблему [1].

В качестве модельного субстрата для мягкого и селективного каталитического окисления удобно использовать циклогексан [2]. Окислением циклогексана получают циклогексанол и циклогексанон – промежуточные продукты при производстве капрона и найлона-6,6, которые выпускаются в крупных масштабах. Процесс окисления циклогексана воздухом в присутствии нафтената кобальта(II) в промышленности проводят в достаточно жестких условиях: при температуре 120–160°C и давлении 1–2 МПа. Степень конверсии циклогексана не превышает 5% при селективности 85% по спирту и кетону.

В связи с этим проводятся исследования по поиску более эффективных способов окисления циклогексана, а именно с применением пероксида водорода в качестве окислителя и каталитических систем на основе переходных металлов. Медьсодержащие катализаторы представляют большой интерес, так как медь широко распространена в природе, отличается относительно низкой стоимостью и низкой токсичностью, проявляет универсальные окислительно-восстановительные свойства [3]. Известно, что некоторые металлоорганические ко-

ординационные соединения меди позволяют окислять циклогексан в мягких условиях с выходом целевых продуктов до 15% [4].

Помимо окисления среди различных реакций С-Н функционализации углеводородов особенно привлекательно их прямое гидрокарбоксилирование с образованием карбоновых кислот в одну стадию. Существующие методы синтеза кислот характеризуются рядом недостатков:

- использование олефинов и/или альдегидов в качестве исходного сырья, которые значительно более дорогие, чем насыщенные углеводороды и которые необходимо предварительно также получить;
- жесткие условия реакции (высокие температуры и давление);
- многоступенчатые преобразования и использование дорогостоящих металлических катализаторов;
- низкая степень конверсии, слабая избирательность [1].

Хотя процессы гидрокарбоксилирования могут протекать в присутствии каталитических систем, не содержащих металл, реакция может быть значительно улучшена за счет использования металлических катализаторов или промоторов. Среди испытанных катализаторов на основе Cu, Fe, V, Mn, Re, Cr и других переходных металлов, многоядерные комплексы или координационные полимеры меди, как правило, являются наиболее активными [5], поскольку увеличивают выход целевых продуктов в 2–5 раз по сравнению с каталитическими системами без металла. В этой связи, исследования, направленные на получение металлоорганических координационных соединений меди, способных катализировать реакции окислительной функционализации циклогексана, актуальны и важны.

В представленной работе обработкой тригидрата нитрата меди(II) аммиачной водой и нафталин-2-карбоновой, нафталин-2,6-дикарбоновой кислотой в водной среде при температуре $\sim 25^{\circ}\text{C}$ по реакциям самосборки были получены 2 новых координационных соединения меди: комплексное соединение $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2(2\text{-naphthenate})_2]$ (1) и металлоорганический координационный полимер $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2(2,6\text{-dinaphthenate})^{2-}]_n$ (2). Координационные полимеры образуются за счет бифункциональности кислот. Полученные соединения были выделены в виде стабильных микрокристаллических продуктов и были изучены различными методами: рентгеновской дифракцией на монокристалле, инфракрасной спектроскопией, дифференциальной сканирующей калориметрией.

Соединения (1) и (2) были исследованы в качестве гомогенных катализаторов мягкого окисления циклогексана (рис. 1) согласно методике [3]:

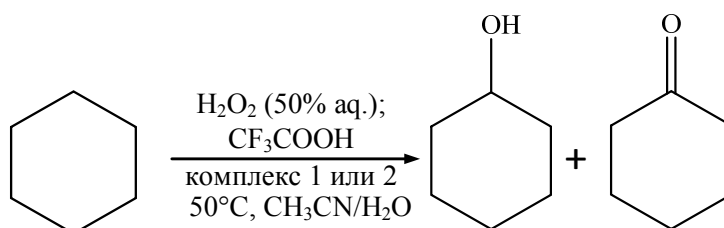


Рисунок 1 – Схема окисления циклогексана до циклогексанола и циклогексанона

Установлено, что оба соединения катализируют мягкое окисление циклогексана пероксидом водорода в присутствии кислотного промотора (CF_3COOH) с образованием циклогексанола и циклогексанона. Промотор, вероятно, активирует катализатор за счет частичного протонирования лигандов, облегчает перенос протонов и усиливает окислительные свойства H_2O_2 . Общий выход продуктов реакции окисления в присутствии соединений (1) и (2) составил 15% и 22% соответственно, что свидетельствует о большей каталитической активности соединения (2). Образец сравнения, нитрат меди (II), в тех же условиях проявляет значительно меньшую активность: общий выход продуктов не превышал 5%, тем самым указывая на уместность использования N, O-лигандов, которые, вероятно, участвуют в различных этапах переноса протона [1].

В дополнение к окислению циклогексана H_2O_2 была исследована каталитическая активность соединений (1) и (2) в мягком гидрокарбоксилировании циклогексана с образованием карбоновой кислоты (рис.2) согласно методике [1]:

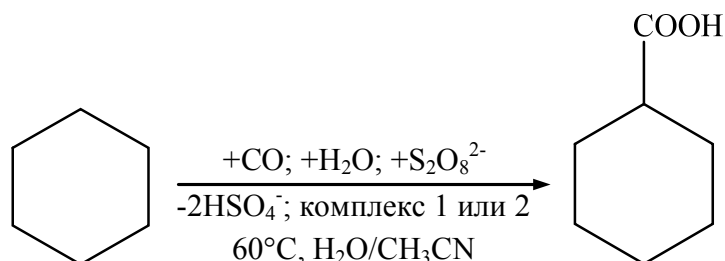


Рисунок 2 – Реакция гидрокарбоксилирования циклогексана

Оба соединения проявили себя как эффективные катализаторы реакции гидрокарбоксилирования циклогексана, причем в отличие от реакции окисления, гидрокарбоксилирование не требует кислотного промотора. При этом циклические кетоны и спирты все же образуются в незначительном количестве в качестве продуктов конкурирующих реакций окисления циклогексана. Установлено, что в данных опытах не образуется дикарбоновая кислота. Выходы кислот для со-

единений (1) и (2) составили 31,3% и 37,9% соответственно по отношению к исходному циклоалкану. Большая каталитическая активность соединения (2) по сравнению с соединением (1) обусловлена тем, что структура (2) является металлоорганическим координационным полимером. Так, в работе [1] отмечается, что активность координационных структур, содержащих только один атом меди, как правило, уступает структурам, содержащим несколько атомов меди.

Таким образом, соединения (1) и (2) обладают каталитической универсальностью, поскольку способны эффективно катализировать две различные реакции окислительной функционализации циклогексана (окисление и гидрокарбоксилирование), имеющей важное промышленное значение.

ЛИТЕРАТУРА

1. A. M. Kirillov, M. V. Kirillova, A. J. L. Pombeiro, Multicopper complexes and coordination polymers for mild oxidative functionalization of alkanes // *Coord. Chem. Rev.*, 2012, 256, 2741–2759
2. G. B. Shul'pin, Metal-catalyzed hydrocarbon oxygenations in solutions: the dramatic role of additives: a review // *J. Mol. Catal., 2002, A: Chem.*, 189, 39–66
3. Trusau, K. Homogeneous oxidation of cyclohexane catalyzed by coordination compounds of copper (II), ammonia and naphtoic acids / K. Trusau, A. Kirillov, M. Kirillova, V. André, A. Usevich // *Технология органических веществ: тезисы докладов 82-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 1-14 февраля 2018 г. / Белорусский государственный технологический университет. – Минск: БГТУ, 2018. – С. 59–60.*
4. T. A. Fernandes, V. André, A. M. Kirillov, M. V. Kirillova, Mild homogeneous oxidation and hydrocarboxylation of cycloalkanes catalyzed by novel dicopper(II) aminoalcohol-driven cores // *J. Mol. Catal., 2017, A: Chem.*, 426, 357–367
5. M. V. Kirillova, A. M. Kirillov, M. L. Kuznetsov, J. A. L. Silva, J. J. R. Fraústo da Silva, A. J. L. Pombeiro, Alkanes to carboxylic acids in aqueous medium: metal-free and metal-promoted highly efficient and mild conversions // *Chem. Commun.*, 2009, 0, 2353–2355

А.Р. Цыганов, академик, д-р. с.-х. наук (БГТУ. г. Минск),

А. Э. Томсон, доцент, канд. хим. наук,

Т.Я. Царюк канд. техн. наук (tsariuk9@mail.ru),

И.П. Фалюшина (Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск)

**ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ И ОСТАТОЧНЫЕ ПРОДУКТЫ
МАСЛЯНОГО ПРОИЗВОДСТВА ОАО «НАФТАН»
КАК КОМПОНЕНТЫ ЗАЩИТНЫХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Для защиты металлоизделий от коррозии на период их производства, транспортирования и хранения применяют консервационные масла и смазки, в качестве основы которых используют дистиллятные и остаточные масла различной химической структуры, а требуемый уровень функциональных свойств обеспечивается за счет введения в состав этих материалов защитных, противокоррозионных, вытесняющих, моющих, антиокислительных и других присадок, представляющих собой маслорастворимые поверхностно-активные вещества (ПАВ).

На ОАО «Нафтан» действуют установки по разгонке масляных фракций и термической деструкции нефтяного сырья: термического крекинга, висбрекинга и гидрокрекинга. Известно, что продукты переработки нефти, представляющие собой сложные смеси углеводородных и гетероорганических соединений, являются ценным источником естественных маслорастворимых ПАВ, к которым могут быть отнесены кислород-, серо- и азотсодержащие соединения, а также полициклические ароматические соединения, смолисто-асфальтовые вещества и т.д. Количество их различно и зависит от сырья, температурных условий переработки и пределов выкипания фракций. Количество гетероорганических соединений значительно возрастает с увеличением температуры кипения и молекулярного веса продуктов переработки нефти, причем основная масса их сосредотачивается в остаточных продуктах переработки. Высокое содержание в промежуточных и остаточных продуктах переработки нефти изопарафиновых углеводородов и гетероорганических соединений снизит введение в консервационные материалы защитных и загущающих компонентов.

Целью настоящей работы являлось исследование возможности использования промежуточных и остаточных продуктов масляного производства ОАО «Нафтан» в качестве компонентов защитных смазочных материалов.

Для исследования были выбраны погоны вакуумной дистилляции масляных фракций (ВД-1–ВД-4) и остатки процессов крекинга: термокрекинга, висбрекинга и гидрокрекинга (О-1–О-3).

Изучением химического состава объектов исследования установлено, что вакуумные дистилляты содержат 5–8% парафиновых, 27–39% парафино-нафтяных, 49–60 % ароматических углеводородов, а также 3–6% смол. С увеличением температур выкипания дистиллятов в их составе уменьшается содержание парафино-нафтяных углеводородов и возрастает количество ароматических и парафино-ароматических углеводородов, а также смолисто-асфальтовых веществ. Остатки крекинга содержат 81–95% углеводородов, в т.ч. 28–37% парафино-нафтяных и 53–61% ароматических углеводородов, а также 3,5–10,5% смол и 0,8–8,5% асфальтенов, причем если углеводородный состав остатков процессов крекинга отличается незначительно, то содержание смол и асфальтенов в зависимости от технологического процесса различается на порядок. Таким образом, показано, что вакуумные дистилляты и остатки крекинга содержат значительное количество ароматических углеводородов и смолисто-асфальтовых веществ, являющихся маслорастворимыми ПАВ, что позволяет рассматривать эти продукты в качестве компонентов консервационных материалов.

Оценка совместимости объектов исследования с минеральными маслами и углеводородными растворителями показала, что при нагреве до 40 °С они хорошо растворяются в этих средах, однако по физической стабильности, которую оценивали по интенсивности осадкообразования в течение 30 суток, существенно различаются. Установлено, что стабильность растворов вакуумных дистиллятов в минеральных маслах выше, чем в углеводородных растворителях, при этом она уменьшается с повышением температурных пределов выкипания фракций; растворы остатков крекинга (кроме О-3) более стабильны, чем растворы вакуумных дистиллятов. Повысить стабильность растворов вакуумных дистиллятов в минеральных маслах можно с помощью детергентно-диспергирующих присадок или применением масел с высоким содержанием естественных ПАВ.

Оценкой термоокислительной стабильности (окисление воздухом в течение 200 ч при температуре 100°С, характеризующей верхний температурный предел применения консервационных материалов) установлено, что вакуумные дистилляты и остатки крекинга также существенно различаются по этому показателю. Вакуумные дистилляты значительно менее стабильны, о чем свидетельствуют появление на пленках мелких включений продуктов окисления и возрастание их кислотных чисел после окисления в 2–3 раза по сравнению с исходными. У остатков крекинга, за исключением О-3, эти показатели изменяются незначительно.

Исследованием защитных свойств по ГОСТ 9.054-75 установлено, что с увеличением температурных пределов выкипания вакуумных

дистиллятов их защитная эффективность повышается, приближаясь к уровню товарного консервационного масла К-17, при этом дистиллят ВД-4 превосходит дистиллят ВД-1 в условиях воздействия сернистого ангидрида в 10 раз, а при постоянном погружении в электролит – в 7 раз (рисунок). Остатки процессов крекинга, за исключением О-3, равноценны между собой и по защитной эффективности в условиях воздействия сернистого ангидрида в 3 раза превосходят масло К-17, но в электролите уступают ему.

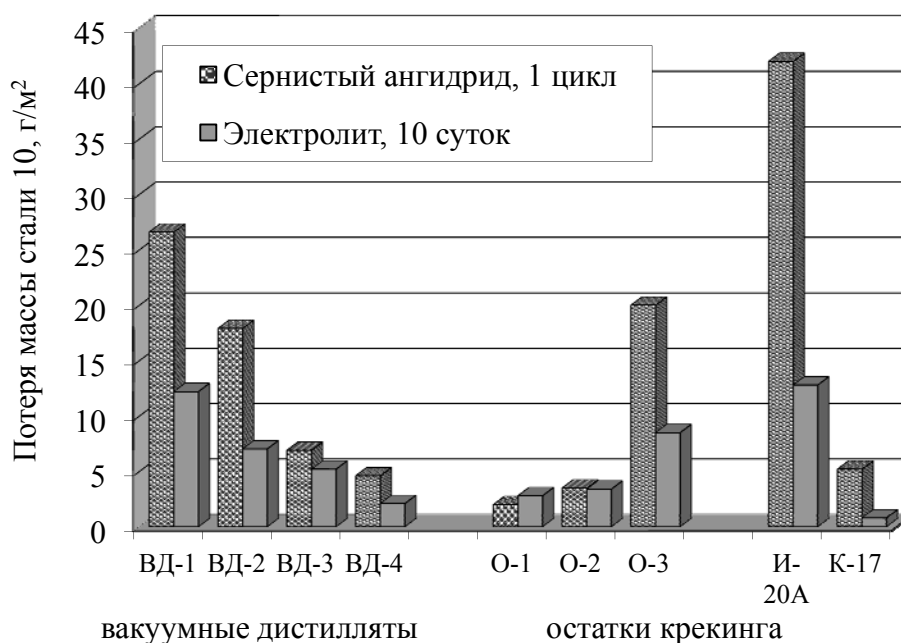


Рисунок – Защитная эффективность вакуумных дистиллятов и остатков крекинга

Анализ результатов исследования вакуумных дистиллятов и остатков крекинга показал, что они могут быть использованы в качестве базовых компонентов при создании консервационных и технологических смазок, различных мастик, защитных тонкопленочных покрытий. Однако при этом необходимо учитывать их термоокислительную стабильность, вязкостные и низкотемпературные характеристики (высокие температуры застывания объектов исследования).

Применение продуктов вакуумной дистилляции и крекинга масляных фракций в качестве компонентов консервационных масел и смазок позволяет расширить сырьевую базу производства этих материалов и снизить их стоимость. Полученные данные были использованы при создании консервационных и канатных смазок типа КС-У, нашедшим широкое применение, как в стране, так и в ближнем зарубежье.

Шрубок А. О., Хаппи Вако Б. Д., Степанович Ю. А.
(Белорусский государственный технологический университет,
г. Минск)

РЕГУЛИРОВАНИЕ СВОЙСТВ БИТУМНЫХ ВЯЖУЩИХ МАТЕРИАЛОВ ПОЛИМЕРНЫМИ ДОБАВКАМИ

Ужесточение требований к качественным показателям используемых материалов в строительстве гражданских и промышленных объектов привело к необходимости увеличения объемов производства и улучшения прочностных свойств и долговечности битумных материалов. В настоящее время одним из перспективных способов создания битумных материалов повышенной прочности и долговечности является введение в нефтяной битум высокомолекулярных соединений (эластопластов и полимеров) [1]. Введение различных полимеров в битум позволяет получать битумные материалы различного назначения и для разных климатических регионов. Однако возможность использования того или иного полимера ограничена его совместимостью с нефтяным битумом, сложностью равномерного распределения полимера в битуме, стабильностью получаемых композиций, стоимостью полимера и затратами на перемешивание полимера и битума [2]. Поскольку окисление нефтяного гудрона в битум протекает при высоких температурах (210–250°C) и в присутствии кислорода воздуха, то перспективным представляется способ создания битумных материалов, основанный на введении полимеров с кратными связями и функциональными группами, способных в условиях окисления к химическому превращению с компонентами нефтяного сырья, непосредственно в нефтяной гудрон, перед его окислением.

Ранее было показано, что введение в нефтяной гудрон до 20% мас. полимерного отхода – резиновой крошки, приводит к изменению соотношения вкладов реакций поликондсации и реакций окисления нефтяного остатка, что позволяет при незначительном снижении температуры размягчения битума существенно повысить его теплостойкость [3].

В качестве полимерной добавки в данной работе предлагается использовать низкомолекулярные полимерные отходы производства полиэтилена, образующиеся в ОАО «Нафтан» завод «Полимир». Введение низкомолекулярных полимерных отходов позволяет не только влиять на физико-химические свойства окисляемого сырья, но и решить проблему утилизации таких отходов.

Сырьем процесса окисления являлись тяжелые нефтяные остатки с температурой размягчения по методу кольца и шара 45°C, пенетра-

цией $95 \times 0,1$ мм. Окисление проводили на лабораторной установке при температуре 220°C и удельном расходе воздуха $1,0 \text{ м}^3/(\text{мин} \cdot \text{т})$ и продолжительностью окисления до 8 ч.

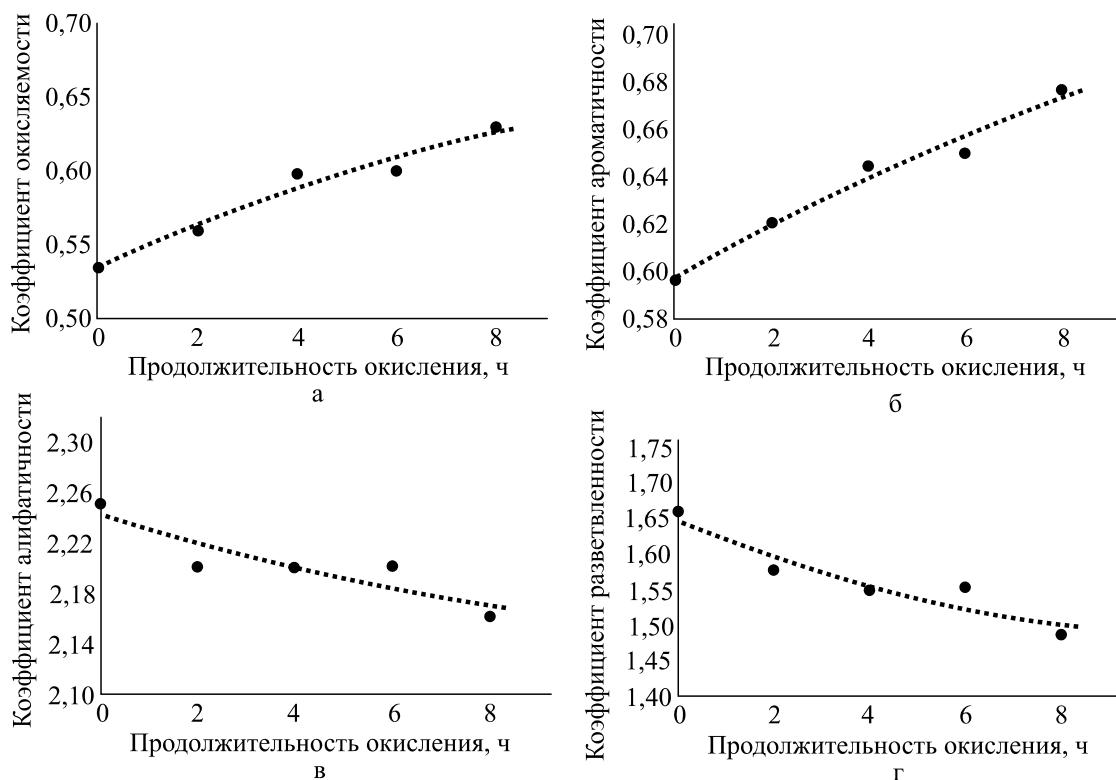
Установлено, что введение малых количеств полимерной добавки (до 2,0% мас.) не оказывает значительного влияния на температуру размягчения получаемого окисленного битума, однако увеличивает его пенетрацию и индекс пенетрации, что указывает на увеличении теплостойких и пластичных свойств получаемого битума и снижение его температурной чувствительности.

Увеличение количества полимерного отхода в сырье процесса окисления до 8% мас. привело к возрастанию температуры размягчения до 31%, пенетрации до 40%, индекса пенетрации до 98% при одинаковых условиях и продолжительности окисления. При этом, получаемые окисленные битумы обладают низкой температурной чувствительностью, а, следовательно, более высокой погодостойкостью по сравнению с традиционными битумами.

Изменение индекса пенетрации при введении полимерной добавки в нефтяное сырье свидетельствует об перестройке коллоидной структуры битума под действием добавки. Для оценки структурообразования в процессе окисления были проведены исследование структурно-группового состава проб битума методом ИК-спектроскопии. Изменение структурно-группового состава усредненной молекулы битума в процессе окисления определяли с помощью спектральных коэффициентов. Для усредненной молекулы битума оценивали содержание метиленовых групп (CH_2) по полосе поглощения 720 см^{-1} , метильных групп (CH_3) по полосе поглощения 1380 см^{-1} , сульфоксидных групп (SO) по полосе поглощения 1030 см^{-1} и карбонильных групп (CO) в области $1720\text{--}1700 \text{ см}^{-1}$ относительно ароматических связей $\text{C}=\text{C}$ -связей по полосе поглощения 1600 см^{-1} (рисунок).

Процесс окисления нефтяных остатков в присутствии полимерной добавки характеризуется увеличением количества ароматических структур и снижением количества алифатических структур и их разветвленность в усредненной молекуле битума. При этом, с увеличением количества полимерной добавки в нефтяном гудроне наблюдается возрастание окисленных и ароматических структур по сравнению с окислением по традиционной технологии (без полимерной добавки).

Таким образом, в работе показана возможность использования полимерных отходов – низкомолекулярного полиэтилена, для регулирования продолжительности процесса окисления и качественных характеристик получаемых окисленных битумов.



а – степень окисляемости; б – ароматичность;
в – алифатичность; г – разветвленность

Рисунок – Изменение структурно-группового состава усредненной молекулы битума в процессе окисления в присутствии 8 % мас. полимерной добавки

ЛИТЕРАТУРА

1. Гохман, Л. М. Битумы, полимерно-битумные вяжущие, асфальтобетон, полимерасфальтобетон / Л. М. Гохман. – М.: ЭКОН-ИНФОРМ, 2008. – 117 с.
2. Леоненко, В. В. Некоторые аспекты модификации битумов полимерными материалами / В. В. Леоненко, Г. А. Сафонов // Химия и технология топлив и масел. – 2001. – № 5. – С. 43–45.
3. Модификация свойств дорожных вяжущих полимерными отходами / О. В. Куис [и др.] // Труды Белорусского государственного технологического университета «Химические технологии, биотехнология, геоэкология». – 2017. – №2 (199). – С. 64–68.

Грушова Е.И. Карпенко О.В.

(Белорусский государственный технологический университет)

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ, РАСШИРЯЮЩИХ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОЦЕССА СТАТИЧЕСКОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ПАРАФИНОВ

В многотоннажных процессах нефтехимии – производстве синтетических жирных кислот, высших жирных спиртов, при получении восковых композиций разного состава и назначения- основным сырьем являются парафиновые углеводороды нормального строения, содержащие более 16–20 атомов углерода в молекуле. Получают такие углеводороды из нефтяного сырья методом депарафинизации дистиллятных и остаточных масел, т.е. при удалении высокоплавких компонентов из масляного сырья с целью снижения из температуры застывания, и последующем обезмасливании гачей и петролатума – побочных продуктов депарафинизации.

В промышленности наиболее широко для депарафинизации и обезмасливания используют процесс экстрактивной кристаллизации. Этот метод, основанный на использовании сольвента и температурных режимов, обеспечивающих образование кристаллов парафиновых углеводородов, позволяет перерабатывать масляное сырье любой вязкости, но при этом его реализация связана с большими капиталовложениями и эксплуатационными расходами. В этой связи исследования, направленные на интенсификацию процессов депарафинизации и обезмасливания актуальны и важны.

Эффективным методом обезмасливания гачей является процесс статической кристаллизации, который исключает применение сольвентов, не требует для реализации температурных режимов ниже 0°C [1]. Однако, чтобы целевой продукт по качественным параметрам соответствовал нормативным требованиям на парафины, например, марки Т,С необходимо подвергать обезмасливанию гач строго определенного фракционного состава, чтобы обеспечить протекание процесса в оптимальных условиях. Поэтому переработка данным методом высококипящих гачей вызывает определенные проблемы [2–4].

Поскольку гачи представляют собой гетерофазную систему, то предлагается для интенсификации процесса отделения твердых парафинов от масла использовать добавки органических веществ, обладающих сродством к жидкой фазе гача и/или меньшей вязкостью и, соответственно, локально воздействующие на интенсивность межмолекулярных взаимодействий как в жидкой среде, так и между компонентами жидкой среды и твердой фазы.

В данной работе в качестве активирующих добавок использовали как полярные растворители, так и нефтепродукты, представляющие собой смеси углеводородов различных классов. Расход добавок составлял от 0,5-30% в зависимости от природы реагента. Процесс обезмасливания и анализ получаемых продуктов проводили по известным методикам [2-4]. Согласно результатам выполненных экспериментов используемый в процессе статической кристаллизации технологический прием – введение в сырье обезмасливания активирующих добавок – позволил не снижая качества выделяемого парафина сократить продолжительность процесса обезмасливания на 1-2,5 часа, снизить температуру процесса, что должно положительно повлиять на технико-экономические показатели данной технологии.

ЛИТЕРАТУРА

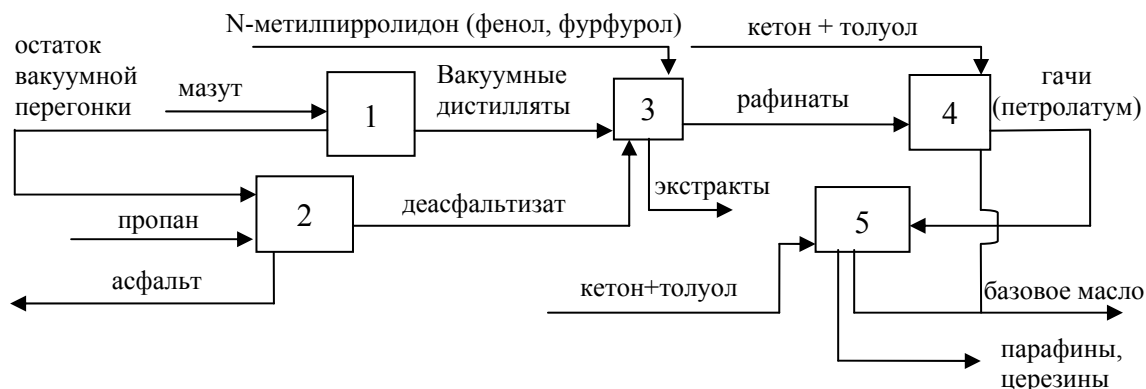
1. Карпенко, О.В. Современные технологии производства парафина / О.В. Карпенко, Е.И. Грушова, Н.А. Шинаренко // Тезисы 79-ой НТК профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, Минск, 2–6 февраля 2015 г. [Электронный ресурс] / отв за издание И.М. Жарский; “ УО БГТУ”-Минск: БГТУ, 2015-С.48.
2. Карпенко, О.В. Проблемы производства твердого парафина из нефтяного сырья методом статической кристаллизации/ О.В. Карпенко, Е.И. Грушова // Материалы МНТТ / Тюм. ГНГУ; отв. ред. П.В. Евтин-Тюмень: Тюм. ГНГУ, 2015-С.247-251.
3. Карпенко, О.В. Интенсификация процесса выделения твердого парафина из нефтяного сырья методом статической кристаллизации/ О.В. Карпенко, Е.И. Грушова // Труды БГТУ-2016-№4(186). – С.54–58.
4. Карпенко О.В. Интенсификация процесса выделения твердого парафина из нефтяного сырья методом статической кристаллизации / О.В. Карпенко, Е.И. Грушова // Сборник трудов XII Всероссийской научно-технической конференции “Актуальные проблемы развития нефтегазового комплекса России”. – М.: Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2018. – С.57–59.

Грушова Е.И., Аль-Разуки А.А., Ушева О.А., Алрашиди А.Р.
(Белорусский государственный технологический университет)

ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ЭКСТРАКЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ МИНЕРАЛЬНЫХ МАСЕЛ

В настоящее время на нефтеперерабатывающих заводах вместо экстракционных процессов в производстве минеральных масел все шире используют гидрогенизационные процессы [1,2]. Однако только традиционная технология получения базовых масел на основе нефтяного сырья, включающая различные варианты экстракции, позволяет наряду с маслами получить такие важные для народного хозяйства продукты как парафины и церезины.

Согласно схеме, представленной на рисунке, в производстве базовых минеральных масел реализуются различные варианты экстракционных процессов. Но поскольку производство масел из нефтяного сырья относится к числу сложных и дорогостоящих процессов, требующих больших энергетических затрат на реализацию стадий очистки и разделения методами экстракции, то весьма важным как с научной, так и с практической точек зрения, является совершенствование экстракционных процессов



1-вакуумная перегонка; 2-сольвентная деасфальтизация;
3- сольвентная экстракция; 4 - экстрактивная кристаллизация; 5 - обезмасливание
Рисунок – Блок-схема производства минеральных масел.

В данной работе представлены результаты мероприятий, направленных на совершенствование блоков 3,4 и 5.

Анализ данных, приведенных в работах [3,4], показывает что наименее затратным способом интенсификации экстракционных процессов является воздействие на экстракционную систему добавкой реагента – модификатора. По-видимому, при таком варианте решения

проблемы целесообразно использовать не только доступные с точки зрения цены и объемов производства реагенты, но и однотипные реагенты в различных блоках экстракционных процессов.

В данной работе представлены результаты по исследованию влияния добавки метил-третбутилового эфира (МТБЭ) к N-метил-пирролидону (блок 3) (таблица) и смеси ацетона с толуолом (блоки 4,5), выполненным по известным методикам [3,4].

Таблица 1 – Результаты селективной очистки вакуумного дистиллята ВД-2 (ОАО «Нафтан») при температуре 50°C и соотношении растворитель : сырье равном 3:1

Экстрагент (сольвент)	Выход рафината, мас.%	n_D^{50} рафината
N-метилпирролидон	15,6	1,4750
N-метилпирролидон + 3 мас.% МТБЭ	13	1,4735
N-метилпирролидон + 5 мас.% МТБЭ	13,4	1,4730

Установлено, что добавка МТБЭ к сольвенту в процессе селективной очистки, и к сольвенту, в среде которого протекает кристаллизация парафина, повышает селективность экстракционных процессов очистки и разделения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусакова Ж.Ю. Гидрооблагораживание масляных фракций с использованием каталитической гидродепарафинизации и гидроочистки: автореф, дис. канд. техн. наук: 05.17.08, 05.17.07 / Ангарская техн. акад. Ангарск, 2007. – 22 с.
2. Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа / С.А. Ахметов [и др.]. – СПб: Недра, 2006. – 868 с.
3. Совершенствование технологии получения базовых минеральных масел и парафинов / Е.И. Грушова [и др.] // Труды БГТУ. Химия, технология органических веществ и биотехнология. №4 (177) 2015. – С. 121–125.
4. Растворитель для депарафинизации рафинатов, выделяемых из масляных дистиллятов нефти / Е.И.Грушова [и др.]//Труды БГТУ, серия 2.-201. –№2(199). – С.60-63.

Амир Немах Мохаммед, аспирант кафедры добычи нефти,
газа и конденсата НТУ «ХПИ»,
Донской Дмитрий Федорович, доцент кафедры добычи нефти,
газа и конденсата НТУ «ХПИ» (e-mail: dfdonsky@gmail.com),
Нестеренко Сергей Викторович- доцент кафедры химии ХНАМГ,
(e-mail: nester.hnamg@gmail.com)

ЛАБОРАТОРНЫЙ ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОЦЕНКИ РИСКОВ РАЗРУШЕНИЯ МАТЕРИАЛА ОБСАДНОЙ КОЛОННЫ ПРИ КОРРОЗИОННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ.

Наращивание добычи углеводородного сырья в настоящий момент уже невозможно без увеличения глубины бурения до (5000-6000м), что с одной стороны, увеличивает стоимость строительства скважин, а с другой предъявляет более высокие требования к прочности их конструкции, особенно для наклонных скважин /1,2 /. Технология ремонта обсадных колонн на больших глубинах по стоимости сопоставима с бурением новой скважины.

Актуальной проблемой, таким образом, является разработка лабораторного экспресс-метода оценки результата влияния различных факторов негативного (стрессового) воздействия на конструкционный материал обсадной колонны.

При совместном наложении механического и химического воздействия фактор коррозии может быть определяющим для проектирования конструкции наклонных глубоких нефтяных и газовых скважин, работающих в сложных геологических условиях.

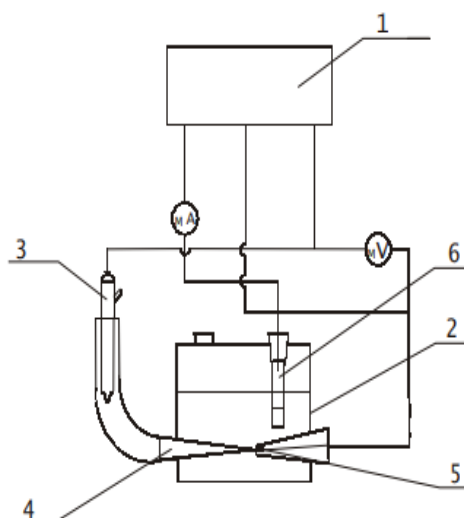
В качестве агрессивных химических факторов для условий месторождений Ирака могут быть:

1. Анионы пластовой воды (H^+ , Cl^- , I^- , Br^- , SO_4^{2-} , S^{2-} , HS^-);
2. Агрессивные газы, растворенные в пластовой воде (CO_2 , H_2S).

Задачей настоящей работы было разработка лабораторной экспресс-методики оценки рисков коррозионного разрушения материала обсадной колонны в лабораторных условиях и проведение предварительной оценки влияния различных факторов коррозии на конструкционные материалы, применяющиеся для строительства нефтяных и газовых скважин.

Коррозионную активность пластовой воды предлагается определять потенциометрическим методом, на базе потенциостата EP-20 А, автоматически управляемого программой с помощью компьютера, основные характеристики которого приведены ниже (табл.1), а схема приведена на рис. 1. Прибор состоит с блока питания ($\pm 5V$, $+3.3V$), платы с микроконтроллером EFM8LB12F64 (SiliconLabs) с интегриро-

ванным 14-разрядным аналого-цифровым преобразователем (ADC), который обеспечивает измерение напряжения и токов, 16-разрядным цифроаналоговым преобразователем (DAC8581), операционными усилителями согласования уровней, а также адаптера COM-USB для обмена данными с компьютером.



- 1 – потенциостат (EP 20A);
 2 – трехэлектродная электрохимическая ячейка;
 3 – хлорсеребряный электрод сравнения (по ГОСТ 17792-72);
 4 – капилляр Лuggина; 5 – исследуемый электрод (графитовый)

Рисунок 1 – Принципиальная схема установки для снятия потенциодинамических поляризационных кривых

Таблица 1 - Основные технические характеристики прибора

Диапазон выходных напряжений потенциала	$\pm 4 \text{ V}$
Диапазоны исходных напряжений	
- вход измерения потенциала(V)	$\pm 4 \text{ V}$
- вход измерения тока V(I)	$\pm 1 \text{ A}$
Исходное сопротивление	10^7 Ohm
Ошибка установки измерения напряжений	$\leq 0.1 \%$
Дискретность измерения напряжений	$\sim 0.125 \text{ mV}/0.1 \text{ mV}$
Скорость линейной развертки потенциала	$1 \text{ mV/s} - 100 \text{ mV/s}$

Измерения проводили в стеклянной трехэлектродной ячейке с разделенными электродами при свободном доступе кислорода в ячейку (рис.2). Значения на электродных потенциалах измерялись относительно насыщенного хлорид серебряного электрода $E_0 = -0,222 \text{ В}$.

В качестве вспомогательного электрода использовали платиновую пластинку, рабочим электродом служил образец испытываемой стали. Ток коррозии определяли из анализа поляризационных кривых, передающих взаимосвязь между электродным потенциалом стального электрода и плотностью тока растворения стали при поляризации от внешнего источника постоянного электрического тока. Плотность коррозионного тока пропорциональна скорости коррозии металла в исследуемой среде, которую определяли экстраполяцией Тафелевских участков на полученных поляризационных кривых до значения потенциала свободной коррозии. Скорость коррозии металла в исследуемом растворе определяли по формуле:

$$K_m \left[\frac{\text{г}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}} \right] = \frac{i \cdot A}{n \cdot 2,68 \cdot 10^{-2}}, \quad (1)$$

где A – атомная масса железа; n – число электронов, которые принимают участие в электрохимической реакции; i – плотность тока коррозии, А/см^2 .



Рисунок 2 – Установка для моделирования технологических условий протекания коррозионных процессов в скважине: слева- электрохимическая трехэлектродная ячейка, справа – устройство для аэрации агрессивной среды различными газами.

Результатом измерения является циклическая вольтамперограмма образца испытываемого образца стали марки 40Х (рис. 3) в модельной пластовой воде (табл. 2) с последующим расчетом скорости коррозии (табл. 3).

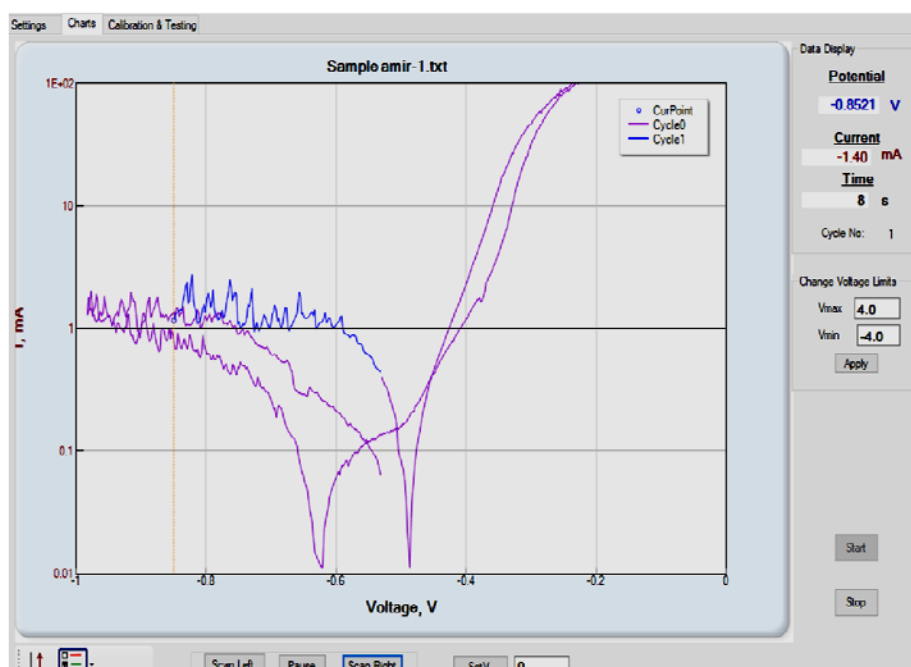


Рисунок 3 – Циклическая вольт-амперо-грамма стали 40Х в модельной пластовой воде нефтяного месторождения Ирака при 25°С и аэрацией CO₂

Таблица 2 – Характеристика модельной пластовой воды, мг/л (pH=6,2)

Общая минерализация	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
257207	10900	3486	83872	158596	408	163

Таблица 3 – Результаты поляризационных измерений скорости коррозии стали 40Х в пластовых водах месторождения Ирака (25°С)

Коррозионная среда	Вк, мВ	Ва, мВ	I _{кор} , mA/см ²	Ск, мм/год
Пластовая вода	240,8	64,8	0,09	1,12
Пластовая вода с продувкой CO ₂	210,0	60,8	0,19	2,34

Выводы.

1. Предложена лабораторная экспресс-методика на основе потенциостатического определения скорости коррозии, позволяющая моделировать коррозионное поведение конструкционных материалов в производственных условиях.

2. Проведены испытания, в которых изучалось влияние углекислого газа на коррозионную стойкость стали 40Х. Установлено, что CO₂ резко усиливает коррозионный процесс (в наших экспериментах скорость коррозии увеличилась в два раза).

3. Потенциостатические исследования показали что скорость коррозионного процесса стали 40Х в модельных пластовых водах нефтя-

ного месторождения Ирака определяется преимущественно стадией анодной реакции ионизации металла т.е. коррозионный процесс протекает с катодным контролем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амир Немах Мохаммед. Пути решения проблемы разрушения обсадных колонн во время бурения. Геологія нафти і газу: матеріали міжвузівської науково-практичної конференції студентів і аспірантів (м. Харків, 16-17.05.2017) -Х.: ХНУ ім.В.Н.Каразіна, 2017-98с.

2. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доп. XXVI Міжнародної науково-практичної конференції MikroCad-2018, 16-18.05.2018. 4т. Т.ІІ за ред. проф. Сокола Є.І. -Х. : НТУ «ХПІ» 332с. (Доповідь Амир Н.Мохаммед, Донской Д.Ф. Изучение влияния параметров бурения на степень износа обсадной колонны.)

Ахмедярова Г., Насырова Дж., Аннадурдыева Г.
(г. Ашхабад, Международный университет нефти и газа)

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ МИКРОБНОЙ ДЕСТРУКЦИИ НЕФТИ

По величине разведанных запасов и перспективных ресурсов углеводородов Туркменистан занимает одно из ведущих мест в мире. Запасы и ресурсы углеводородов сосредоточены в недрах суши Туркменистана и в подземных кладовых Туркменского сектора Каспийского моря [1]. Ежегодный рост их добычи, переработки и транспортировки обуславливают необходимость разработки мероприятий по оценке негативного влияния нефтяного загрязнения на окружающую среду, поиск путей решения проблемы по снижению техногенного влияния на природу на всех этапах работ.

Среди мер, предпринимаемых с целью очистки окружающей среды от загрязнений, важное место занимает интенсификация методов микробной деструкции нефти. При этом предполагается активизация не только аборигенной микрофлоры на месте загрязненных объектов, но и внесение биопрепаратов, содержащих штаммы активных нефтедеструкторов.

Для целью поиска эффективного метода решения данной проблемы были проведены лабораторные исследования по изучению количественного и качественного состава аборигенных углеводородокисляющих микроорганизмов, а также по определению их биоактивности. Для этого были взяты пробы почв и образцы сточных вод с территорий нефтедобычи и нефтепереработки Западного Туркменистана.

Известно, что в полученных образцах присутствуют микроорганизмы различных систематических групп [2]. Для выделения из образцов необходимых для работы углеводородокисляющих микроорганизмов и получения на их основе накопительной культуры в колбы с подготовленной элективной питательной средой, содержащей 1 % сырой нефти, внесли небольшое количество почвенной суспензии, и полученные образцы инкубировали в течении пяти дней. Наличие в среде смеси углеводородов в качестве единственного источника углерода, и аэробные условия способствовали росту и развитию нефтеокисляющих микроорганизмов [2]. При получении накопительной культуры микроорганизмов было обнаружено, что в колбе с почвенной суспензией происходит разложение нефти, а в контрольном образце (без их добавления) нефть обнаруживается в неизменном состоянии.

Пробу, где наблюдалось активное разрушение нефтяной пленки в течение всего периода культивирования, использовали для количест-

венного подсчета клеток и в дальнейшем для получения чистой культуры углеводородокисляющих микроорганизмов. Метод предельного разведения пробы с последующим высевом на мясопептонный агар и подсчета колоний с помощью цифрового счетчика позволил установить численность гетеротрофных бактерий. В результате максимальное количество микроорганизмов наблюдается на третий день после начала культивирования, что составляет по оптической плотности 0,45 соответствующей численности бактерий $3,45 \cdot 10^8$ кл./мл.

Таким образом, показано, что разрушение углеводов нефти протекает за счет биологического окисления и активности участвующих в окислении микроорганизмов, а максимальная численность бактерий совпадает с периодом интенсивного разложения нефтяной пленки в исследуемых образцах. Кроме этого, культивируемый в термостате материал показал наличие двух доминирующих типов колоний микроорганизмов - представителей родов *Pseudomonas* и *Bacillus*. Их морфологические, культуральные и физиологические свойства были всесторонне изучены, а сам материал был использован для проведения лабораторных экспериментов по изучению биоокисления нефти и некоторых видов нефтепродуктов, а также исследованию влияния факторов окружающей среды с целью управления эффективностью процесса.

Биодеструкции подвергали товарную нефть месторождения Экерем и нефтепродукты Туркменбашинского нефтеперерабатывающего завода, такие как бензин, дизельное топливо и индустриальное масло. Химический состав нефти данного месторождения составляют на 71 – 84 % легкие углеводороды, на 4,7 - 13,9 % ароматические и около 1,8 - 2,1 % углеводороды тяжелых фракций [3].

В колбы с приготовленными растворами на основе нефти и нефтепродуктов были введены чистые культуры бактерий, которые культивировали в термостате в течение двух недель при температуре 30 °С. В результате данных исследований с помощью метода флуориметрии было установлено, что внесение углеводородокисляющих микроорганизмов по сравнению с контрольными образцами существенно повышает (от 50 % до 80 %) процесс биоокисления нефти и нефтепродуктов. Интенсивная деструкция углеводов наблюдается в среде с бензином, поскольку он состоит в основном из легких фракций.

Для повышения эффективности разложения углеводов нефти и оптимизации технологических параметров процесса были проведены научные исследования по установлению факторов, влияющих на их активность микроорганизмов [4]. Среди них температура, содержание свободного кислорода в рабочей среде и влияние биогенных элементов.

Нашими исследованиями показано, что оптимальный температурный интервал для роста и развития используемых углеводородо-кисляющих микроорганизмов является 23 °С – 28 °С. Установлено, что при указанных температурных показателях углеводороды разрушаются с эффективностью 70 % – 90 %.

Как известно, принудительная аэрация ускоряет рост численности углеводородокисляющих микроорганизмов, и это отражается на эффективности деструкции нефтепродуктов [4]. Проведенные опыты показали, что происходит увеличение степени окисления товарной нефти до 75 %, бензина до 79 %, дизельного масла до 69 % и промышленного масла до 60 %.

Для увеличения скорости разложения углеводородов нужно максимально устранить факторы, ограничивающие рост микроорганизмов. К таким факторам относится недостаток биогенных элементов, в первую очередь азота и фосфора. Применение азотно-фосфорных удобрений является наиболее распространённым и доступным способом стимуляции нефтеразрушающей микрофлоры [4].

В результате проделанных экспериментов по оптимизации условий выращивания углеводородокисляющих микроорганизмов и определению соотношения биогенных элементов, необходимых для роста микроорганизмов, можно сделать вывод, что соотношение биогенов азота и фосфора, равное 5 : 1, стимулирует рост биомассы популяции микроорганизмов. Под их влиянием достигается максимальный рост численности углеводородокисляющих микроорганизмов до 207 млн кл./мл. При изменении соотношения в сторону увеличения биогенов происходит угнетение роста популяции микроорганизмов за счёт образования токсических соединений и накопления нитратов, что приводит к снижению численности нефтеокисляющих бактерий до 13,8 млн кл./мл. Принимая во внимание этот факт, можно целенаправленно оптимизировать процесс очистки, полностью удовлетворяя потребности углеводородокисляющих микроорганизмов в содержании в среде компонентов азотно-фосфорного питания и не допускать накопления избытков удобрений в окружающей среде.

Таким образом, было установлено, что при создании определенных условий углеводородокисляющие микроорганизмы с высокой эффективностью способствуют разложению углеводородов нефти и нефтепродуктов. Этот метод является экологически безопасным и не требует значительных затрат энергии и средств, что существенно расширяет возможности его применения. Так, биотехнологический метод рекомендуется применять для очистки от нефтяного загрязне-

ния почв, открытых водоемов, промышленных сточных вод, а также резервуаров нефтяных отходов и нефтешламов.

Как видно из вышесказанного, использование данного метода для ликвидации нефтяного загрязнения имеет несомненное преимущество вследствие своей универсальности и включает в себя комплексный подход в решение проблемы ликвидации загрязнений, переработки отходов и рекультивации земель.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Türkmenistanyň nebitgaz senagatyny ösdürmegiň 2030-njy ýyla çenli döwür üçin Maksatnamasy». Aşgabat, 2006.
2. Градова Н.Б., Бабусенко Е.С. Лабораторный практикум по общей микробиологии. РХТУ им. Д.И.Менделеева. М., 1998.
3. Нефти СССР (справочник в 4-х томах). Том IV. Нефть Средней Азии, Казахстана, Сибири и о. Сахалин. М., Химия, 1974.
4. Методы почвенной микробиологии и биохимии. Под ред. Д.И.Звягинцева. М., из-во МГУ, 1991.

Гелдиев Х.А.,
(г. Ашхабад, Международный университет нефти и газа)

ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ ТУРКМЕНИСТАНА

Как известно, Туркменистан располагает огромными ресурсами углеводородных и минеральных полезных ископаемых. Важную роль в дальнейшем укреплении экономической мощи независимого Туркменистана играет газовая и нефтяная промышленность, ставшая приоритетной отраслью экономики страны.

Огромное внимание ее развитию уделяет Президент Туркменистана Гурбангулы Берdimухамедов. Глава государства оказывает весомую поддержку национальным предприятиям и научным учреждениям, направляя на их развитие огромные инвестиции. Широкомасштабные планы, нашедшие отражение в программе “Развитие нефтегазовой промышленности Туркменистана на период до 2030 года”, решаются в тесной связи науки, высшего образования и производства. Ученые и специалисты ведут постоянную кропотливую работу по успешной реализации огромного потенциала природных ресурсов страны. Это обуславливает развитие быстрыми темпами газо- и нефтехимической промышленности. Осуществляются широкомасштабные работы по увеличению объемов производимого газа, нефти, строительству новых трубопроводов, поставки сжиженного газа, развитию перерабатывающей промышленности углеводородного сырья. В настоящее время диверсификацией топливно-энергетических и газохимических отраслей природный газ по трубопроводам отправляется в Китай, Россию, Иран, идет строительство газопровода “Туркменистан-Афганистан-Пакистан-Индия” (ТАПИ), благодаря чему достигается развитие высокими темпами национальной экономики страны. Вместе с тем, известно, природный газ и нефть являются ценным сырьем для получения различных химических продуктов путем их комплексной переработки, за счет создания новых отраслей газо- и нефтехимической промышленности. В результате достигается удовлетворение внутреннего рынка на эти продукты, а также осуществление их экспорта, укрепление экономических связей с зарубежными странами.

В частности в местечке Киянлы в Балканской области завершается строительство крупного газохимического комплекса по производству из природного газа **386 тыс. тонн** полиэтилена, **81 тыс. тонн** полипропилена в год. Эти же продукты будут производиться в ближайшем будущем и на других предприятиях в большом количестве. В Ахалской области также завершается строительство завода по про-

изводству из природного газа бензина марки А-92 в объеме **600 тыс. тонн** в год. В ближайшем будущем предусматривается производство бутadiен-стирола, каучука, полистирола, поливинилхлорида, метанола, метилэтаноламина, карбамидного формальдегида. Разрабатывается комплекс мероприятий по увеличению мощностей нефтеперерабатывающих заводов страны. Здесь планируется создание установок по очистке дизельного топлива, каталитической изодепарафинизации, крекингу каталитических мазутов, очистке вторично используемых бензинов, производству водорода и др.

Как известно, основной компонент природного газа – метан служит сырьем для производства карбамида – ценного азотного удобрения. Поэтому в стране построены ряд крупных карбамидных заводов. Из них самым мощным является завод в п.Карабогаз, годовой производительностью 1 млн. 155 тыс. тонн готового продукта. Кроме того, сера, получаемая при очистке природного газа самого крупного месторождения Галкыныш (Возрождение), идет для производства у себя серной кислоты и на экспорт. Все эти новые производства строятся с участием передовых зарубежных компаний с внедрением современной инновационной техники и технологий. Естественно, для успешного управления и эксплуатации этих производств, требуются инженерно-технические кадры, отвечающие высоким квалификационным требованиям сегодняшнего дня.

В связи с этим, в 2012 году в Ашхабаде открыт Международный университет нефти и газа. Он представляет собой комплекс учебных корпусов с учетом специфики обучения и выполнения научно-исследовательских работ и оснащен самыми современными техническими средствами и учебным оборудованием. Его общая территория составляет 30 гектаров и включает в себя 18-этажный главный административный корпус оригинальной конструкции, 5 учебных зданий факультетов и имеет в г.Балканабаде, нефтяном крае страны еще один факультет. В них готовятся инженерно-технические кадры и бакалавры для нефтегазовой отрасли по различным современным специальностям. Все лабораторные помещения оснащены самым современным оборудованием промышленно развитых зарубежных стран. В университете готовятся специалисты по геологии, добыче, разработке и переработке нефти, природного и попутного газа, газового конденсата, бурению разведочно-поисковых и эксплуатационных скважин, транспортировке углеводорода по трубопроводам, строительству газокompрессорных станций, нефтегазовых сооружений, технологии химической переработке нефти и газа, электро- и теплоэнергетике, машины и оборудования нефтегазового комплекса, промышленной экологии,

экономике и управлению, информатике и вычислительной технике и другие. Университет имеет центр информационных технологий, связи с отраслевыми и академическими научными учреждениями Туркменистана. Это – научно-исследовательский Институт нефти и газа, Институт геологии, Проектный институт в г.Балканабаде, академические – Институты химии, Солнца, сейсмологии, сейсмостойкого строительства АН Туркменистана. В них созданы базовые кафедры по проведению совместных учебных занятий и научных исследований, выполнения курсовых и дипломных работ. Для достижения мирового уровня по подготовке квалифицированных национальных кадров осуществляется сотрудничество с ведущими зарубежными научно-образовательными, инженерными центрами на основе межгосударственных соглашений о научно-техническом сотрудничестве, а также прямых договоров с зарубежными ВУЗ-ами.

В настоящее время университет заключил трехсторонний Меморандум с технологическим университетом “Petronas” (Малайзия), с компанией “Total” (Франция), поддерживает отношения с Университетом нефти и газа в городе Плоешти (Румыния), Российским Государственным Университетом нефти и газа имени И.М.Губкина, Белорусским государственным технологическим университетом, Белорусским национальным техническим университетом, Ташкентским государственным техническим университетом имени И.Каримова и другие. Согласно договоренности, ведущие зарубежные ученые проводят лекции, ведут совместную научную деятельность. В университете обучаются студенты из Афганистана. Университет был принят в Объединение международных университетов, включающих в себя высшие учебные заведения более чем из 150 стран. Студенты университета регулярно участвуют и получают медали в Международной открытой Интернет олимпиаде, активно работает Совет молодых ученых. Молодые ученые и студенты занимают призовые места на конкурсах, проводимых ежегодно среди молодых ученых и студентов Туркменистана.

Университет поддерживает тесную связь с производством, на предприятиях Государственных концернов “Туркменнебит”, “Туркменгаз” и “Туркменхимия”, где студенты проходят производственную, преддипломную практику.

Успешно осуществляется инновационная деятельность, т.е. внедрение новых образовательных технологий, которая включает в себя следующие направления: совместные научные работы с участием студентов, аспирантов, преподавателей и ученых отраслевых НИИ и Академии наук; создание в них базовых кафедр; образование студен-

ческой инженерной академии, организации межвузовских видео телевизионных лекций, активное участие в Интернет олимпиадах и другие. В университете создан “Банк знаний”, где собраны учебники, пособия, подготовленные преподавателями. Для пользования им создана локальная сеть, что позволяет пользоваться дистанционной видеосвязью. Созданы электронная библиотека в главном корпусе и во всех общежитиях. Благодаря этим связям студенты получают дополнительные знания, способствующие расширению кругозора, освоению навыков научной деятельности. Интеграции науки в образовательный процесс способствует применению информационных технологий, поэтому в университете имеется Центр информационных технологий, который ведет активную работу по разработке электронных учебников, организации телеконференций и дистанционного обучения, Интернет олимпиад.

Научная специализация осуществляется путем организации научных кружков молодых ученых, специальных семинаров. Студенты выступают с докладами на семинарах, выполняют курсовые, дипломные проекты и работы, часто являющиеся составной частью важных научных работ. Лучшие студенческие работы печатаются в научных журналах и сборниках. В связи с тем, что в стране многие газо- и нефтехимические предприятия строятся с участием специалистов иностранных компаний, в университете ведется изучение студентами английского, китайского, японского и русского языков. Обучение по некоторым специальностям на бакалаврских курсах ведется на английском языке.

Университет располагает современной научной библиотекой с фондом в 500 тыс. томов специализированной учебной и научной литературы с дополнительными читальными залами на каждом факультете. В фондах библиотеки имеются зарубежные книги, научные журналы, библиографические, справочные, графические и другие материалы. Библиотека поддерживает связи с библиотеками США, России, Турции и других зарубежных стран, а также с библиотеками внутри страны в соответствии с планом учебной, научной и идейно-воспитательной работы университета.

Всестороннее и гармоничное развитие личности немислимо без занятий физкультурой и спортом. Поэтому в университете физическому воспитанию и спортивной подготовке студентов уделяется большое внимание. Имеется современный спортивный комплекс с плавательным бассейном, стадион с игровыми полями, тренажерный зал и другие. Студенты активно участвуют в различных спортивных состязаниях и регулярно занимают призовые места.

В университете студенты занимаются в кружках художественной самодеятельности и в других культурно-массовых мероприятиях. Имеется студенческий танцевальный ансамбль “Гара алтын” (“Черное золото”). В университете для студентов созданы все необходимые бытовые условия. В частности, имеются построенные по квартирному типу благоустроенные общежития, столовая, буфеты на каждом факультете.

Имеются оборудованная современной техникой механическая мастерская, автомобильный парк, специальные складные помещения для хранения химических и других материально-технических средств.

В целом, в университете созданы все необходимые современные условия для подготовки высококвалифицированных специалистов по всем направлениям бурно развивающегося нефтегазовой отрасли Туркменистана.

Nikolai Siniak¹, Asst. prof, PhD; Andrey Kasperovich², Asst. prof, PhD;
Sergey Shavrov², Asst. prof, PhD; Ninoslav Marina¹, Prof., PhD.,
(¹University of Information Science and Technology "St. Paul the Apostle", Macedonia
²Belarussian State Technological University, Belarus)

INDUSTRY 4.0 AND FUTURE OF INDUSTRIAL PETROCHEMISTRY

1. Introduction

The concept of smart sustainable development and inclusive growth are rapidly gaining in importance and relevance as they are seen as vital contributors to addressing the pervasive and challenging social-economic issues of the 21st Century [1]. A fully functioning smart territorial development is the most important factor to enhance the economy of countries in the European and other regions and promote long-term sustainable development and growth [2]. Growth involves numerous aspects that should be based on knowledge and innovation (smart growth) and must include a complex of others aspects: promoting a more resource efficient, greener and more competitive economy (sustainable growth), fostering a high-employment economy delivering social and territorial cohesion (inclusive growth). Industry 4.0 has the potential to improve productivity and competitiveness, increase energy and resource efficiency and effectiveness and hence to protect the environment and provide opportunities for developed and developing countries to achieve economic growth and sustainable development in line with the 2030 Agenda for Sustainable Development. [3]. This also include new innovative approaches to development of the circular economy; the role of strategic partnerships; the role of agreed standards for the exchange of data and components in the digital ecosystem; data security and privacy issues; loss of jobs; and digital gaps. The physical components of production and service systems are being transformed by smart, digital networking into cyber-physical systems (CPS), allowing for the management of processes in real time across great distances and customized products and services [4]. Major challenges for businesses in the Industry 4.0 environment are mass customization, effective and efficient supply chain, getting timely information of customer needs and wants, smart work environment, and the right combination of products. Industry 4.0 requires better management of products, just in time production, and a more efficient time to market [5]. No doubt, these are very challenging and real issues for Industry 4.0, but most studies only discuss the technological aspects and focus on only manufacturing firms, but ignore the petrochemistry. This study addresses these issues by considering the Industry 4.0 concept and its impact on the petrochemistry industry. The concept of Industry 4.0 is very useful for the petrochemistry industry, as personalized service, efficient

supply and value chain, agility, smart work environment, use of big data for up to date information of customer preferences, highly customized services at lower cost, and digital enhancement can really affect the customer satisfaction, loyalty, and the perceived product quality.

2. Digital technologies in petrochemistry industry.

How exactly petrochemistry industry has been changing by innovative technologies? Here it is several examples bellow.

1. E-Government Technologies. These technologies have been currently considered as means of improving services and reducing costs of administrative procedures in different fields, levels of organizational processes by streamlining and re-organizing operating procedures saving time and increasing the transparency, effectiveness and efficiency in the public sector [6]. They make an essential change in the whole society structure, values, culture and the ways of conducting business by utilizing the potential of ICT as a tool in the daily work. Advantages and benefits of e-government implementation are the same for both developed and developing countries [7]. E-government applications allow people, businesses, and government sectors to access to available government information 24 hours a day, 7 days a week, which improves the quality of these services. Specialized platforms, receiving the name of the PPGIS-public participation GIS/PPSS-The Public Participation support system, have provided a lot of new optimization features the best decision-making the use of certain areas with the assistance of volunteers on the principles of crowdsourcing and even crowdfunding [8, 9].

2. Digital design technologies. Digital and innovative technologies in countries can be divided in several areas: Virtual reality and simulation technology, Enhanced design software, Project and cost management tools, Smart manufacturing platforms and artificial intelligence, workforce management solutions, material innovation, material sourcing platforms, project finance and investment platforms.

3. Search, Sale & Acquisition technologies. Companies in this category are focused on the tools, processes and business models for searching, marketing and acquiring new materials and products.

Blockchain offers an open source, universal protocol for property buying, conveyancing, recording, escrow, crowdfunding, and more. It can reduce costs, stamp out fraud, speed up transactions, increase financial privacy, internationalize markets. They have already been used to resolve disputes, reaching consensus without the involvement of any intermediary, implementing legal relations through the smart contracts.

4. Leasing & Management. Companies in this category are focused on the tools, processes and business models used for the leasing and manage-

ment in petrochemistry industry. Examples Include: Auto consulting Technologies, List and search services, Peer-to-peer leasing, Inspection management software, Transaction management software, Internet of things, Lease and revenue management software, Smart production platforms and artificial intelligence, In-venue marketing technologies, Broker back-office and infrastructure, CRM and lead management solutions, Product marketing and sales solutions including smart marketing and marketing automation.

Unlimited users auto consulting technologies for execution of business processes in petrochemistry industry. These transformation in-the-cloud technologies into mobile applications allow feel managers as a people without special education.

Internet of things Technologies IoT. Things, chatting with each other, make a decision and replace service managers [10]. For service management, IoT offers the possibility to understand in real-time what is happening throughout every aspect and component of a building and its operation, and can provide valuable contextualized data for analytics. The ‘golden egg’ for service management is the attainment of predictive instead of reactive maintenance to reduce downtime of equipment and aid efficient labour management, amongst other benefits. This allows a service management professional to identify and make informed decisions on how to ensure their equipment are operated and maintained to optimal efficiency. Acting on the knowledge gathered and analysed through IoT can help encourage a reduction in operational and maintenance costs, lower energy use leading to lower emissions, promote building user well-being and stimulate demand for further IoT technological advancements.

Across all of the categories above, Data & Analytics tools and Sustainability focused innovation are also having a significant impact. The following section expands upon both of these additional categories and lists examples of the technology solutions being developed in each category.

5. Data & Analytics. Companies in this category are focused on developing tools designed to identify, collate and analyse relevant data to enhance operational efficiency, inform decision making and improve the experience of participants across the all stages of petrochemistry industry. Examples Include: 1. Big data aggregation and management tools 2. Information crowd sourcing tools 3. Content, data and information portals 4. Tenant and visitor in-venue experience and engagement solutions 5. Tenant and visitor in-venue loyalty, transaction and value add solutions 6. Automatic business valuation Technology.

6. Sustainability. Companies in this category are focused on developing tools and materials designed to: 1. Enhance building sustainability, 2. Enhance environmental sustainability, 3. Improve energy efficiency outcomes.

Industry 4.0 aims at digitalization all the value chain, beyond 2030 the world will evolve towards a complete digital ecosystem that encompasses the integration of research, production, services, marketing, and sales in a fully integrated digital system.

Mackinsey Global Institute (MGI) employed a simple model for assessing digitalization of USA industry based on 3 broad categories namely Digital assets (Computers, servers, networks and software), Digital usage (Usage in the form of transactions, customer and suppliers interactions together with internal processes using digitization) and Digital workers (The degree to which digital tools are put in the hands of employees to ramp up productivity) with 27 sub-indicators [11]. Digital usage and Digital workers were found to make the most crucial difference for increase of efficiency.

The most digitally advanced industry sectors were found to be in ICT, media, finance, and professional services—no surprises there, especially for the early-adopting technology sector, which more often than not acts as a digital pathfinder. Many industries are in the early stages of digitization with plenty of room for growth. The petrochemistry industry is in the early stages of digitizing and connecting their physical assets and a good example of an industry that could be at the forefront of future digital expansion.

Some sectors are highly digitized at one end of the scale, but have a large workforce that uses only basic—or sometimes no—digital technology, ultimately slowing the overall pace of digital adoption.

Industries that are both local and labor-intensive (construction, leisure, hospitality) tend to have low digital usage, especially in their customer transactions.

Government, while having the greatest share of GDP and the highest share of employment, rated poorly across all three digitization categories. This should not come as a great surprise given the bureaucratic, regulated, and non-competitive environment in which our administrators all too often operate.

3. Digital transformation and workforce.

Companies in leading sectors have workforces that are 13 times more digitally engaged than the rest of the economy. In lagging sectors, the digital engagement of the workforce can be erratic; some organizations have made progress in certain areas but have not yet addressed foundational tasks their workers perform.

These and many other technologies of the “digital economy of the petrochemistry industry” entail the reduction of traditional jobs, and therefore they often encounter resistance from citizens.

It seems to the authors that in this area, under the conditions of the fourth industrial revolution, there are certain prospects for solving this problem of job cuts. All of them are associated with the creation of new jobs, but with different approaches.

The first approach is connected with the training of specialists of a wide specialization (universalism). The practice of training universal specialists emerged: simultaneously in the field of petrochemistry industry management, and in the field of economics, and in the field of physics. Graduates work in the field of petrochemistry industry management, and in the field of environmental management.

The second approach is connected with the expansion of the field of activity of traditional specialties but on the basis of innovative and digital technologies. Another approach is related to the transition of petrochemistry industry professionals to the IT sphere and business analysts, specialists in designing artificial intelligence systems with training, and developers of optimal business processes models.

It is obvious that a wide profile of petrochemistry industry specialists using an interdisciplinary, problem-oriented approach. This approach ensures the connection of academic programs with a wide range of functions and tasks in petrochemistry with numerous modern challenges. Different disciplines should be taught on the principle of "learning-through-performance of work." The art of problem-solving should be taught through a project-oriented approach to education with an emphasis on the development of self-education skills "learning-learning". This approach even allows you to teach what is not yet but will appear in the future. Undoubtedly, the main challenge of the future is constant change. To cope with this constant change, the educational base must be more flexible.

Conclusion.

The new battle – ground in petrochemistry, is technology, digital transformation and education.

Global technology entrepreneurs and investors have already begun turning their attention to reinventing the petrochemistry industry, through business model innovation and product innovation. Going digital is an opportunity to reinvent core processes, create new business models, and put the customer at the center of everything. Companies are using digital tools to raise the bar in operational efficiency, customer engagement, innovation, and workforce productivity. Consumer expectations of petrochemistry digitalization and their experience with the built environment have been elevated. As innovation in other industries continues to power ahead, consumer expectations will continue to put pressure on the petrochemistry industry to innovate.

The volume and depth of innovation will increase, with more specialized technological solutions for nuanced petrochemistry challenges as well as

growing competition for more generalized solutions. Large petrochemistry corporates will need to understand the latest in innovation and implement strategies to integrate those advancements into their projects and businesses in order to stay ahead of the pack. However, introducing a cost effective and impactful corporate innovation and venturing strategy into traditional petrochemistry organizations comes with a number of material challenges.

The impact on the labor market is mixed with widespread dislocation of workers but a proliferation of digital tools that offer new ways of working, matching skills, and acquiring skills.

University graduates must have the skills to adapt to a rapidly changing labor market; they must have the skills to solve the still unknown problems of the future. The fact is that professional and technical skills can be acquired and updated at a later stage of their career, while theoretical problem-solving skills, self-development skills can be achieved only through the process of academic preparation at universities. To cope with this constant change, the educational base must be more flexible, universal and digital technologies oriented.

ЛИТЕРАТУРА

1. European Commission, 2010. Europe 2020: A strategy for smart, sustainable and inclusive growth. COM (2010) 2020 final [online]. [cit.2018-10-01]. Available at: <http://ec.europa.eu/budget/img/budget4results/SustainableDevelopmentInTheEU.pdf>.

2. Territorial Agenda 2020 - Towards an Inclusive, Smart and Sustainable Europe of Diverse Regions [online]. [cit.2018-10-05]. Available at: http://www.nweurope.eu/media/1216/territorial_agenda_2020.pdf

3. UNIDO, 2016. Industry 4.0. Opportunities and Challenges of the New Industrial Revolution for Developing Countries and Economies in Transition. Panel discussion online]. [cit.2018-10-01]. Available at: https://www.unido.org/sites/default/files/2017-01/Unido_industry-4_NEW_0.pdf

4. Porter, M.E.; Heppelmann, J.E. How smart, connected products are transforming competition. Harv. Bus. Rev.2016, 92, 18.

5. Iansiti, M.; Lakhani, K.R. Digital ubiquity: How connections, sensors, and data are revolutionizing business (digest summary). Harv. Bus. Rev. 2014, 92, 91–99.

6. M. Alshehri, S. Drew. Implementation of e-Government: Advantages and Challenges. [online]. [cit.2018-10-01]. Available at: <https://core.ac.uk/download/pdf/143886366.pdf>

7. V. Ndou, E-government for developing countries: opportunities and challenges. The Electronic Journal on Information Systems in Developing Countries vol. 18, no. 1, pp.1-24, 2004

8. Maria Panagiotopoulou and Anastasia Stratigea. Spatial Data Management and Visualization Tools and Technologies for Enhancing Participatory e-Planning in Smart Cities / Smart Cities in the Mediterranean Coping with Sustainability Objectives in Small and Medium-sized Cities and Island Communities. Springer International Publishing AG 2017. P. 31-57.

9. Eric S. Belsky, Nicholas DuBroff, Daniel McCue, Christina Harris, Shelagh McCartney, and Jennifer Molinsky. Advancing Inclusive and Sustainable Urban Development: Correcting Planning Failures and Connecting Communities to Capital. Harvard College, 2013 [online]. [cit.2018-10-01]. Available at: http://www.jchs.harvard.edu/sites/default/files/jchs_isud_2013.pdf

10. IoT Technology Working Group. Internet of things for facilities management. Guidance notes for facility managers. British Institute of Facilities Management June 2018 [online]. [cit.2018-10-01]. Available at: <https://www.bifm.org.uk/bifm/filegrab/bifm-guidancenotes-internet-of-things-for-fm-final.pdf?type=documents&ref=6594>

11. McKinsey Global Institute. Digital America: A Tale Of The Haves And Have-Mores. Executive Summary. December 2015. [online]. [cit. 2018-10-01]. Available at: https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Industries/High%20Tech/Our%20Insights/Digital%20America%20A%20tale%20of%20the%20haves%20and%20have%20mores/MGI%20Digital%20America_Executive%20Summary_December%202015.ashx

А.Г. Харитонович¹, К.Ю. Устинов², И.А. Матюш¹, Л.А. Щербина¹
(¹Могилевский государственный университет продовольствия
²ОАО «Нафтан» завод «Полимир»)

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ДИНИТРИЛА АЗОДИИЗОМАСЛЯНОЙ КИСЛОТЫ В РЕАКЦИОННОЙ СМЕСИ НА ДИНАМИКУ СИНТЕЗА СОПОЛИМЕРОВ АКРИЛОНИТРИЛА В ДИМЕТИЛСУЛЬФОКСИДЕ

Сегодня производство химических волокон в Беларуси (составляющее до 3% мирового выпуска) является важнейшим народно-хозяйственным сегментом в составе химической индустрии, обеспечивавшим до распада Советского Союза более 18% национального дохода Белорусской ССР. В настоящее время общий объем выпуска полиакрилонитрильных (ПАН) волокон составляет до четверти от общего выпуска волокон в Республике Беларусь. Экспорт всех химических волокон и нитей, производимых в Республике Беларусь, составляет около 80%, а ПАН волокон текстильного назначения – около 90-95% и ограничивается только наличием существующих мощностей.

Помимо текстильного применения ПАН волокнистые материалы специально назначения могут служить сырьем для производства наиболее высокопрочных углеродных волокнистых материалов, которые на современном этапе развития техники обеспечивают прогресс в развитии важнейших отраслей народного хозяйства. Для создания отечественных производств таких материалов на основе ПАН Республика Беларусь располагает уникальным сочетанием производственных, технологических и кадровых возможностей.

Реализация технологии получения волокнистых материалов специального назначения на основе ПАН позволит Республике Беларусь иметь собственное производство высокопрочных волокнистых импортозамещающих и экспортноориентированных армирующих и теплоизоляционных материалов, необходимых: в строительной индустрии, мостостроении, автомобилестроении, авиастроении, судостроении машиностроении, энергетике, космической и военной технике, трубопроводном транспорте; для вновь проектируемых зданий, сооружений, мостовых сооружений; объектов энергетики; проектов усиления, ремонта и реконструкции зданий и сооружений; разработки новых образцов автомобилей, оборудования, сельскохозяйственной техники, тракторов, судов, летательных аппаратов и др.

В связи с этим, особую важность приобретают исследования, направленные на решение важнейших научных и прикладных задач социально-экономического развития страны, и, в частности, создания

научно-обоснованных технологий получения технологически емкой волоконной продукции – отечественных прекурсоров для производства экспортноориентированных высокопрочных ПАН и углеродных волокнистых материалов.

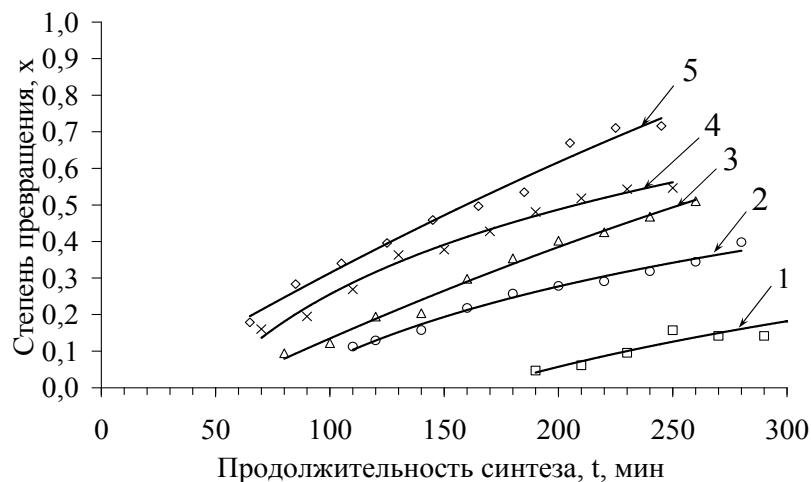
Накопленный в научно-технической литературе теоретический материал и экспериментальные данные подтверждают существенное влияние условий проведения гомофазного синтеза волокнообразующих сополимеров на основе виниловых мономеров на протекание его отдельных стадий в общей кинетической схеме. Поэтому на кафедре химической технологии высокомолекулярных соединений учреждения образования «Могилевский государственный университет продовольствия» ведутся систематические исследования влияния состава реакционной смеси и других факторов на протекание как отдельных стадий, так и всего процесса синтеза сополимеров на основе акрилонитрила (АН) в целом.

В данной работе представлены результаты изучения влияния содержания инициатора в реакционной смеси на динамику синтеза и показатели молекулярной масса сополимеров АН, метилакрилата (МА) и 2-акриламид-2-метилпропансульфо кислоты (АМПС) в диметилсульфоксиде (ДМСО) в реакторе идеального смешения непрерывного типа. Выбор этой задачи инициирован, в том числе, необходимостью поиска путей сокращения ресурсо- и энергозатрат при производстве волокнообразующего сополимера АН на заводе «Полимир» ОАО «Нафтан», а также поиску рациональных вариантов получения ПАН волокнистых материалов заданной структуры. Использование ДМСО в качестве технологического растворителя продиктовано тем, что он лишен ряда недостатков, которые характерны для используемого в технологическом процессе диметилформамида (ДМФ)).

В связи с отсутствием в открытой печати информации о фактических параметрах промышленного процесса синтеза сополимеров акрилонитрила в ДМСО, за основу условий проведения эксперимента был взят промышленный технологический процесс получения волокнообразующего полиакрилонитрила гомофазным методом в диметилформамиде при температуре 70°C. Содержание динитрила азодиизomásляной кислоты (инициатор полимеризационного процесса) в реакционной смеси варьировалось от 0,1 до 1% (от массы мономеров). Начальная концентрация мономеров в реакционной смеси составляла 35% (масс.).

Полученные в результате этих экспериментов данные по зависимости степени превращения мономеров от продолжительности процесса (рисунок 1) были использованы для расчета кинетических пара-

метров синтеза поли[АН(91)-со-МА(8)-со-АМПС(1)] в ДМСО и оценки их зависимости от содержания инициатора в исследуемой реакционной смеси (рисунок 2).



Содержание инициатора ДАК, % (от массы мономеров):
1 – 0,1; 2 – 0,25; 3 – 0,5; 4 – 0,75; 5 – 1,0

Рисунок 1 – Зависимость динамики синтеза поли[АН(91)-со-МА(8)-со-АМПС(1)] в ДМСО от содержания инициатора

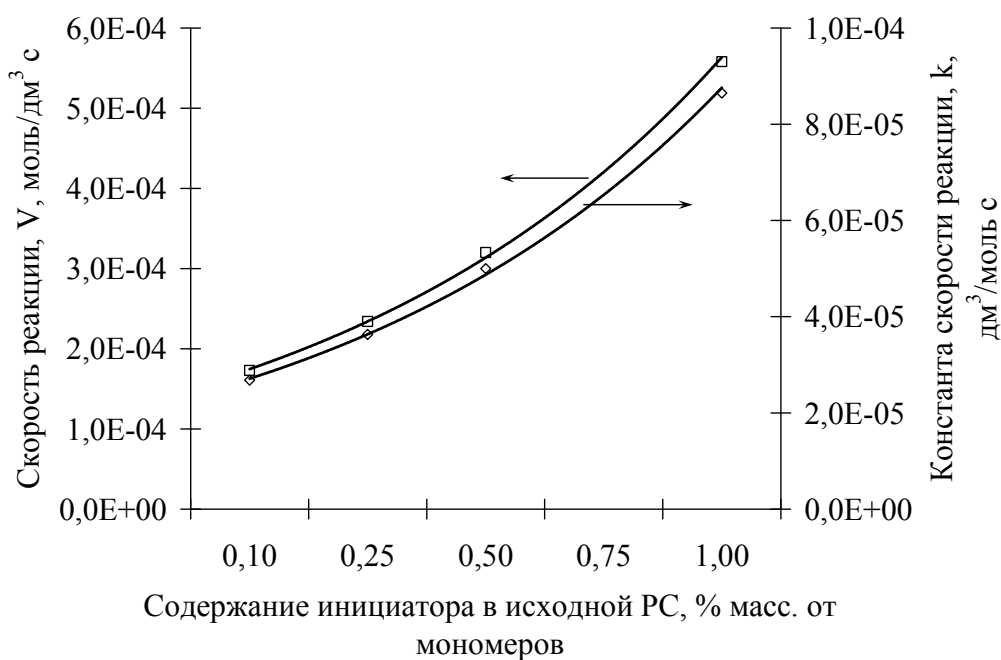


Рисунок 2 – Влияние содержания инициатора в реакционной смеси на кинетические параметры синтеза поли[АН(91)-со-МА(8)-со-АМПС(1)] в ДМСО

Результаты исследования характеристической вязкости образцов поли[АН(91)-со-МА(8)-со-АМПС(1)] в ДМФ, синтезированных в ДМСО

при различном содержании инициатора в реакционной смеси, представлены на рисунке 3.

Анализ полученных результатов (рисунки 1–3) позволяет сделать вывод от том, синтез поли[АН(91)-со-МА(8)-со-АМПС(1)] в ДМСО подчиняется общим закономерностям протекания свободно-радикального гомофазного синтеза виниловых мономеров в других растворителях: скорость синтеза увеличивается, а молекулярная масса снижается пропорционально корню квадратному из содержания инициатора в реакционной смеси.

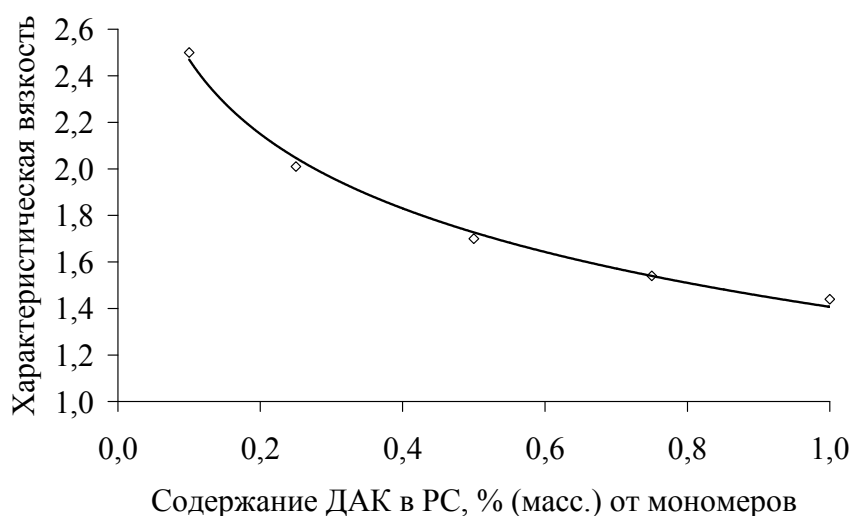


Рисунок 3 – Зависимость характеристической вязкости поли[АН(91)-со-МА(8)-со-АМПС(1)] от содержания динитрила азодиизомасляной кислоты в реакционной смеси

Таким образом, на основе правила «квадратного корня» и полученных фактических количественных зависимостей можно осуществлять моделирование производственного технологического процесса синтеза поли[АН(91)-со-МА(8)-со-АМПС(1)] в ДМСО при температуре 70°C и задаваться необходимой молекулярной массой сополимера, что особенно важно при получении волокнистых прекурсоров, предназначенных для переработки в высококачественные углеродные волокнистые материалы.

Агабеков В.Е, Кадиев Х.М., Хаджиев С.Н.
(Институт химии новых материалов НАН Беларуси;
Институт нефтехимического синтеза РАН им. А.В.Топчиева)

КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЯНЫХ ОСТАТКОВ (ГУДРОН) С АЛЬТЕРНАТИВНЫМ (БУРЫЙ УГОЛЬ) И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМ (ДРЕВЕСНЫМ) СЫРЬЕМ

Комплексная комбинированная переработка тяжелых нефтяных остатков, альтернативного и возобновляемого сырья – наиболее прогрессивный путь их совместного использования. Она предполагает осуществление направленных превращений смеси гудрона с древесными опилками, бурым углем и др., которые регулируются комплексной каталитической системой (нанокатализаторы) с получением «облагороженной легкой нефти», которая становится пригодной для переработки на существующих НПЗ по уже сложившимся традиционным технологиям, а также продуктов для нефтехимического и тонкого органического синтеза.

Предлагаемая новейшая технология гидроконверсии биомассы или угля в смеси с тяжелыми нефтяными остатками позволяет одновременно:

- 1) углубить переработку нефти, конвертируя низколиквидные тяжелые нефтяные остатки в высокомаржинальные дистиллятные нефтепродукты;
- 2) расширить сырьевые ресурсы для производства продуктов нефтепереработки и органического синтеза путем вовлечения в переработку древесной биомассы и ископаемых бурых углей;
- 3) решить экологические задачи по утилизации тяжелых нефтяных остатков и древесных отходов.

В основу проекта заложены принципы разработанной академиком Хаджиевым С.Н. в ИНХС РАН им А.В.Топчиева технологии гидрогенизационной переработки тяжелого органического (углеродсодержащего) сырья (тяжелая нефть, гудрон, мазут и др.) с применением наноразмерных катализаторов, получаемых из прекурсоров в реакционной среде. Технология гидроконверсии гудрона с применением наноразмерных катализаторов отработана на пилотных установках производительностью от 0,5 до 2 кг/час. В настоящее время в статусе **Национального проекта России** в Татарстане (Нижнекамск, Татнефть, АО «Танеко») строится опытно-промышленная установка (базовый проект Chevron Summus Global – ИНХС РАН им А.В.Топчиева; проектирование ОАО «ВНИПИНЕФТЬ») производительностью 50 тыс. тонн/год. Пуск установки был запланирован на декабрь 2017 года.

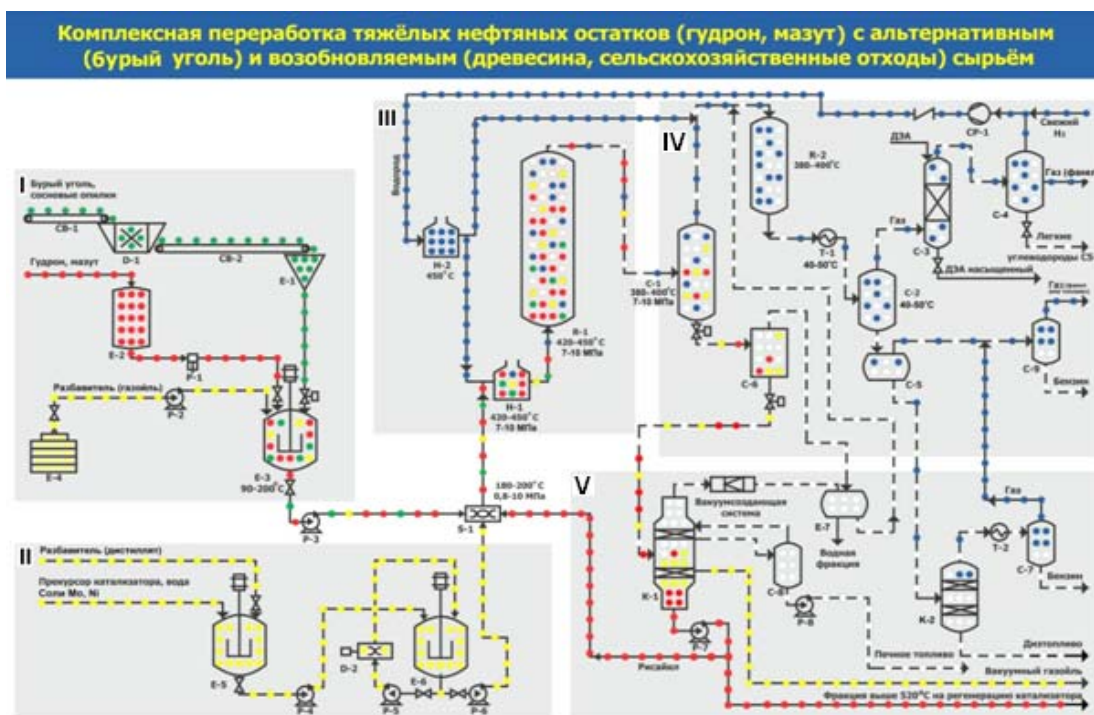
В ИНХС РАН и ИХНМ НАН Беларуси проводятся исследования по комплексной (совместной) переработке тяжелых нефтяных остатков

(гудрон) с альтернативным (бурый уголь) и возобновляемым (древесным) сырьем с применением новых технологий базирующихся на высокоэффективных пиролитических, термических и каталитических процессах.

Отличительными особенностями данного процесса являются:

- гидроконверсия проводится в одну стадию в жидкой углеводородной среде (предпочтительно, низкокипящих остатков переработки нефти), в которой происходит «набухание и частичное растворение» биомассы или угля, кроме того обеспечивается эффективная гомогенизация компонентов сырьевой смеси и катализатора, что практически невозможно при переработке отдельно угля или биомассы;
- использование чрезвычайно высокой концентрации активных центров наноразмерного катализатора в реакционной среде;
- удаление основного количества кислорода из вещества биомассы в виде CO, CO₂ и H₂O происходит на стадии нагрева сырья, при температурах ниже температуры гидрирования (<300°C);
- получение в одну стадию широкого спектра продуктов более высокого качества;
- гудроны содержат компоненты, способствующие формированию стабильной суспензии наноразмерных частиц катализатора в сырьевой смеси.

Процесс осуществляется по следующей схеме, включающей в себя блок подготовки сырья I, блок подготовки катализатора II, блок гидроконверсии III и блоки разделения и очистки продуктов IV-V:



Биомасса или ископаемый бурый уголь в блоке подготовки сырья I измельчается до микронных размеров и смешивается с гудроном с образованием транспортабельного жидкого продукта, к которому добавляется катализатор, приготовленный в блоке II, и полученная смесь поступает в блок гидроконверсии III. Процесс позволяет в одну стадию конвертировать биомассу в смеси с тяжелым нефтяным остатком в синтетическую нефть, пригодную для нефтепереработки традиционными методами с получением товарных продуктов. В зависимости от цели процесса, управляя средой обработки и типом катализатора, на выходе получают легкие и средние дистиллятные углеводородные фракции, используемые для производства топлив. В результате гидроконверсии получают выход дистиллятных фракций 30–35% на биомассу, содержащих не более 2% кислорода.

Широкая фракция углеводородов (синтетическая нефть), получаемая в результате гидроконверсии возобновляемого сырья, может быть транспортирована по существующей сети нефтепроводов и использована в качестве углеводородного сырья на существующих НПЗ (блоки IV-V) для получения широкого ассортимента продукции (топлива, исходное сырье для тонкого и органического синтеза и др.).

Таким образом, прорывное развитие и реализация новейших технологий глубокой и комплексной переработки углеводородного сырья (в первую очередь высоковязких тяжелых нефтяных остатков, угля) и биомассы (в перспективе водоросли) позволит:

- увеличить глубину переработки нефти до 92–95%;
- уменьшить расход сырой нефти на 20–30%;
- дополнительно получить 10–15% «светлых» углеводородных фракций и продукты для нефтехимического синтеза за счёт использования возобновляемого и альтернативного сырья.

Внедрение новых технологий изменит эффективность отечественных заводов нефтепереработки и повысит конкурентоспособность экспортируемой продукции на мировом рынке.

УДК 628.543.081.3

А. Р. Цыганов, академик, д-р. с.-х наук (БНТУ г. Минск)

А. Э. Томсон, доцент, канд. хим. наук,

Н.Е. Сосновская, канд. техн. наук,

Т. В. Соколова, канд. техн. наук, В.С. Пехтерева

(«Институт природопользования НАН Беларуси»)

НЕФТЕПОГЛОЩАЮЩИЕ СОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ ТОРФА

Одной из сложных и многоплановых проблем охраны окружающей среды является загрязнение природных объектов нефтью и продуктами ее переработки. Несмотря на то, что Республика Беларусь не является крупным нефтедобывающим государством, на ее территории сконцентрировано значительное количество потенциально опасных, использующих нефть объектов (нефтедобывающие и нефтеперерабатывающие предприятия, нефте- и нефтепродуктопроводы, автотракторные и машиностроительные предприятия, резервуарные топливные парки, автомобильный и железнодорожный транспорт).

Основываясь на мировом и отечественном опыте можно утверждать, что в настоящее время одним из наиболее перспективных технических решений удаления нефти и продуктов ее переработки с водных поверхностей и почвы признается использование сорбционных технологий, предусматривающих применение специальных нефтепоглощающих материалов (НПМ), как правило в сочетании со средствами механической обработки.

В Институте природопользования в последние годы проводятся комплексные работы, направленные на создание высокоэффективных нефтепоглощающих материалов на основе торфа, разработку технических решений их применения и утилизацию. В связи со сложностью состава торфа и зависимости их физико-химических свойств от ряда факторов с целью научного обоснования, подхода к выбору торфяного сырья для создания нефтесорбентов на его основе проведены исследования по явлению закономерностей сорбционных свойств торфа от его вида, степени разложения, дисперсности.

Исследования водо- и нефтепоглощения различных природных материалов показало, что наибольшей поглощающей способностью обладают мхи (сфагнум-фускум и сфагнум-ангустифолиум), для которых величина нефтепоглощения колеблется от 10,7 до 18,0 кг/кг, а водопоглощение составляет 2200–2400% (таблица). Такие высокие значения водо- и нефтепоглощения для мхов обусловлены их развитой пористой структурой.

Таблица 1. Сорбционные свойства природных материалов

Образец	Степень разложения, %	Размер частиц, мм	Насыпная плотность, кг/м ³	Нефтепоглощение, кг/кг	Водопоглощение, %
Сфагнум фускум (мох)		<0,5	62	14,4	2300
		0,5–3,0	43	18,0	2400
Сфагнум ангусти-фолиум (мох)		<0,5	79	10,7	2200
		0,5–3,0	61	14,3	2200
Сфагновый мо-чажинный торф	5–10	<0,5	68	11,8	2000
		0,5–3,0	64	13,8	2300
Сфагновый торф	10–15	<0,5	123	6,8	830
		0,5–1,0	91	8,1	1170
		1,0–2,0	80	8,6	1260
		2,0–3,0	60	8,9	1320
Сосново-пуши-цевый торф	20–25	< 0,5	225	2,5	270
		1,0–2,0	143	4,5	400
		2,0–3,0	125	6,4	590
Осоковый торф	35	Общая фрак-ция	–	1,4	130
Пушицевый торф	40		–	1,2	150
Пушица	–	–	80	8,3	900
Торфяной очес	–	–	–	8,7	–
Льняная костра	–	0,5–2,0	–	2,4	360
		>2,0	–	9,8	1400
Гречишная ше-луха	–	0,5–2,0	–	1,9	310
Лигнин	–	0,5–2,0	–	1,8	270
Сапропель	–	0,5–2,0	–	0,8–1,3	80–120

Из исследованных торфов различного видового состава наибольшей сорбционной способностью по отношению к воде и нефти обладает малоразложившийся торф моховой группы с губчатой структурой, содержащей большое количество нераспавшихся растительных клеток. Величина нефтепоглощения для этих видов торфа изменяется от 8,9 до 13,8 кг/кг. При переходе к другим видам торфа со средней (25–35%) и высокой (40–60%) степенью разложения, которым присуща мелкозернистая структура, этот показатель уменьшается до 4,5 и 1,2 кг/кг соответственно. Следует заметить, что величина водопоглощения при этом также уменьшается и составляет для сосново-пушицевого торфа (фракция 1,0–2,0 мм) 400% и для пушицевого (R = 40%) – 150%. Результаты исследований свойств других природных материалов указывают на достаточно высокие величины водо- и нефтепоглощения для пушицы, торфяного очеса и льняной костры

(фракция > 2,0 мм), для которых характерна волокнистая структура. Из всех исследованных образцов наименьшую поглотительную способность по отношению к воде и нефти имеет сапропель, обладающий мелкозернистой структурой. В зависимости от вида сапропеля величина нефтепоглощения может изменяться от 0,8 до 1,3 кг/кг.

Проведенные исследования сорбционных свойств различных природных материалов показали определяющую роль при поглощении как нефти, так и воды структуры сорбентов. Из исследованных видов торфа наибольшей поглотительной способностью обладает верховой малоразложившийся торф моховой и травяной групп с губчатой и волокнистой структурой [1].

Одним из важных показателей, характеризующим свойства торфяного сырья и продукции на его основе является водопоглощение. Этот показатель в определенной степени зависит от структуры торфа и позволяет судить о его гидрофильных свойствах. Для торфа различного типового и видового состава этот показатель колеблется в широких пределах. Наивысшей влагоемкостью и нефтеемкостью обладает верховой торф моховой группы с небольшой степенью разложения.

Как известно, торф является полидисперсной системой, размер частиц которой колеблется в широком интервале, и его свойства зависят от фракционного состава. Для всех исследованных образцов воды увеличение размера частиц сфагнового торфа от 0,5 до 2,0–3,0 мм сопровождается ростом значения его НП от 6,8 до 9,8 кг/кг, сосново-сфагнового торфа – от 2,5 до 6,4 кг/кг, при этом наблюдается симбатное увеличение величины водопоглощения от 830 до 1320 и от 270 до 590%, соответственно (таблица). Заслуживает внимания тот факт, что с увеличением степени разложения торфа наблюдается более существенная разница в поглотительной способности мелких и крупных его фракций. Это объясняется тем, что торф с более высокой степенью разложения имеет разнородную структуру, включающую как продукты распада, так и остатки не разложившихся растений-торфообразователей. При фракционировании торфа материал распределяется таким образом, что более мелкие фракции обогащаются продуктами распада растений-торфообразователей, образующими компактные малопроницаемые агрегаты, проявляющие гидрофильные свойства. Уменьшение сорбционной емкости частиц меньшего размера связано со снижением их общей пористости и увеличением количества микропор, недоступных для молекул углеводородов. Мхи и слабо разложившийся торф имеют более гомогенную структуру и различия между уровнями поглощения отдельными фракциями не столь значитель-

ны (~30 %), как для торфа со степенью разложения 20–25 % (~260 %). Уменьшение сорбционной емкости частиц больших размеров (>3,0 мм) обусловлено, прежде всего, снижением удельной кинетической поверхности этих частиц и наличием в этой фракции включений крупных растительных остатков.

Такие технические характеристики материалов, как размер частиц, величины водопоглощения, НП и насыпная плотность взаимосвязаны. Так, если частицы фракции < 0,5 мм сфагнового торфа имеют насыпную плотность 123 кг/м³, то фракции 2,0–3,0 мм – 60 кг/м³, у сосново-сфагнового торфа с аналогичным размером частиц величина насыпной плотности уменьшается с 225 до 125 кг/м³. Снижение величины насыпной плотности дисперсного материала означает, в свою очередь, повышение его пористости, что и является фактором, определяющим величину поглощения им нефти и воды.

Таким образом, из исследованных видов торфа наибольшей поглотительной способностью обладает малоразложившийся верховой торф моховой и травяной групп с губчатой и волокнистой структурой, который является наиболее подходящим сырьем для производства нефтесорбентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жуков В.К., Томсон А.Э., Самсонова А.С., Соколова Т.В., Николаенков А.И. Новые аспекты получения сорбционных материалов на основе торфа/ Природопользование. Вып.8. 2002. С. 167–181

2. *Sasnouskaya N., Tomson A., Samsonova A.* Bioremediation of contaminated soil using sorption material based on peat and oil destructors of microorganisms. Proceedings of the 10th International Society for Environmental Biotechnology Conference, Barcelona, 1–3 June, 2016. International Society for Environmental Biotechnology, Universitat Politècnica de Catalunya. P. 305–306.

И. Мотевич, В. Степура, К. Мотевич, Ю. Санкевич,
Т. Глебович, В. Оскирко, Н. Стрекаль
(Гродненский государственный университет
имени Янки Купалы)

ТРАССЕРЫ НЕФТИ НА ОСНОВЕ ФЛУОРЕСЦИРУЮЩИХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК CdSe/ZnS

Флуоресцирующие полупроводниковые наночастицы или квантовые точки (КТ) CdSe/ZnS типа ядро/оболочка обладают рядом преимуществ перед органическими красителями. К таким преимуществам, в первую очередь, относится их высокая фотостойкость при относительно высоком квантовом выходе и яркости. Это также широкая спектральная область поглощения света при малой (~30 нм) полуширине линии испускания. Благодаря этим преимуществам CdSe/ZnS КТ являются перспективными кандидатами для разработки на их основе новых типов светоизлучающих устройств [1], меток биологических объектов [2] и многоцветных лазерных устройств [3]. В данной работе предлагаются трассеры нефти на основе кремнезема и CdSe/ZnS КТ разного размера (цвета) и модификацией поверхности для маркировки нефтяных и водных пластов от разных портов с целью контроля возможных процессов обводнения скважины или несанкционированного отбора других динамических потоков. Преимуществом предлагаемых нами трассеров нефти по сравнению с существующим на рынке (Гео-сплит, (РОСНАНО) и Авантрейдхим, Санкт-Петербург (РФ)) является высокая временная фотостабильность. Данное преимущество реализовано за счет инкорпорирования наночастиц в кремнеземные микросферы. В работе демонстрируются свойства трассеров обнаруживаться в полярных и неполярных растворителях и фотостойкость в сравнении с трассерами на основе родамина 6Ж.

Работа выполнена по заказу ОАО Авантрейдхим, Санкт-Петербург (РФ) и поддержана в рамках ГПНИ «Физическое материаловедение, новые материалы и технологии» (задание № 1.16).

ЛИТЕРАТУРА

1. Santori C. et al. – Phys. Rev. Lett., 2001. – Vol. 86. – P. 1502–1505.
2. Sukhanova A. et al. – Lab Invest, 2002. – Vol. 82. – P. 1259–1261.
3. Klimov V.L. – Los Alamos Science, 2003.- Vol. 28.- P. 214–220.

ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ПАРОВ ОДНОАТОМНЫХ СПИРТОВ C₁-C₅ И ИХ ИЗОМЕРОВ АДсорбЦИОННО-КАТАЛИТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Самовысыхающие противопожарные составы и краски, разнообразные растворители, представляющие широкий спектр органических соединений, нашли повсеместное применение в литейном и кузнечном производствах. Однако, их масштабное использование ведет к попаданию в атмосферу различных органических загрязнителей, таких как одноатомные спирты, фенолы, формальдегид, циклоалканы и арены.

Большинство традиционных методов каталитической очистки газовых выбросов работают по методу их прямого дожигания, они эффективны при высоких концентрациях загрязнителей.

В случае больших выбросов воздуха с низким содержанием загрязнителей предпочтительно использование адсорбционно-каталитического метода, суть которого состоит в концентрации загрязняющих веществ на сорбенте-катализаторе с последующим периодическим беспламенным каталитическим окислением накопленных веществ до углекислого газа и воды. Низкотемпературное осуществление процесса окисления, отсутствие трудоемких стадий регенерации, а также особенности технологического процесса, позволяющие минимизировать образование продуктов частичного окисления, определяют эффективность данного метода.

Целью исследования было определение динамических сорбционных характеристик цеолита NaX по отношению к одноатомным спиртам C₁-C₅, и определение оптимальных технологических параметров реализации данного процесса.

Для решения поставленной задачи в качестве сорбента нами выбран синтетический цеолит марки NaX представляющий собой сферические гранулы диаметром 2,5-3,5 мм. В качестве катализатора глубокого окисления использовали пористые материалы с высокоразвитой модифицированной поверхностью на основе пенокерамики состава Al₂O₃/SiO₂ с нанесенной активной каталитической фазой, имеющие на поверхности пенокерамики сформированный буферный слой содержащий 11,1 мас.% γ -Al₂O₃ и обладающие удельной поверхностью 15,6 м²/г [1].

Схема модельной установки нейтрализации паров органических соединений адсорбционно-каталитическим методом и принцип ее работы детально описаны в работе [2]. Алгоритм работы установки основан на полициклическом принципе:

- цикл адсорбции паров органических соединений на поверхности сорбента;
- цикл термической десорбции паров органических соединений в адсорбционном реакторе;
- цикл глубокого каталитического окисления паров органических веществ.

Для измерения скорости движения газового потока использовали дифференциальный манометр Testo 512 и датчик скорости движения воздуха Testo 425 производства Германии.

Определение концентрации органических веществ осуществлялось с помощью газового хроматографа «Цвет-106», оснащенного пламенно-ионизационным детектором (ПИД).

Полноту каталитического окисления органических соединений оценивали по показателям газоанализатора Dräger MSI 150 EURO, оснащенным датчиками, позволяющими оценить количественное и качественное содержание в составе газовых выбросов CO, CO₂, O₂ и NO_x.

Степень конверсии (S_c) после десорбции газов из сорбционной колонки прохождения через каталитический реактор определяли по формуле:

$$S_c = \frac{C_n - C_k}{C_n} \times 100\%$$

где C_n – концентрация паров загрязняющих веществ на входе в каталитический реактор и C_k – концентрация паров загрязняющих веществ на выходе из каталитического реактора.

Установлено, что с увеличением размеров молекул одноатомных спиртов нормального строения с 1 до 5 динамическая сорбционная емкость цеолита снижается соответственно с 149 до 25,6 мг/г, или (4,03 до 0,29 ммоль/г). Вероятно, в данном случае решающую роль играет как размер посадочной площадки (таблица 1), так и затруднения, возникающие при пространственной ориентации более длинно-цепочечных молекул относительно сорбционных центров NaX. Так, в ряду метанол-этанол-пропанол-1 с увеличением размеров посадочной площадки на 18,9%- 19,8% наблюдалось уменьшение сорбционной емкости на 20% и 25% соответственно. Однако, в ряду пропанол-1 – бутанол-1 – пентанол-1 увеличение размеров посадочной площадки составляет всего 12,65% и 12,2% соответственно, но сорбционная ем-

кость снижается на 40% и 80%, что свидетельствует о росте стерических препятствий при адсорбции этих веществ на цеолите NaX.

В ряду вторичных спиртов сдвиг OH - группы вдоль углеводородного скелета приводит к еще более заметному снижению сорбционной емкости C₃-C₅ (пропанол-2, бутанол-2 и пентанол-2).

Динамическая сорбционная емкость цеолита также существенно снижается и находится в пределах 102-9,7 мг/г (1,71–0,11 ммоль/г) при незначительном увеличении размеров посадочной площадки молекул вторичных спиртов и указывает на необходимость определенной ориентации молекул на поверхности адсорбента.

Таблица 1 – Сорбционные характеристики цеолита NaX по отношению к одноатомным спиртам C₁-C₅ и их изомерам

№, п.п.	Адсорбат	Молярная масса, г/моль	Температура кипения, °C	Посадочная площадка ω, нм ²	Сорбционный объем, V _s , ммоль/г, (мг/г)
1	Метанол	32	64,7	0,2014	4,03 (129,1)
2	Этанол	46	78,3	0,2395	3,24 (149)
3	пропанол-1	60	97,2	0,2869	2,42 (145,4)
4	пропанол-2	60	82,2	0,2963	1,71 (102,7)
5	бутанол-1	74	117,7	0,3232	1,43 (106)
6	бутанол-2	74	108,0	0,3298	1,01 (74,9)
7	пентанол-1	88	137,8	0,3627	0,29 (25,6)
8	пентанол-2	88	132,0	0,3645	0,11 (9,7)

Для изомеров амилового спирта и одноатомных спиртов нормального строения при увеличении числа атомов углерода в соединении с 1 до 5 динамическая сорбционная емкость уменьшается соответственно с 6,2 до 25,6 мг/г, или (0,07 до 0,29 ммоль/г) (таблица 2).

Таблица 2 – Сорбционные характеристики цеолита NaX по отношению к изомерам C₅H₁₁OH

№, п.п.	Адсорбат	Молярная масса, г/моль	Температура кипения, °C	Посадочная площадка ω, нм ²	Сорбционный объем, V _s , ммоль/г, (мг/г)
1	Пентанол-1	88	137,5	0,3627	0.29 (25,6)
2	3-Метилбутанол-1		131,6	0,3633	0.22 (19,4)
3	2-метилбутанол-1		102	0,3663	0.19 (16,7)
4	2,2-диметилпропанол-1		113	0,3635	0.17 (15,0)
5	Пентанол-2		119,4	0,3645	0.11 (9,7)
6	2-Метилбутанол-2		101,8	0,3644	0.075 (6,6)
7	3-метилбутанол-2		112	0,3589	0.07 (6,2)
8	Пентанол-3		116,1	0,3592	0.08 (7,0)

В данном случае заметную роль играет как размер посадочной площадки, так и затруднения, возникающие при пространственной ориентации с более молекул разветвленным строением углеродного скелета относительно сорбционных центров NaX.

Изучение сорбционной емкости одноатомных спиртов C_1-C_5 в зависимости от размеров их посадочных площадок также указывает на то, что размер посадочной площадки не является определяющим фактором, влияющим на величину сорбционной емкости.

В результате исследований установлено, что при проведении сорбции на цеолите NaX оптимальная скорость пропускания воздушно-органической смеси составляет 0,75 м/с, максимальная степень поглощения при этой скорости потока достигается при высоте слоя цеолита 20-30 см.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lomonosov V.A., Panasyugin A.S., Smorygo O.L., Mikutskii V.A. et al. Pd/ γ -Al₂O₃ catalysts on cellular supports for VOC vapor neutralization // *Catalysis in Industry*, 2010, Vol. 2, No 4, pp. 387–392

2. Панасюгин А.С., Ломоносов В.А., Смoryго О.Л. Использование адсорбционно-каталитического метода для очистки вентиляционных участков литейных цехов от паров фенола и формальдегида// *Литье и металлургия*”2014, № 2, с. 19–25.

И.В.Войтов, А.Р.Цыганов, А.Г.Капсаров, С.О.Мамчик
(Белорусский государственный технологический университет,
г. Минск, Республика Беларусь)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРИБОАКУСТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ

Нетегазодобыча и переработка углеводородного сырья традиционно является одной из наиболее инновационно активных отраслей экономики. Инновационному развитию нефтегазового комплекса будут способствовать совершенствование методов ведения геологоразведки, глубокая переработка углеводородного сырья, внедрение энерго- и ресурсосберегающих технологий.

Одним из перспективных направлений для целей оптимизации добычи и переработки нефти является использование ультразвуковых технологий в процессах добычи нефти, ее подготовки к переработке и производстве нефтепродуктов [1–3].

Разработки в этой области, как правило, основаны на использовании внешнего источника ультразвука. Рабочими органами (погруженными движителями) таких традиционных систем являются плоские либо стержневые излучатели. Максимальные технологические эффекты (акустические течения и кавитация) наблюдаются в ближней (контактной) зоне излучателя. При этом жидкий флюид, механические примеси и гранулированные частицы обрабатываются в нерегулируемых объемах устройств и при мощности, не превышающей энергию деструкции высокомолекулярных нефтей.

Проблемой промышленного применения высокочастотных колебаний в нефтедобыче и нефтепереработке является то, что установки подготовки нефти на основе стандартных источников ультразвука с традиционными (пьезо- и магнито-стрикционными) преобразователями с частотой 16–18 кГц характеризуются малой производительностью.

В отличие от разработок, нацеленных на использование внешнего воздействия на углеводороды, в БГТУ проводятся исследования по использованию низкочастотной кавитации и акустомеханических эффектов на основе граничного трения и параметрического возбуждения излучателей. Разработано устройство по введению высокочастотных колебаний в корпус для измельчения гранулированных сред [4].

Разработанное устройство – трибосонореактор воздействуя на сырую нефть (гранулированную среду), обеспечивает:

- деструкцию гранулированных сред специальными перфорированными дисками с прослойками измельчаемого гранулята с последующим отделением воды;

– получение качественно измененного продукта, получаемого термомеханической высокочастотной диспергацией;

– измененную схему передачи генерируемой энергии.

Устройство для введения высокочастотных колебаний в корпус (трибосонореактор) содержит тарельчатые, самоустанавливающиеся, выпукло-вогнутые резонаторы, в виде соосных дисков, поверхности которых соприкасаются при встречном вращении. Внешний вращатель, оснащенный стержнем, сообщает резонатору осевое усилие и крутящий момент.

Высокочастотный резонатор с радиальными прорезями при этом контактирует с оппозитными ему плоскими спиралями на внутренней стенке излучателя. Осевые зазоры между контактной поверхностью излучателя и контртелом суммарно не превышают разности размеров структурных единиц гранулированной среды между максимальной на входе и минимальной на выходе из реактора. При этом реализован принцип превышения скорости распространения звуковой волны (2000–6000 м/сек) в исполнительном органе над скоростью механического перемещения поверхности движителя.

Дополнительно к применяемым кавитационным эффектам трибосонореактор позволяет использовать высокочастотный удар, создавать низкочастотную кавитацию, трибоакустическое диспергирование, импульсный термомеханический нагрев. При этом обрабатываемый продукт одновременно подвергается механическому, кавитационному и термическому воздействию.

Частотный диапазон процесса 150–20000 Гц. Кавитационное (наносекундное) давление достигает 20 000 атмосфер. Получаемые фракции (0,001 – 0,5 мм) участвуют в механоактивированных химических реакциях. При этом передача мощности происходит через разлагаемую массу и выступающие гранулы с эффектом избирательного калибрования выступающих частиц гранулята.

Производительность опытного устройства составляет 2–5 тонн водонефтяной эмульсии в час.

В устройстве разрушаются структурные единицы водонефтяной эмульсии без применения деэмульгаторов. Подготовительные операции предусматривают грубое измельчение либо отделение загрязнений. Далее процесс разделения водонефтяных эмульсий наблюдается непосредственно по выходу из реактора с последующим одномоментным разделением фаз.

Переработанные мазут, нефть, нефтешламы сернистые, нефти парафинистые, компаундируемые соединения в нефти изменяют цвет, запах, вязкость.

Устройство предназначено, преимущественно, для обезвоживания нефтешламов и высоковязких нефтей. Испытано для сапропелей с целью получения пропантов в нефтедобыче, а также для переработки других веществ (смешивание, диспергирование, кавитационная обработка, механоактивация) твердых полимеров, продуктов силикатного производства, пищевой промышленности, агропромышленного производства.

Применение установки трибоакустической обработки водонефтяных эмульсий позволяет также:

- увеличить дебит скважин за счет обводнения порового пространства при закачивании кавитированной воды для поддержания пластового давления;
- снизить затраты на обустройство нефтепромысла за счет применения установки непосредственно на месте добычи нефти;
- восстанавливать рентабельность скважин обводненных залежей нефти;
- восстанавливать скважины с тяжелой нефтью путем глубинного разогрева пласта, обводнения кавитированным флюидом, распарафивания ствола скважины.

Использование трибоакустических технологий возможно также для решения иных задач, связанных с оптимизацией транспортировки и переработки нефти.

Одним из направлений применения трибоакустических эффектов является изменение вязкости нефти. Вследствие разбиения структурных единиц обрабатываемого продукта после ультразвуковой обработки в течение определенных промежутков времени вязкостные свойства нефти изменяются, нефть приобретает псевдопластичные свойства [5].

Перспективно использование трибоакустических технологий и для изменения агрегатного состояния парафинов в нефти. На основе исследований по улучшению вязкостно-температурных характеристик парафинистых нефтей при обработке ультразвуком разработан гидродинамический генератор в виде проточного реактора [3], который позволяет предотвращать отложения асфальто-смолисто-парафинистых образований на стенках насосно-компрессорных труб.

Принцип гидродинамического смешения традиционно применяется для активизации технологического сырья. Предлагается этот принцип использовать в трибосонореакторе в качестве механоакустического активатора процессов смешивания, диспергирования, изменения реакционной способности ингредиентов. Механоактивация для оптимизации химических реакций при удалении серы позволит повысить скорость химических реакций, сократить затраты на химические реагенты.

Установлено, что при подготовке нефти ультразвуком в сочетании с применением деэмульгаторов уменьшается содержание механических примесей и неорганических солей, увеличивается выход бензиновых фракций. При подготовке нефти для проведения крекинга с применением трибоакустических технологий можно обеспечить снижение расхода пара на 10-30 %, ускорение процесса ректификации до 40 %, выход светлых фракций.

Таким образом, проведение дальнейших исследований в области высокочастотных вибраций в тонких щелях с использованием трибоакустических эффектов, позволит усовершенствовать технологии добычи и переработки нефти.

ЛИТЕРАТУРА

1. Верховых А.А. Обзор работ по воздействию ультразвука на нефтяные системы / А.А. Верховых, А.К. Вахитова, А.А. Елпидинский // Вестник технологического университета, Т.19. – 2016. – № 8. – С. 37–42.
2. Способ разрушения водонефтяной эмульсии с применением ультразвукового воздействия: пат. RU 2535793 / Ф.Р. Губайдулин, А.Н. Судыкин, Р.З. Сахабутдинов, Р.Х. Шагеев – Оpubл. 20.12.2014.
3. Гидродинамический ультразвуковой депарафинизатор насосно-компрессорных труб: полез. модель RU 77176 / В.С. Аникин, В.В. Аникин. – Оpubл. 20.10.2008.
4. Устройство введения высокочастотных колебаний в корпус для измельчения гранулированных сред: заявка ВУ 20180157 / И.В. Войтов, А.Р. Цыганов, А.Г. Капсаров, А.И. Лобов.
5. Mousavi S.M. Effect of ultrasonic irradiation on rheological properties of asphaltenic crude oils / S.M. Mousavi, A. Ramazani, I. Najafi, S. M. Davachi // Petroleum Science. – 2012. – Vol. 9. – № 1. – P. 82–88.

С.О.Мамчик
(Белорусский государственный технологический университет,
г. Минск, Республика Беларусь)

СОСТОЯНИЕ СОБСТВЕННОЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ И ПРОБЛЕМЫ ЕЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ

В Республике Беларусь создан и функционирует мощный нефтеперерабатывающий комплекс. Для обеспечения сырьем нефтеперерабатывающих предприятий страны, производительность которых по нефти превышает 20 млн. тонн, в 2016–2017 годах поставки нефти из Российской Федерации составляли 18 млн. тонн сырой нефти в год. При этом на экспорт в страны Евросоюза в год реализуется 1,6 млн. тонн нефти, добытой в республике.

Ресурсы углеводородного сырья в Республике Беларусь приурочены к Припятской нефтегазоносной области. По оценке начальные суммарные извлекаемые ресурсы углеводородов составляют: нефть – 305,2 млн. тонн, нефтяной попутный газ – 29,8 млрд. м³, газовый конденсат – 0,6 млн. тонн.

В республике выявлено 84 месторождения углеводородов, различающихся по величине запасов и степени их освоенности. Начальные разведанные запасы всех месторождений составляют около 186 млн. тонн нефти и газового конденсата.

Группа месторождений по величине запасов	Доля в общем количестве месторождений, %	Доля в начальных запасах, %	Доля в остаточных запасах, %	Доля в общей накопленной добыче, %
Крупные и средние (свыше 10 млн. т)	5	65	45	73
Мелкие (1-10 млн. т)	20	25	28	24
Очень мелкие (менее 10 млн. т)	75	10	27	3

На государственном балансе с учетом ежегодной добычи и прироста запасов находится более 40 млн. тонн нефти. Почти половина всех остаточных извлекаемых запасов сосредоточена в пределах пяти месторождений: Речицкого, Осташковичского, Вишанского, Южно-Осташковичского и Южно-Сосновского.

В 2017 году в разработке находилось 61 месторождение [1], из которых 95% добычи нефти приходится на 23 месторождения. 15 месторождений законсервированы по причине отнесения нефти к трудноиз-

влекаемой. Остальные месторождения находятся на различной стадии разведки и подготовки к освоению.

За последние годы объем добычи нефти и газового конденсата стабилизировался на уровне 1,64 млн. тонн в год. В 2017 году удалось увеличить объем добычи до 1,65 млн. тонн, начиная с 2018 года планируется добывать 1,67 млн. тонн в год [1].

Достигнутый показатель добычи обеспечивается, главным образом, за счет повышения нефтеотдачи пластов и интенсификации притоков нефти из скважин. При таком уровне добычи обеспеченность запасами нефти составит порядка 30 лет.

Основными путями восполнения ресурсной базы углеводородов и повышения уровня добычи нефти в республике определены прирост запасов углеводородов за счет проведения поисково-разведочных работ, внедрение новых технологий для увеличения коэффициентов извлечения нефти, освоение трудноизвлекаемых запасов [2].

В целях обеспечения воспроизводства минерально-сырьевой базы поставлена задача начиная с 2018 года обеспечивать прирост запасов в объеме не менее достигнутого уровня добычи. Вместе с тем, в последние годы прирост запасов, в основном, обеспечивался за счет доизучения и переоценки ранее выявленных месторождений. Ежегодно открывается 1-2 новых месторождения, но все они относятся к категории очень мелких с запасами порядка 300 тыс. тонн.

Можно прогнозировать, что такая ситуация с приростом запасов сохранится в ближайшие годы. Согласно оценке ресурсного потенциала еще не выявленными остается свыше 100 млн. тонн нефти. Учитывая, что степень изученности основных месторождений высока, в будущем обеспечивать прирост запасов придется за счет новых, пусть даже мелких и очень мелких месторождений. Об этом свидетельствует статистика по прогнозным ресурсам категории D_0 . На 35 локальных структурах, выявленных РУП «ПО «Белоруснефть», прогнозные ресурсы составляют около 9 млн. тонн.

В этой ситуации, перспективным является также освоение нетрадиционных запасов углеводородов, связанных с низкопроницаемыми коллекторами. Проводимые РУП «ПО «Белоруснефть» работы по изучению и освоению залежей углеводородов с низкопроницаемыми коллекторами не только в пределах уже разрабатываемых месторождений, но и новых площадей, позволяют прогнозировать, что на эту категорию запасов в ближайшие годы будет приходиться около 200 тыс. тонн нефти в год. Ключевыми вопросами вовлечения нетрадиционных залежей нефти является экономическая эффективность применяемых технологий.

Интенсификация добычи трудноизвлекаемых запасов нефти – основной механизм обеспечения достигнутого уровня добычи нефти. В структуре остаточных извлекаемых запасов нефти трудноизвлекаемые запасы составляют около 40%, на долю высокообводненных запасов приходится более – 25%. Прирост запасов также в значительной степени обеспечивается за счет трудноизвлекаемых запасов – в среднем более 30%.

Прорывными технологиями увеличения извлечения нефти являются бурение многоствольных скважин и проведение многостадийных гидравлических разрывов пласта. Также необходимо расширять использование колтюбинга, продолжать разработку и внедрение новых методов воздействия на нефтяной пласт.

Несмотря на незначительную роль в структуре запасов и доли в возможной добыче углеводородов в разработку также необходимо переводить и законсервированные месторождения. Ввод в эксплуатацию законсервированных месторождений сопряжен с решением ряда задач: обеспечения требования к уровню изученности, выбора технологии, экономическое обоснование. При этом главным фактором расконсервации таких месторождений является конъюнктура цен на углеводородное сырье. Следует отметить, что при действующем экономическом механизме, затраты на обеспечение даже необходимого уровня изученности, отрицательно сказываются на экономике реализации проектов по их разработке. Необходимо пересмотреть требования к разработке подобных месторождений и принять экономические меры стимулирования.

Для использования новых технологий добычи на месторождениях с трудноизвлекаемыми запасами, включая нетрадиционные углеводороды низкопроницаемых коллекторов, необходим соответствующий уровень подготовки кадров. В республике не реализуются соответствующие программы высшего образования. Одним из вариантов решения является создание совместной магистратуры с российским высшим учебным заведением в области нефтегазового дела. При этом следует учитывать, что для управления современными технологическими процессами разработки месторождений нефти и газа, в первую очередь необходимо наличие компетенций обращения с углеводородами.

Традиционно, основными технологическими направлениями, связанными с разработкой месторождений нефти и газа, являются технологии бурения скважин. Вместе с тем, процессы, применяемые для интенсификации добычи углеводородов, все более связаны с применением химических реагентов и продуктов химического производства. Технологические решения с использованием химических методов, должны включать среди прочих разработку:

пропантов для проведения гидроразрыва;
методов разделения водонефтяных эмульсий;
реагентов и методов очистки добывающих скважин от асфальто-смоло-парафинистых отложений;
методов воздействия на призабойную часть скважины с целью повышения нефтеотдачи.

Экономическая эффективность разработки белорусских месторождений в настоящее время может оцениваться только на основании деятельности РУП «ПО «Беларуснефть», использующего нефтедобывающую инфраструктуру, созданную в северной зоне Припятской нефтегазонасной области, в которой сосредоточено около 68% прогнозных ресурсов углеводородов и на которую приходится более 90% разведанных запасов.

Расположенные вне системы трубопроводов, обеспечивающих транспортировку нефти от нефтепромыслов, как выявленные месторождения, так и залежи углеводородов, которые будут открыты в будущем, потребуют дополнительных материальных затрат на транспортировку нефти. Как правило, это месторождения, классифицируемые по величине запасов как мелкие и очень мелкие месторождения. Соответственно, экономический механизм, действующий в системе нефтедобывающей отрасли республики, не приемлем для разработки таких месторождений, что подтверждается отсутствием инвестиций в разведку и разработку месторождений, предлагаемых для передачи в концессию.

Необходимо разработать экономические модели освоения мелких и очень мелких месторождений, залежей нетрадиционных углеводородов, связанных с низкопроницаемыми коллекторами, предусматривающие упрощенный порядок их подготовки к освоению и стимулирующие меры экономического характера.

Таким образом, для обеспечения дальнейшей разработки месторождений углеводородов Республики Беларусь необходимы разработка и внедрение технологий интенсификации извлечения трудноизвлекаемых углеводородов, совершенствование правового и экономического механизма недропользования в отношении углеводородного сырья, обеспечения квалифицированными кадрами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ляхов А. Время больших возможностей / А. Ляхов // Нефтяник Полесья. – 2018. – № 1 (33). – С. 14–25.
2. Состояние минерально-сырьевой базы Республики Беларусь на 01.01.2018 // Літасфера. – 2018. – № 1 (48). – С. 145–153.

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ СОТРУДНИЧЕСТВА
ПОЛОЦКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
С ПРЕДПРИЯТИЯМИ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ И НЕФТЕХИМИИ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Полоцкий государственный университет является научной организацией, имеющей многолетний плодотворный опыт научно-технического сотрудничества с ведущими предприятиями отрасли нефтепереработки и нефтехимии (ОАО «Нафтан», ОАО «Мозырский НПЗ», ОАО «Нафтан» завод «Полимир», СООО «ЛЛК-Нафтан»), а также опыт научно-исследовательских разработок в области рационального применения нефтепродуктов, переработки отработанных углеводородов, создания новых видов продукции по заказам предприятий и представителей малого и среднего бизнеса (ОАО «Лесохимик», ОАО «Гомельский химический завод», ЧПУП «Нефтебитумный завод», СЗАО «ЭНЕРГО-ОЙЛ», ООО «Интерсервис» и др.).

Значительная научно-исследовательская работа проводится Полоцким государственным университетом для ОАО «Нафтан». На протяжении более 40 лет осуществляется системное и планомерное научно-техническое сотрудничество в рамках выполнения научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ. Ключевая в структуре этого взаимодействия кафедра технологии и оборудования переработки нефти, одна из динамично развивающихся в университете, является действующим членом ассоциации кафедр переработки нефти вузов России

Ученые университета выполняют важнейшие для заводов работы, связанные с совершенствованием технологий выпуска нефтепродуктов, расширением их ассортимента, а также с разработкой технологических регламентов реконструируемых установок и строящихся технологических объектов. Кроме того большой объем работ по решению инженерных задач промышленных предприятий выполняют аккредитованные научно-исследовательские лаборатории и центры университета.

Результаты выполненной в текущем году научно-исследовательской работы по заказу ОАО «Нафтан», заключающейся в исследовании свойств дизельных топлив при вовлечении в их состав продуктов вторичных гидрогенизационных процессов, позволили научно обосновать и экспериментально подтвердить возможность расширения сырьевой базы предприятия в производстве топлив. Совместно со специалистами завода «Полимир» были исследованы свойства и ха-

рактеристики углеводородных фракций вторичных процессов нефтепереработки, что позволило доказать возможность их вовлечения в сырье процесса пиролиза и использования в производстве компонентов синтетических масел. Исходя из результатов исследований, специалистами кафедры были разработаны технологии производства химической продукции и соответствующие ТНПА. Разработанная специалистами университета методика прогнозирования химической стабильности бензинов используется ОАО «Нафтан» при производстве бензинов, подлежащих длительному хранению, в том числе в государственном резерве. Очень активно развивается системный подход конструктивного партнерства, преимущества которого очевидны для всех сторон, с СООО «ЛЛК-Нафтан» - единственным предприятием в стране по производству присадок. Университет практически обеспечивает «штучную» подготовку кадров для этого предприятия с учетом специфики производства и имеет возможность осуществлять научно-техническую поддержку в разработке методик определения показателей качества продукции и проведения их измерений, модернизации действующих производств, решении экологических задач. Учеными научной школы в области учетно-аналитического обеспечения устойчивого развития разработаны методические рекомендации по учету и оценке производственных отходов ОАО "Нафтан" в условиях экологических особенностей технологий.

В 2018 году университет получил специальное разрешение (лицензию) на право осуществления деятельности в области промышленной безопасности и аттестат аккредитации на деятельность испытательно - исследовательского центра, в том числе на проведение технического диагностирования оборудования на опасных производственных объектах. В результате университет активно выполняет исследовательские работы по техническому диагностированию оборудования взрыво-пожароопасных производств для ОАО «Нафтан», ОАО «Полоцктранснефть Дружба» и др.

Следует отметить новые активно развивающиеся научно-технические направления:

- получение эффективных нефтяных сорбентов из отходов растениеводства, предназначенных для ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов. Полученные сорбенты обладают высокой нефтеемкостью и по физико-химическим характеристикам более эффективны промышленно применяемых аналогов, используемых ОАО «Нафтан», ОАО «Полоцктранснефть Дружба» и другими предприятиями. ГУ «БелИСА» разработан бизнес-план по производству разработанных сорбентов на базе ОАО «Полоцкий КХП». Стоимость

предлагаемых сорбентов в три раза ниже промышленного аналога «Белнефтесорб - экстра».

- разработка высокоэффективной технологии получения фито-биотика (бетулина) из отходов деревообработки для получения биологически активной кормовой добавки (в сотрудничестве с ООО «Центр инновационных технологий» (г. Новополоцк));

- создание нанокмпозиционных пластичных смазок (в сотрудничестве с Государственным научным учреждением «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси».

Успешным проектом не только в рамках университета, но и в республике является совместная разработка ученых с французской фирмой в области микродистилляции нефтепродуктов. Разработанный прибор позволяет в короткое время осуществлять экспресс-анализ свойств нефтепродуктов. Прибор запатентован в 13 странах мира, успешно продается партнером в странах Западной и Восточной Европы, США, Азии, Африки и приносит реальный валютный доход университету (роелти).

В настоящее время специалистами кафедры выполняются научные исследования в области нефтехимии и нефтепереработки, которые могут быть полезны для промышленных производств, а именно: обоснован новый способ извлечения нафталина из фракции жидких продуктов пиролиза углеводородного сырья; разработаны составы консервационной смазочной композиции и профилактического средства против смерзания сыпучих углеродсодержащих материалов, в том числе нефтяного кокса, из побочных продуктов нефтепереработки и нефтехимии; предложены варианты использования отходов нефтехимии для получения депрессорной присадки в печное топливо и модификатора полимербитумных композиций.

Для решения вопроса о целесообразности организации малотоннажного производства Полоцким государственным университетом и ОАО «Нафтан» проводится совместная работа по обеспечению выпуска опытных партий побочных продуктов депарафинизации масел с улучшенными показателями качества.

В октябре 2017 года в Новополоцке создан инновационно-промышленный нефтехимический кластер – координирующая структура, в состав которой вошли ОАО «Нафтан», Полоцкий государственный университет и Новополоцкий городской исполнительный комитет. Основными целями Кластера являются консолидация производственного, научно-образовательного, инновационного, организационного, административного потенциала сторон, направленная на повышение конкурентоспособности выпускаемой продукции и региональной эко-

номики; внедрение технологических инноваций за счет обеспечения эффективного взаимодействия науки, бизнеса и власти; трансфер инновационных разработок по схеме «наука-производство»; подготовка предложений для органов государственной власти и органов местного управления в сфере промышленной, инновационной, научно-образовательной, кластерной политики; обеспечение высоких темпов экономического роста сторон.

Учитывая существующий кадровый потенциал, наличие материальной базы и опыт специалистов университета в области нефтепереработки и нефтехимии было принято решение о создании отраслевой лаборатории нефтегазопереработки в Полоцком государственном университете. Решение согласовано с Новополоцким городским исполнительным комитетом, ОАО "Нафтан", ОАО «Мозырский нефтеперерабатывающий завод», Объединенным институтом машиностроения Национальной академии наук Беларуси, ОАО «Завод горного воска», концерном «Белнефтехим». Создание отраслевой лаборатории нефтегазопереработки на базе университета позволит сосредоточить территориально современную приборную и технологическую базу, научных сотрудников и специалистов, занимающихся отраслевой проблематикой и обеспечить выполнение стратегически важных, приоритетных направлений государственной политики в области экономического развития отечественной нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, а также повысить качество подготовки инженерных кадров.

Полоцкий государственный университет осуществляет полный цикл подготовки инженеров для нефтеперерабатывающих предприятий страны и их последующее повышение квалификации. Ученые университета по заказу ведущих предприятий отрасли (ОАО «Мозырский НПЗ», ОАО «Нафтан», завод «Полимир» и др.) осуществляют повышение квалификации специалистов, находящихся в резерве руководящих кадров, повышение квалификации в области промышленной безопасности, новых процессов переработки углеводородного сырья, нефтехимическим процессам, внедрение которых планируется в ближайшей перспективе

Согласно Стратегическому плану развития Полоцкого государственного университета на 2016-2020 годы предполагается не только готовить высококвалифицированных специалистов для профильных отраслей промышленности, но и развивать и реализовывать научный потенциал для создания современных технологий, новой высокоэффективной инновационной продукции, которая будет востребована отечественной промышленностью и будет конкурентоспособной на зарубежных рынках.

Терещенко И.М., Дормешкин О.Б., Жих Б.П., Кравчук А.П.
Белорусский государственный технологический университет

КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА КРЕМНЕГЕЛЯ – МНОГОТОННАЖНОГО ОТХОДА ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Кремнегель – многотоннажный отход производства фтористого алюминия представляет собой аморфный тонкодисперсный кремнезем (содержание $\text{SiO}_2 > 90 \%$), благодаря чему может рассматриваться как перспективное сырье для получения силикатов и полисиликатов щелочных металлов имеющих широкую сферу потребления. Кроме того, его вовлечение в промышленную переработку позволит существенно улучшить экологическую обстановку в регионе. Однако, в настоящее время продукт практически не используется и загрязняет окружающую среду, представляя собой порошок, с содержанием воды до 70 %. Следует отметить, что попытки промышленного использования кремнегеля предпринимались неоднократно, однако эффективной технологии переработки его не создано, в силу трех причин, приведенных ниже:

1) высокое водосодержание кремнегеля, что отрицательно сказывается на качестве получаемых продуктов, кроме того, в техпроцессе образуются фторсодержащие сточные воды, требующие утилизации;

2) кремнегель представляет собой рыхлый агрегированный порошок, в котором основной компонент – кремнезем, находится в пассивном состоянии, что связано с технологией его получения. Таким образом, для использования в промышленных технологиях кремнегеля, следует переводить его в суспендированное состояние (без добавления воды) и активировать;

3) негативное влияние примесей (соединения фтора и алюминия), которые по мнению большинства исследователей, препятствуют растворению кремнезема в щелочных растворах.

В литературе рассматривается ряд способов воздействия на кремнегель с целью устранения его проблем – многократная отмывка, термическая (сушка) и химическая активация. Однако, все это усложняет технологическую схему, увеличивает затраты и снижает экономическую эффективность производства.

На кафедре ТСиК БГТУ разработаны одностадийные ресурсо-и энергосберегающие технологии получения растворимых и нерастворимых силикатов щелочных металлов на основе кремнегеля, основой которых является использование процесса предварительной механо-

активации кремнегеля. Данная стадия хорошо вписывается в технологический процесс, не требует сложного оборудования и больших затрат (расход энергии на механоактивацию около 16 кВт·ч/т). Важно, что в ходе данной стадии решаются все проблемные вопросы, связанные с кремнегелем:

1. Происходит изменение агрегатного состояния: переход от порошка в текучую суспензию (вязкость по Энглеру 12–14 с), за счет перехода части связанной воды в свободную.

2. Полученная суспензия стабильна, при легком перемешивании может храниться продолжительное время.

3. Избыточная влага может быть удалена после отстаивания декантацией.

4. Резко повышается химическая активность кремнезема за счет перестройки водных оболочек его частиц, разрушения агрегатов, увеличение поверхности контакта.

5. Устраняется негативное влияние примесей, которые также как и SiO_2 реагируют со щелочью с образованием нерастворимых соединений (фториды натрия, алюминаты).

В итоге реакция кремнегеля с едким натром при атмосферном давлении и температуре 90–95 °С протекает полностью и завершается за 25–45 мин в зависимости от силикатного модуля смеси.

Ниже приведены технологические схемы и краткая характеристика двух многотоннажных технологических процессов, обеспечивающих полное вовлечение кремнегеля в производство.

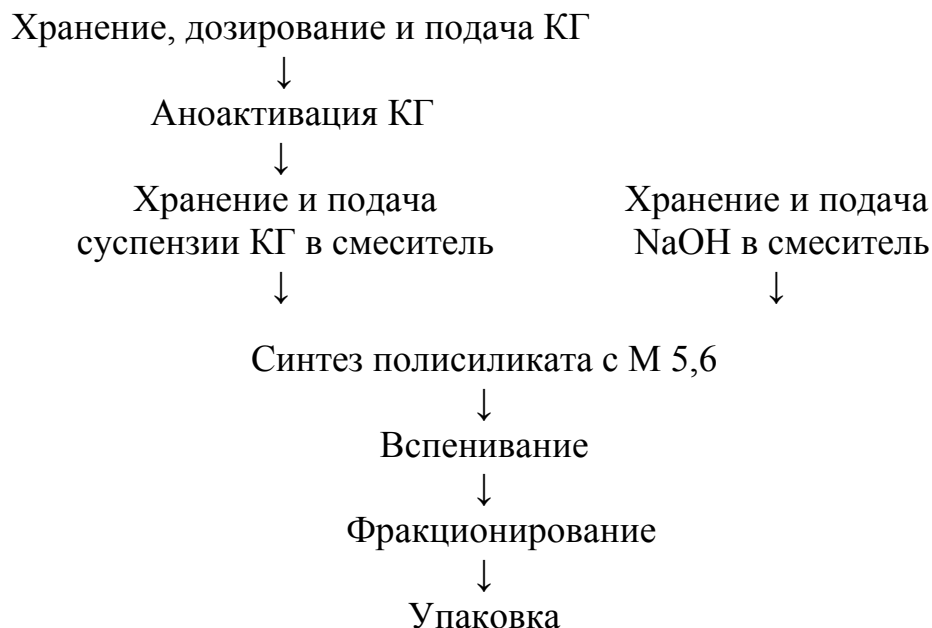
Получение жидкого стекла с силикатным модулем 2,0–3,2 по одностадийной безавтоклавной технологии.

Наибольший интерес с экономической и экологической точки зрения, представляет способ получения жидкого стекла безавтоклавным низкотемпературным синтезом (температура гидротермальной обработки менее 100 °С, атмосферное давление), реализуемым на основе высокодисперсного промышленного кремнеземистого отхода. Качество производимого по такой технологии жидкого стекла характеризуется следующими показателями:

- выход готового продукта по SiO_2 – не менее 98 %;
- силикатный модуль – 2,0–3,2;
- плотность, г/см³ – 1,26–1,55;
- массовая доля SiO_2 – 22,0–36,8;
- массовая доля Na_2O – 7,8–13,9;
- выпадение осадка при хранении – менее 1 %.

Ниже приведена технологическая схема получения жидкого стекла на основе кремнегеля:

Ниже приведена технологическая схема получения вспененных гранулированных материалов.



Технология получения не содержит энергозатратных стадий и ориентирована на использование промышленных отходов. Использование отходов, отсутствие в технологическом процессе энергоемких стадий (сушка, тонкое измельчение), а также низкие температуры вспенивания (350–450 °С) обеспечивают себестоимость продукции в пределах 45–55 \$ за 1 м³ в зависимости от гранулометрического состава, что в два раза ниже чем у пеностекла. Гранулированные материалы обладают комплексом свойств, близких к традиционному пеностеклу, которое считается эталоном для теплоизоляционных материалов. Материалы имеют широкую область применения; обеспечивается возможность получения мелкогранулированного и узкофракционированного продукта, например, фракции 0,5–2 мм, остро востребованной на рынке. Экологическая безопасность разработанных материалов обеспечивается стабильностью его структуры и отсутствием вредных выделений.

Кузьменков М.И., Короб Н.Г., Анкуда М.К., Комаров М.А.
Белорусский государственный технологический университет

**ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ УТИЛИЗАЦИИ
СОЛЕВОГО ШЛАМА СТАНЦИИ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ
ОАО «ГОМЕЛЬСКИЙ ХИМИЧЕСКИЙ ЗАВОД»**

В настоящее время вопросы экологии являются одними из центральных в производственном процессе любого предприятия. В мире экологические требования к промышленным предприятиям постоянно ужесточаются, поэтому наряду с ростом эффективности, увеличением экспорта на предприятиях должна вестись непрерывная работа по обеспечению экологической безопасности производства и снижению нагрузки на окружающую среду.

Гомельский химический завод является крупным предприятием нефтехимии, которое осуществляет сложную технологическую деятельность. В настоящее время на нем образуется более 80 видов отходов, часть из которых направляется на захоронение, другая — на хранение. На повторное использование и переработку идет более 40 видов отходов. На предприятии ведется производственный экологический контроль, внедрена система управления окружающей средой ИСО 14001, мобильно работает отдел охраны окружающей среды, однако есть и проблемные вопросы.

Многотоннажным отходом предприятия, проблема утилизации которого до настоящего времени не решена, является солевой шлам станции нейтрализации кислых стоков из сернокислотных цехов, цеха производства фосфорной кислоты и цеха фторсолей. По результатам химического анализа солевой шлам имеет следующий состав, мас. %: CaO — 43,8–46,4; F- — 12,3–16,4; SO₃ — 1,8–2,4; P₂O₅ — 5,3–8,2; влажность — в пределах 60–63 мас. %.

Следует отметить, что солевой шлам станции нейтрализации является весьма опасным с экологической точки зрения ввиду высокого содержания в нем фторидов и кремнефторидов ряда металлов, в частности, фторида кальция (растворимость CaF₂ — 0,015–0,016 г/л).

Накопление указанного солевого шлама составляет порядка 100 тыс. тонн. Под действием атмосферных осадков загрязненные воды проникают на глубину до 25 метров, в связи с чем на территории предприятия пробурено 16 скважин и ведется мониторинг загрязнения грунтовых вод, так как водозабор питьевой воды проводится с глубины 40 метров. Предприятие несет значительные затраты на складирование отходов.

Перспективным направлением утилизации солевого шлама станции нейтрализации может явиться использование его при производст-

ве цемента. В БГТУ проводятся исследования по изучению эффективности использования солевого шлама химического завода в качестве минерализатора при обжиге цементного клинкера [1]. Производство портландцемента является весьма энергоемким, доля тепловой энергии в себестоимости составляет около 65%, стоимость природного топлива повышается.

Авторами [2] были выполнены системные исследования по изучению влияния различных солей, и прежде всего галогенидов, на процесс обжига цементного клинкера. Анализ научной информации показывает, что введение фторидов в количестве 2% позволяет снизить температуру обжига на 100–150°C [1-3].

Проведены промышленные испытания по введению 0,4–0,7% фторида кальция (в пересчете на клинкер) в сырьевую смесь ОАО «Красносельскстройматериалы». Плавиновый шпат вводили в сырьевую мельницу домолы, обжиг шлама проводился в печах производительностью 53 т/ч. Введением фторида кальция удалось повысить производительность печи на 1,0–1,5 т/ч (при вводе 0,7% CaF_2) без увеличения расхода топлива [3].

Выполнен цикл исследований по изучению интенсифицирующего действия минерализаторов на процесс клинкерообразования. Были изучены как индивидуальные солевые минерализаторы, так и бинарные минерализующие смеси $\text{CaF}_2 - \text{CaSO}_4$, $\text{CaF}_2 - \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{CaSO}_4 - \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Установлено, что эффективность действия смешанных минерализаторов значительно превосходит эффективность воздействия каждого компонента в отдельности. Исследованы свойства цементов, полученных с использованием индивидуальных, двойных и тройных минерализаторов.

Согласно стандарту СТБ ЕН 197-I-2007, содержание свободной извести в цементе не должно превышать 5%. При использовании обжигного шлама солей этот показатель находится на уровне 1,5% при температуре обжига 1300 °C, что говорит о целесообразности его использования для обжига цементно – сырьевой смеси.

Принцип действия минерализаторов следующий: при наличии их в сырьевой смеси образование жидкой фазы происходит при значительно более низких температурах, в связи с этим кристаллизация главных клинкерных минералов происходит намного раньше и значительно быстрее. Ускорительное действие минерализующей добавки, в том числе фторсодержащей, обусловлено тем, что с появлением эвтектической расплавы кремнекислородные цепочки Si-O-Si деполимеризуются за счет вхождения фтора вместо мостикового кислорода. Это делает силикатный расплав менее вязким, что в

свою очередь обеспечивает лучшую смачиваемость расплавом твердой фазы и обеспечит более быстрое протекание реакции в системе твердое–жидкость.

Подводя итоги исследования всех трёх шламов, можно утверждать, что использование совместных шламов является лучшим минерализатором для получения портландцементного клинкера.

Подготовка шлама станции нейтрализации для использования его при производстве цемента подразумевает снижение влажности шлама с 60-63% до 10-15% путем замены барабанных вакуумных фильтров на центрифуги, что обеспечит возможность его транспортировки в открытых железнодорожных полувагонах.

Таким образом, введение солевого шлама станции нейтрализации химического завода в состав сырьевой смеси в количестве 0,5-1,5% обеспечивает интенсификацию обжига цементного клинкера во вращающейся печи, что позволяет снизить температуру обжига с 1450 до 1300-1350°С и за счет этого уменьшить расход топлива на обжиг. Это позволит уменьшить импорт природного газа и каменного угля. Снижение энергоемкости производства также будет способствовать поступлению на рынок белорусских строительных материалов более дешевого отечественного цемента и увеличению объемов строительства. Кроме этого, использование техногенного шламового отхода для производства цемента позволит одновременно решить важнейшие экологические вопросы по предотвращению загрязнения окружающей среды вредными примесями и исключению возможности их попадания в почву, грунтовые воды и в воздушную среду.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ситько, М.К. Интенсификация влияния минерализаторов на процесс обжига портландцементного клинкера / М.К. Ситько, Н.Г. Стародубенко // Труды БГТУ. – 2016. – № 3: Химия и технология неорганических веществ. – С.106-110.

2. Окороков, С. Д. Минерализаторы для интенсификации процесса обжига портландцементного клинкера / С.Д. Окороков, С.Л. Голынько-Вольфсон, М.М. Сычев // Сборник трудов по химии и технологии силикатов. - 1957. - С.147-162.

3. Черкасов, А. В. Использование плавикового шпата для увеличения производительности цементной вращающейся печи / А.В. Черкасов, Перескок С.А. // Цемент и его применение. – 2014. - №7. – С.24–25.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ УЗБЕКИСТАНА И ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ КАДРОВ

Республика Узбекистан обладает мощной базой углеводородного сырья.

В пределах республики установлено 5 (Устюртский, Бухаро-Хивинский, Юго-Западно-Гиссарский, Сурхандарьинский и Ферганский) нефтегазоносных регионов, суммарной площадью перспективных земель 208,9 тыс.кв.км.

Эти регионы принципиально отличаются друг от друга по геологическому строению, по плотности размещения открытых месторождений и их типам, по глубинам залегания залежей углеводородов, по перспективам открытия в их пределах новых месторождений, по объемам прогнозных и перспективных ресурсов и т.д.

Продуктивные комплексы в нефтегазоносных регионах приурочены к породам от палеозойского до неогенового возрастов в различных сочетаниях.

В этих регионах по состоянию на 01.01.2018 г. открыто более 250 месторождений нефти и газа.

Количество извлекаемых разведанных запасов углеводородов промышленных категорий составляет 2516,6 млн.т.у.т преимущественно газообразных углеводородов.

Разведанные на настоящее время запасы углеводородов обеспечивают республику добычей газа на 32 года, нефти и конденсата-на 33 года.

Для поддержания достигнутого уровня добычи углеводородов в более длительной перспективе в республике необходимо ежегодно приращивать запасы в объеме, превышающем в 1,1-1,5 раза добычу. Предпосылки для этого имеются, поскольку Республика Узбекистан располагает предварительно оцененными запасами газа категории C_2 в количестве 538,3 млн.т.у.т, перспективными извлекаемыми ресурсами газа (C_3)-1624,0 млн.т.у.т, прогнозными извлекаемыми ресурсами газа ($D_1 + D_2$)-7731,9 млн.т.у.т. /1/.

Основной прирост запасов и, соответственно, их добыча приходится на Бухаро-Хивинскую нефтегазоносную область. Считается, что имеются основания и далее проводить на этой территории геологоразведочные работы, поскольку они еще долгие годы будут здесь успешными. Тем не менее, этот регион уже находится в стадии, когда снижение темпа прироста запасов углеводородов приобретает устойчи-

вый характер и влияет на снижение их добычи /2/. Такое положение не способствует решению задачи увеличения добычи нефти, газа и конденсата в целях достижения энергетической независимости республики, предусмотренной стратегией развития нефтяной и газовой промышленности /3/.

Выходом из создавшегося положения является наличие достойной альтернативы Бухаро-Хивинскому региону. Таким фактором может служить освоение скоплений углеводородного сырья из нижезалегающих комплексов пород, в первую очередь верхнего палеозоя. Это касается, главным образом, Устюртского, Бухаро-Хивинского и Ферганского регионов. Определенные перспективы также связываются с новыми малоизученными территориями Средне-Сырдарьинской депрессии, Хорезмского региона, в которых будут усилены геолого-разведочные работы.

В настоящее время в Республике Узбекистан успешно реализуются инвестиционные проекты по добыче нефти и газа, а также геолого-разведочные работы более 10 иностранными компаниями, среди них такие как Петронас (Малайзия), CNOOC (КНР), Газпром и Лукойл (Россия), Петровьетнам (Вьетнам) и др.

В Республике выполняются ряд программ по развитию нефтегазовой отрасли, на основе которых достигнуты значительные результаты. В частности, в рамках реализации программы по увеличению добычи углеводородного сырья, объемы буровых работ в разведочном и эксплуатационном бурении скважин выросли в два раза, что обеспечило открытие новых нефтяных и газовых месторождений. В стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан разработанной Президентом Ш.М.Мирзиёевым определены задачи по сокращению энергоемкости и ресурсоемкости экономики, широкому внедрению в производство энергосберегающих инновационных технологий, повышению производительности труда в отраслях экономики, а также продолжение политики стимулирования производства для поднятия на новый уровень развития нефтегазовой промышленности и повышения эффективности разработки месторождений углеводородов.

Решение задач поставленных перед нефтегазовой отраслью невозможно без подготовки кадров отвечающих современным требованиям. В настоящее время кадры для нефтегазовой отрасли Республики по направлениям геофизика, геология нефти и газа, разработки нефтяных и газовых месторождений и переработки углеводородов готовятся в Ташкентском государственном техническом университете имени И.А.Каримова, Каршинском инженерно-экономическом институте, Ташкентском химико-технологическом институте, Бухарском инже-

нерно-технологическом институте и Ташкентском филиале Российского государственного университета нефти и газа имени И.М.Губкина.

Естественно, эти высшие учебные заведения различаются по оснащенности материально-техническими ресурсами, экспериментальной базой и квалификацией преподавательского состава. В связи с этим осуществляются работы по подготовке и переподготовке преподавательского состава на научных и учебных центрах республики и ведущих зарубежных стран, а также по улучшению экспериментальной базы и обеспечением материально-техническими ресурсами.

В процессе обучения студенты проходят квалификационную практику на ведущих нефтегазодобывающих и перерабатывающих предприятиях Республики, таких как ООО “Мубарекнефтегаз”, ООО “Шуртаннефтегаз”, ООО “Устюртгаз”, АО “Джаркуррганнефть”, АО “Андижаннефть”, АО “Узтрансгаз”, ООО “Мубарекский газоперерабатывающий завод”, ООО “Бухарский нефтеперерабатывающий завод”, ООО “Ферганский нефтеперерабатывающий завод”, ООО “Шуртанский газохимический комплекс”, СП ООО “Uz-Kor Gaz Chemikal” и др.

Для подготовки высококвалифицированных кадров в национальном государственном университете имени Мирзо Улугбека, институте геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений (“ИГР-НИГМ”) и Ташкентском химико-технологическом институте функционируют специализированные советы по защите докторских диссертаций (PhD и DSc) по специальностям геология и разведка нефтяных и газовых месторождений, разработка нефтяных и газовых месторождений, строительство нефтяных и газовых скважин, переработка нефти и газа и др.

За последние годы в стране принимаются широкомасштабные меры по созданию системы высшего образования, соответствующей приоритетным направлениям социально-экономического развития и требованиям международных стандартов. В целях повышения качества образования в высших образовательных учреждениях, обеспечению активного участия данных учреждений в осуществляемых в республике широкомасштабных реформах, преобразованиях в социальной и экономической сферах вышло ряд постановлений Президента Республики Узбекистан Ш.М.Мирзияева и Кабинета Министров Республики Узбекистан. В их числе «О мерах по дальнейшему развитию системы высшего образования №ПП-2909 от 20 апреля 2017 года», «О дополнительных мерах по повышению качества образования в высших образовательных учреждениях и обеспечению их активного участия в осуществляемых в стране широкомасштабных реформах» №ПП-3775 от 5 июня 2018 г., «О мерах по дальнейшему расширению

участия отраслей и сфер экономики в повышении качества подготовки специалистов с высшим образованием» №ПП-3151 от 27 июля 2017 г., « О создании молодежного центра инноваций при Министерстве инновационного развития Республики Узбекистан» №832 от 17 октября 2018 г. и др.

Для улучшения качества подготовки кадров проводятся мероприятия по более широкому использованию опыта и знаний ведущих специалистов отрасли. Опыт организации циклического обучения магистров в учебных классах ООО «Мубарекнефтегаз» показал широкие возможности привлечения ведущих специалистов отрасли в учебный процесс без отрыва от основной деятельности.

Также не до конца исчерпаны возможности сотрудничества с ведущими вузами для обогащения подготавливаемых кадров новыми знаниями и технологиями путем непосредственного контакта студентами из зарубежных стран.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдуллаев Г.С., Богданов А.Н. Проблемные вопросы отечественной геологоразведки на нефть и газ // Узбекский журнал нефти и газа. -2013.-№2.-С.3-5.

2. Абдуллаев Г.С. Надежная сырьевая база углеводородов – основа для привлечения иностранных инвестиций в нефтегазовую отрасль Республики Узбекистан // Узбекский журнал нефти и газа 2013. – №4. – С.10-16.

3. Файзуллаев Ш.Н. Нефть и газ Узбекистана: новые горизонты «Узбекнефтегаза»// газета «Народное слово» от 18.05.2004.

4. Стратегия действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017–2021 годах // Сборник законодательных документов Республики Узбекистан, 2017. – №6.

Мосталыгина Л.В., Елизарова С.Н.
Курганский государственный университет

ИОНОМЕТРИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИИ ИОНОВ СВИНЦА(II) ТАЛЛОМАМИ КУСТИСТЫХ ЛИШАЙНИКОВ ЗАУРАЛЬЯ

Разработка сорбционных материалов для использования в качестве детоксикантов – активно развивающееся направление в биологии, химии и медицине. Энтеросорбенты должны быть безвредными, нетоксичными, несовместимыми с биосубстратами живого организма, а также обладать высокой сорбционной емкостью.

Таким условиям вполне могут отвечать сорбенты на основе местного растительного сырья, в частности лишайникового. Среди разнообразных видов лишайников особый интерес представляет изучение такого семейства, как Кладониевые (*Cladoniaceae*), как одного из наиболее сложных в химическом отношении представителей лишайников, признанного надёжным биоиндикатором.

Большинство Кладониевых лишайников имеют мультирегиональное расположение, но специфические для каждого региона экологические факторы в конечном итоге накладывают отпечаток на химизм растения и его сорбционные свойства.

Нами впервые изучены в качестве сорбентов образцы лишайникового сырья Зауралья: Кладония лесная (*Cladonia sylvatica*) и Кладония рогатая (*Cladonia cornuta*). Лишайники были собраны в районах Курганской области, максимально удаленных от зон техногенного загрязнения.

Механическая активация лишайников осуществлялась на электрической лабораторной мельнице, а механохимическая – твердым гидрокарбонатом натрия (1% по массе).

Исследована сорбционная активность лишайников по отношению к ионам одного из самых опасных тяжелых металлов – ионам свинца (II). Изучено влияние времени контакта модельного раствора соли свинца (II) с нативными и активированными образцами лишайников на величину сорбции.

Получены изотермы сорбции ионов свинца (II) на исследуемых сорбентах. Изотермы проанализированы на соответствие известным теоретическим моделям (Лэнгмюра и Фрейндлиха).

Для количественного определения содержания ионов Pb^{2+} был выбран ионометрический метод. Используемые электроды: электрод сравнения (хлорсеребряный) и электрод селективный по отношению к катиону свинца марки (ХС Pb ст. 001)

По полученным данным определяли остаточную концентрацию и рассчитывали сорбцию и процент связывания ионов по соответствующим формулам.

Извлечение ионов металлов проводили в статических условиях (со встряхиванием и без встряхивания) из модельных растворов солей с концентрацией $1 \cdot 10^{-1}$ - $5 \cdot 10^{-5}$ моль/л. Время контакта сорбента с солью металла составляло от 5 до 60 минут при встряхивании) или 24 часа без встряхивания.

Время достижения сорбционного равновесия, которое устанавливали по кинетической кривой сорбции в системе водный раствор нитрата свинца - образец лишайника, на нативных образцах лишайников составляло 20 минут, на механически активированных образцах – 10 минут, на механохимически активированных – 10 минут.

Таким образом, скорость сорбции и время установления равновесия зависят от способа активации сырья.

Механохимическая активация лишайников, возможно, приводит к появлению новых групп молекул, их распаду, окислению и гидролизу, образованию свободных радикалов. Добавление химических веществ (гидрокарбоната натрия) может сопровождаться изменением химического состава лишайников. Такие изменения могут повлиять на скорость сорбции, обмен ионами.

Сравнение кинетических кривых позволило определить максимальную сорбцию при установлении равновесия в изучаемых системах. Активация образцов лишайника Кладония рогатая привела к некоторому увеличению сорбционной активности материала. Сорбция увеличилась с 0,46 ммоль/г (нативный образец без встряхивания) до 0,5 ммоль/г (механохимический образец). Для лишайника Кладония лесная изменения были незначительными.

Для определения предельной сорбционной емкости сорбентов были получены изотермы сорбции ионов Pb(II) из водных растворов Pb(NO₃)₂ лишайниками. Анализ изотерм показывает, что сорбционная активность образцов Кладонии лесной и Кладонии рогатой в отношении ионов свинца незначительно отличается.

Полученные данные проверялись на соответствие изотермам адсорбции Френдлиха и Лэнгмюра.

Используя нелинейную регрессию, приведённую к линейному виду, соответствующую изотерму адсорбции выбрали для каждого вида лишайника по статистическому критерию R² (величина достоверности аппроксимации). Как видно из таблицы 1, для количественного описания адсорбционных форм лишайников наиболее подходящей является изотерма Лэнгмюра.

**Таблица 1 – Величина достоверности
аппроксимации изотерм адсорбции**

Тип изотермы адсорбции	R^2 (величина достоверности аппроксимации)
Кладония лесная	
Изотерма Фрейндлиха	0,6604
Изотерма Лэнгмюра	0,9985
Кладония рогатая	
Изотерма Фрейндлиха	0,8691
Изотерма Лэнгмюра	0,9998

Можно предположить, исходя из литературных данных, что одной из составляющих механизма сорбции на лишайниках может быть ионный обмен.

Нами проведена соответствующая математическая обработка данных и показано, что зависимость $-\ln(1-F)$ от времени, где F – степень достижения равновесия, ($C(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = 5 \cdot 10^{-3}$ моль/л) для Кладонии рогатой и Кладонии лесной приближена к линейной, что может свидетельствовать о большом вкладе в механизм сорбции ионного обмена.

Выводы:

1. У нативных образцов Кладонии лесной (*Cladonia sylvatica*) сорбционная активность по отношению к ионам свинца выше, чем у Кладонии рогатой (*Cladonia cornuta*).

2. У активированных (гидрокарбонатом натрия) образцов лишайников сорбционные свойства выше, чем у нативных.

3. Сравнение испытуемых лишайников между собой показывает, что в условиях эксперимента оба вида являются эффективными сорбентами ионов свинца.

Лишайники рода Кладония (*Cladonia sylvatica*, *Cladonia cornuta*) является эффективным природными сорбентами по отношению к ионам свинца. Основное преимущество использования лишайников заключается в том, что они являются доступным и дешевым природным материалом, который не вносит дополнительных загрязнений в окружающую среду. При использовании лишайников в качестве сорбента не требуется больших экономических затрат на их подготовку. Эти преимущества позволяют использовать лишайники в качестве сорбента ионов свинца для очистки природных объектов – воды, воздуха и почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анышакова В.В. Механохимические технологии получения биологически активных веществ из лишайников // Известия Самарского НЦ РАН. - 2011. - Т. 13 (39). - № 1. - С. 236–240.
2. Анышакова В.В. Получение сорбционного биоматериала из слоевищ лишайников // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). - 2012. – № 1. – С. 29–32.
3. Воробьев Д.В. Ионнообменные свойства клеточных стенок, изолированных из таллома лишайника *Peltigera aphthosa* (L.) Willd // Микробиология. 2009. Т. 78. №5. С.702–708.

Калаев Р. Э., Янин И. М., Маркелова Н. Л., Калаева С. З.
Ярославский государственный технический университет

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ВЫСОКОВЯЗКИХ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

Возрастающее количество добываемых и используемых нефтепродуктов приводит к усиливающемуся антропогенному воздействию на окружающую природную среду и как следствие накоплению высоковязких нефтесодержащих отходов (ВНО) на территории промышленных предприятий.

Переработка ВНО решает две важные задачи: во-первых, это защита окружающей среды от опасных загрязнений, а во-вторых, использование содержащегося в их составе вторичного сырья (углеводородов, редких металлов и других полезных компонентов).

Существующие в настоящее время технологии переработки нефтеотходов предусматривают получение на его основе товарной нефти, мазута, печного топлива, однако использование указанных технологий для суспензионных и битуминозных типов шламов, содержащих тяжелые фракции углеводородов (асфальтены и смолы) и большое количество минеральных компонентов неэкономично. Одной из главных проблем, которая препятствует переработке ВНО, является большое содержание воды в отходе, которая не отделяется отстаиванием и центрифугированием.

В таблицах 1 и 2 представлены результаты определения качественного и количественного состава ВНО различных предприятий [1].

Таблица 1 – Физико-химические показатели качества ВНО

Наименование показателя	Значение показателя		
	ВНО ОАО «Славнефть- ЯНОС», г. Ярославль	ВНО ОАО «Когалымнеф- тегаз», г. Когалым	ВНО «Яблоневский товарный парк», г. Нефтегорск
Доля минеральных компонентов, % мас.	13,2–14,1	16,2– 17,9	16,9– 9,0
Содержание воды, % мас.	38,0–39,0	39,6– 42,1	38,2–39,6
Массовая доля органических веществ, % мас.	50,8–49,9	40,1–44,3	35,4–49,9
Кислотное число, мг КОН/г продукта	0– 0,8	0–0,6	0–1,0
Плотность, кг/м ³	1221,2–1236,4	1170,7 – 1208,9	1264,3 – 1280,7
Класс опасности	III (умеренно опасные отходы)		

Таблица 2 – Результаты определения группового состава органической части ВНО методом жидкостной хроматографии

Наименование фракции	Процентное содержание, %
Парафино-нафтеновые масла	50,87 – 52,23
Моноциклические ароматические масла	3,59 - 4,51
Бициклические ароматические масла	34,62 – 36,88
Полициклические ароматические масла	1,91 – 2,10
Спиртбензольные смолы	4,38 - 5,92
Бензольные смолы	0 – 0,12
Асфальтены	0,44 - 2,21

Установлено, что отход содержит в себе до 40% по массе воды и до 50% мас. органических веществ. Достаточное количество органических соединений и, в частности, наличие большого количества ароматики и непредельных углеводородов позволяет предположить, что ВНО можно использовать как вспучивающий агент при производстве керамзитовых гранул и легких бетонов. Однако, согласно ТУ 0258-000-020694-2002 для использования ВНО в качестве выгорающей добавки для производства керамзита, остаточное содержание воды в отходе не должно быть выше 20 % [2]. Расчетным методом и методом биотестирования определен класс опасности ВНО. Установлено, что отход относится к III классу – умеренно опасные отходы.

Эффект вымораживания воды из эмульсионной среды (метод криодеэмульсации) - наименее распространённый и малоизученный способ разделения водонефтяных эмульсий [3]. Можно выделить три основные стадии процесса криодеэмульсации ВНО:

I - Разрушение бронирующих оболочек глобулы ВНО под действием отрицательных температур (термохимический метод) (рисунок 1);

II - Укрупнение капель воды вследствие нагрева ВНО (термохимический метод);

III - Разделение фаз (центрифугирование).

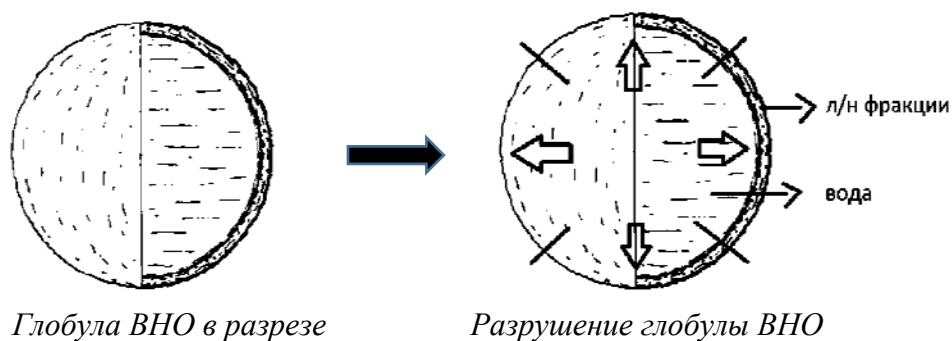


Рисунок 1 – Разрушение бронирующих оболочек глобулы ВНО

Нефтесодержащий отход замораживался при отрицательных температурах (от -1 до -15°C), затем нагревался до $20\text{--}40^{\circ}\text{C}$ и центрифугировался.

По результатам проведенных экспериментов было рассчитано уравнение регрессии зависимости остаточного содержания воды в ВНО после процесса криодеэмульсации [4]. Уравнение имеет вид:

$$y = 20,13 + 0,38 \cdot X_1 + 0,38 \cdot X_2$$

где X_1 – температура замораживания ВНО, (от -1 до -15°C), $^{\circ}\text{C}$; X_2 – массовая доля воды в ВНО ($38\text{--}42\%$), %;

По результатам проведенных исследований сделаны следующие выводы:

1. Скорость промерзания ВНО составила 42 см/сутки ;
2. Установлено, что остаточное содержание воды в ВНО зависит от температуры в выбранном интервале и от массовой доли воды, причем влияние обоих факторов одинаково;
3. При использовании метода криодеэмульсации удалось обезвожить высоковязкий нефтесодержащий отход до остаточного содержания воды менее 20% , что позволяет использовать отход в производстве керамзитовых гранул;
4. Время замораживания отхода незначительно влияет на процесс криодеэмульсации. Установлено, что для эффективного ведения процесса вымораживания хватает 1 часа ;
5. Установлено, что при обезвоживании методом криодеэмульсации из ВНО выделяется не только вода, но и легкие нефтяные фракции в количестве до 10% по массе.
6. Выделенный нефтепродукт можно использовать для получения различных видов топлива, тем самым увеличив глубину переработки нефти;
7. Для обезвоженного ВНО также был определен класс опасности – 4 (малоопасные отходы). Таким образом, за счет удаления части нефтепродуктов и воды методом криодеэмульсации удалось добиться не только меньшего остаточного содержания воды, но и понизить класс опасности отхода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Янин И.М. Предпосылки использования отходов нефтепереработки в производстве вяжущих материалов/ А.В. Ерохин, Н.Л. Маркелова, С.Д. Тимрот// Материалы Международной научно-технической конференции, посвященной дню Химика и 40-летию кафедры химико-технологических процессов филиала Уфимского государственного

нефтяного технического университета в г. Салавате НАУКА. ТЕХНОЛОГИЯ. ПРОИЗВОДСТВО - 2017 «ПРИКЛАДНАЯ НАУКА КАК ИНСТРУМЕНТ РАЗВИТИЯ НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ». – 2017 г. – С. 156–160.

2. Янин И.М. Проблемы обезвреживания нефтешламов / И.М. Янин, Н.Л. Маркелова // Булатовские чтения, Материалы I Международной научно-практической конференции Том 4: Проектирование, сооружение и эксплуатация систем трубопроводного транспорта. Химическая технология и экология в нефтяной и газовой промышленности. – 2017, стр. 252–254.

3. Ермеев А.М., Елпидинский А.А., Теоретические представления о процессе криодеэмульгирования / А. М. Ермеев, А. А. Елпидинский // Вестник технологического университета, 2014, т.17, в.20, с. 293–295.

4. Янин И.М. Математическое моделирование процесса обезвреживания нефтешлама методом криодеэмульсации / И.М. Янин, Н.Л. Маркелова, С.З. Калаева, Е.Г. Степанов // Вестник РГАТУ им. П.А. Соловьева. – №3(46) 2018, стр. 114–117.

**ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ
КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ НЕФТЕГАЗОВЫХ ВОД**

Как известно, в настоящее время в связи с уменьшением запасов традиционных рудных источников полезных ископаемых, во всем мире уделяется большое внимание промышленному использованию гидро-минерального сырья [1]. Поэтому в целях рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды от техногенного загрязнения особенно актуальной стала проблема утилизации минерализованных вод, добываемых вместе с нефтью и газом. В этих водах содержатся хлориды натрия, кальция, магния и ряд ценных редких элементов – литий, бор, стронций, рубидий, цезий, германий и другие. Эти редкие элементы используются в оборонной промышленности, в производстве ракетного топлива, космической технике, электронике и в других современных отраслях промышленности. Поэтому в промышленно развитых странах неуклонно возрастает их производство.

Целесообразность промышленного извлечения редких элементов из попутных подземных вод определяется рядом преимуществ. Эти воды характеризуются значительными запасами, т.к. их объёмы постоянно растут пропорционально объёму добываемых нефти и природного газа. Они являются бесплатными и поэтому могут разрабатываться без выделения дополнительных капитальных затрат. Они рассматриваются как комплексное сырьё, содержащее несколько ценных химических веществ. Во многих случаях эти воды являются термальными и могут служить как источник тепловой энергии.

По химическому составу воды представляют собой рассолы второго класса, т.е. натриево-кальциевой группы хлоридного типа. И аналогичны йодобромным водам. В настоящее время в странах СНГ, в том числе в Туркменистане йод и бром производятся исключительно из подземных вод.

Следует отметить, что в указанных водах присутствуют редкие элементы, сочетающие в себе одновременно как ценные, так и вредные свойства с санитарной точки зрения. К ним в первую очередь относится стронций. Его содержание иногда сотни раз превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК), равную 10 мг/л [2]. Следовательно, рациональное использование нефтегазовых вод имеет не только экономическое, но и важное экологическое значение. Сейчас

охрана окружающей среды от попутных нефтегазовых вод решается в основном путем подземного захоронения их в глубокие водопоглощающие горизонты.

Для промышленного освоения подземных вод в качестве гидро-минерального сырья содержание в них редких элементов должно отвечать определенной кондиции. В частности, для них существуют следующие нижние пределы концентраций (мг/л): литий – 10; стронций – более 300; бор – 150; цезий – 0,5; рубидий – 3; йод – более 10; бром – более 350; германий – 0,05. Поэтому при переработке некондиционных промышленных вод требуется их первоначальное концентрирование.

На этой основе нами впервые в мировой практике разработана технология комплексной переработки высокоминерализованных подземных вод, аналогичных нефтегазовым водам [3]. Химический состав использованной воды: по макрокомпонентам (г/л): Na^+ – 50,87; Ca^{2+} – 9,10; Mg^{2+} – 1,21; Cl^- – 97,12, по микрокомпонентам (мг/л): Li^+ – 3,5; В – 19,6; Sr^{2+} – 340,0; Rb^+ – 0,2; K^+ – 560,0; SO_4^{2-} – 340,0 мг/л, pH=2,55; плотность – 1108,0 г/л; общая минерализация – 158,53 г/л.

В условиях сухого и жаркого климата Туркменистана концентрирование исходной воды изучалось в естественных бассейнах за счет солнечного испарения воды, как самое экономичное. При этом по мере сгущения рассола вначале происходит выделение хлорида натрия за счет его кристаллизации из насыщенного по нему раствора.

В процессе испарения воды прослежено изменение состава ее и содержание микрокомпонентов, определены коэффициенты их распределения между твердой и жидкой фазами. Испарение проводили в бассейнах, состоящих из подготовительного и садочного, разделенных между собой дамбами и шлюзами. Перетек рассола из бассейна в бассейн, производится самотеком.

В подготовительном бассейне происходит нейтрализация кислотности воды за счет естественной щелочности песка и глин. Здесь вода концентрируется в 2-2,5 раза и практически полностью удаляется сульфат ион в виде гипса. Затем рассол переливается в садочный бассейн, где по мере его сгущения до плотности 1200-1250 г/л происходит выделение твердого хлорида натрия в количестве 75–80% от исходного содержания, с одновременным увеличением концентрации остальных компонентов в жидкой части в 7–8 раз. Каждый садочный бассейн используется в течение одного испарительного сезона. После слива концентрированного рассола осуществляется сбор соли NaCl. Из концентрированного рассола затем последовательно извлекаются соединения редких элементов соответствующими селективными

методами ионного обмена и осаждения. Из конечного, т.е. остаточного рассола добавлением $\text{Ca}(\text{OH})_2$ осаждается $\text{Mg}(\text{OH})_2$, после чего рассол практически состоит из CaCl_2 с небольшим содержанием NaCl .

Таким образом, была достигнута полная и комплексная переработка исходной подземной воды с получением химических продуктов в следующей последовательности: NaCl , Li_2CO_3 , Na_3BO_3 , SrCO_3 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$, CaCl_2 . По результатам исследований защищен ряд докторских и кандидатских диссертаций, запатентованы изобретения, опубликованы научные труды. Опытные-производственные испытания и технико-экономические расчеты показали рентабельность разработанной технологии, и она может быть использована для комплексной переработки нефтегазовых вод.

Вывод. Экономическая целесообразность и неблагоприятная экологическая ситуация обуславливают необходимость, а современные достижения науки и техники открывают возможность комплексной и безотходной переработки минерализованных нефтегазовых вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бандаренко С.С., Куликов Г.В. Подземные промышленные воды, М., “Недра”, 1984.
2. Евжанов Х. Переработка стронцийсодержащих промышленных вод и минералов, Ашхабад: Ылым, 1994.
3. Ходжамамедов А.М., Евжанов Х., Кулиев Ч.А., Комплексная и безотходная переработка высокоминерализованных вод, Российский химический журнал, 1993, т.37, №4.

Батурин В. В., Ващенко Ю. Н., Семенов Г. Д.
(Государственное высшее учебное заведение «Украинский
государственный химико-технологический университет»,
г. Днепр, Украина vashch1961@gmail.com)

РЕЦИКЛИНГ ОТХОДОВ РЕЗИН НА ОСНОВЕ ФТОРЭЛАСТОМЕРОВ.

Вулканизированный эластомер представляет собой нерастворимый термоустойчивый материал, что делает невозможным его прямую переработку и повторное использование разнообразных резиновых изделий. Поэтому проблемы окружающей среды, вызванные накоплением изношенных шин и других резиновых изделий, стали серьезными в последние годы.

Особое место среди производства резинотехнических изделий занимают изделия из каучуков специального назначения, таких как фторэластомеры, кремнийорганические каучуки, полиакрилатные каучуки и др. Такие эластомеры, в отличие от каучуков общего назначения (например, полиизопреновых, полибутадиеновых, бутадиенстирольных и т.п.), имеют довольно высокую стоимость, превышающую порой в 5–10 раз стоимость обычных каучуков. Поэтому, отходы резин из фторкаучуков являются ценнейшим видом вторичных материальных ресурсов. Использование их является реальным резервом повышения рентабельности производства в резинотехнической отрасли и экономии дорогостоящего сырья, как эластомеров, так и ингредиентов. Эффективное использование их в составе резиновых композиций особенно важно для Украины, где отсутствуют производства по синтезу каучуков и многих компонентов резиновых смесей.

Развитие теоретических и практических основ переработки отходов резин в регенерат, его модификация приобретает особое значение в связи с ростом производства РТИ, повышением требований к существующим технологиям регенерации, к их интенсификации при высокой экономической эффективности и одновременном снижении материальных ресурсов, энергоёмкости и экологической безопасности.

Авторами проведен цикл работ по совершенствованию технологии получения регенерата из отходов резин на основе фторкаучуков и создания эластомерных композитов с их использованием.

Предложено использовать термомеханохимическую модификацию отходов резин из фторэластомеров, которая заключается в видоизменении агрегатного состояния вулканизата в межвалковом пространстве под воздействием температуры, сдвиговых деформаций и модификации,

и, в конечном счете, превращении их в регенератную композицию (пластикат). Такой модифицированный регенерат (МР) является по своей структуре композицией, обладающей комплексом улучшенных свойств исходных материалов.

Объектами исследований являлись технологически неизбежные отходы производства из резин на основе фторкаучуков СКФ-26 и СКФ-32 с углеродными и минеральными наполнителями, полученные с помощью аминных вулканизирующих систем. В качестве модифицирующих добавок изучен ряд фторсодержащих олигомеров.

Проведенные исследования позволили выбрать технологические параметры проведения процесса регенерации отходов фторрезин, которые обеспечивают возможность использования модифицированных регенератов в составе эластомерных композиций для изготовления формовых РТИ.

Улучшение свойств МР и резин с его содержанием связано, вероятно, с изменением и гомогенизацией структуры МР, формированием комплекса поперечных связей разных типов и их количественным соотношением, а также гетерогенным характером образующихся вулканизационных структур.

Производственные и эксплуатационные испытания показали существенные преимущества модифицированного термопластиката по сравнению с тонкоизмельченным вулканизатом и немодифицированным регенератом.

ПОЛУЧЕНИЕ ОКСИДА ЦИНКА ИЗ ОТРАБОТАННЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ЦИНКОВАНИЯ

Область применения оксида цинка достаточно широкая. Он используется в резинотехнической и шинной промышленности, в промышленности строительных материалов, в производстве лакокрасочных материалов и пр. Отсутствие в Республике Беларусь собственной сырьевой базы для получения оксида цинка обуславливает поиск альтернативных источников сырья. В связи с этим, увеличение объема производства продукта из отходов является актуальным и выделено как наиболее перспективное направление.

Известны различные способы получения оксида цинка, например:

- прямой пирометаллургический способ из обожженных рудных концентратов;
- способ Витерия из вторичного сырья;
- гидрометаллургический способ из цинксодержащих руд и отходов;
- высокотемпературное восстановление цинка из цинксодержащих хлористых материалов (например, цинковых дроссов, образующихся при выплавке катодного цинка);
- химическое осаждение термически нестабильных соединений с дальнейшим их разложением;
- термообработка гартцинка, образующегося при горячем цинковании и др.

Так как объектом исследования в данной работе являлись отработанные электролиты цинкования, то для получения оксидов цинка был выбран способ химического осаждения термически нестабильных соединений с дальнейшим их разложением.

В качестве осадителей использовали уротропин, карбонат натрия, гидроксид натрия, этилендиамин.

Процесс получения оксидов цинка из отработанных электролитов цинкования включал следующие операции:

- осаждение соединений цинка из отработанных электролитов цинкования;
- фильтрование образующейся суспензии;
- промывка полученного осадка;
- сушка и прокаливание осадка.

Установлено, что на выход готового продукта и его свойства влиял состав отработанного электролита цинкования. Например, выход оксида цинка из солянокислого отработанного электролита цинкования был выше, чем из сернокислотного в среднем на 15 %. Присутствие в отработанных электролитах цинкования остаточного содержания блескообразователей стимулировало рост кристаллов осаждаемого соединения, увеличивает выход продукта.

На выход готового продукта и его свойства также влиял состав и свойства осадителя. Так, наибольший выход оксида цинка наблюдался при использовании в качестве осадителя уротропина и карбоната натрия и составил соответственно 81 и 76%. Использование в качестве осадителей этилендиамина и гидроксида натрия оказалось не целесообразным, т.к. выход целевого продукта составлял менее 5%.

Необходимо отметить, что получение оксида цинка из отработанных электролитов цинкования относится к водоемким процессам (расход воды 200 дм³ на 1 кг продукта). Однако если сравнивать данный способ с существующими способами получения оксида цинка, то существует два более водоемких способа производства – гидрометаллургический (расход воды 500 дм³ на 1 кг продукта) и способ получения оксида цинка из цинксодержащих отходов вискозного производства (расход воды 300 дм³ на 1 кг продукта).

Кроме того, в атмосферный воздух выделяются пыль оксида цинка при сушке и дроблении, пары воды при сушке, а также аммиак и формальдегид непосредственно при взаимодействии уротропина и отработанного электролита цинкования.

В качестве твердых отходов образуются отработанные фильтрационные материалы.

В тоже время, рассматриваемое направление получения оксида цинка из отработанных электролитов цинкования позволит снизить нагрузку на локальные сооружения по очистке сточных вод гальванического производства. Что в свою очередь снизит загрязнение гидросферы ионами тяжелых металлов.

В Республике Беларусь отработанные электролиты цинкования образуются на многих предприятиях машино- и приборостроительного профиля. Высокое содержание в отходах гальванического производства соединений цинка позволяет их рассматривать в качестве нетрадиционного источника сырьевых ресурсов для получения цинксодержащих соединений, в том числе и оксида цинка. На сегодняшний день такие производства в нашей стране отсутствуют.

**ВАРИАНТЫ СХЕМ ПОЛУЧЕНИЯ ПИГМЕНТОВ
ИЗ ОТРАБОТАННЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ЦИНКОВАНИЯ**

Пигменты являются одним из главных сырьевых компонентов практически любого лакокрасочного материала, и от их качества, методов получения зависят многие свойства материалов и покрытий. Отсутствие природной сырьевой базы в Республике Беларусь обуславливает необходимость поиска альтернативных источников сырья, к числу которых относятся производственные отходы. Например, состав отработанных электролитов цинкования свидетельствует о целесообразности рассматривать их в качестве сырьевых ресурсов для производства пигментов. Таким образом, переработка отработанных электролитов в пигменты не только позволит решить проблему обращения с отработанными электролитами цинкования, но и расширит сырьевую базу производства пигментов.

Использование отработанных электролитов цинкования в качестве сырьевого ресурса затрудняется следующими факторами:

– Состав применяемого для цинкования электролита может сильно изменяться в зависимости от следующих факторов: рода осадков желаемых получить, размеров и формы покрываемых изделий, способа нанесения покрытия (на подвесках или насыпью) и т.д. Это обуславливает образование отличающихся по составу отработанных электролитов на разных предприятиях.

– Многокомпонентный состав отработанных электролитов, в которых присутствуют:

- а) не израсходованные исходные компоненты электролита;
- б) продукты разложения электролитов, которые образуются в результате протекания электрохимических процессов в ваннах нанесения покрытий;
- в) примеси, которые попадают в электролит как с деталями, так и из окружающей среды (электроды, токопроводы и т.п.), например, соединения железа.

– Отработанный электролит имеет переменный во времени состав, что впоследствии затрудняет его переработку.

Целью исследований являлось обоснование выбора схемы получения пигментов из отработанных электролитов цинкования.

В работе получение пигментов осуществлялось осаждением ионов цинка из отработанных электролитов цинкования раствором

фосфата натрия. В результате осаждения получался пигмент фосфат цинка белого цвета.

Примеси, присутствующие в отработанном электролите влияли на параметры осаждения соединений цинка из раствора электролита:

- остаточное содержание блескообразователей влияло на: выход пигментов; параметры осаждения соединений цинка из раствора отработанных электролитов цинкования (рН, соотношение осадителя к осаждаемому металлу); фазовый состав соединений, осаждаемых из раствора отработанных электролитов цинкования; качество получаемых пигментов (маслоемкость, укрывистость); кристаллическую структуру и дисперсный состав получаемых пигментов;

- примеси железа влияли на цвет получаемого осадка (изменяют его с белого на оттенки желто-оранжевого цвета).

Поэтому в работе рассматривались разные варианты осуществления процесса осаждения фосфата цинка из отработанных электролитов цинкования:

1) Без предварительной обработки отработанного электролита цинкования. Принципиальная блок-схема осуществления процесса представлена на рисунке 1.

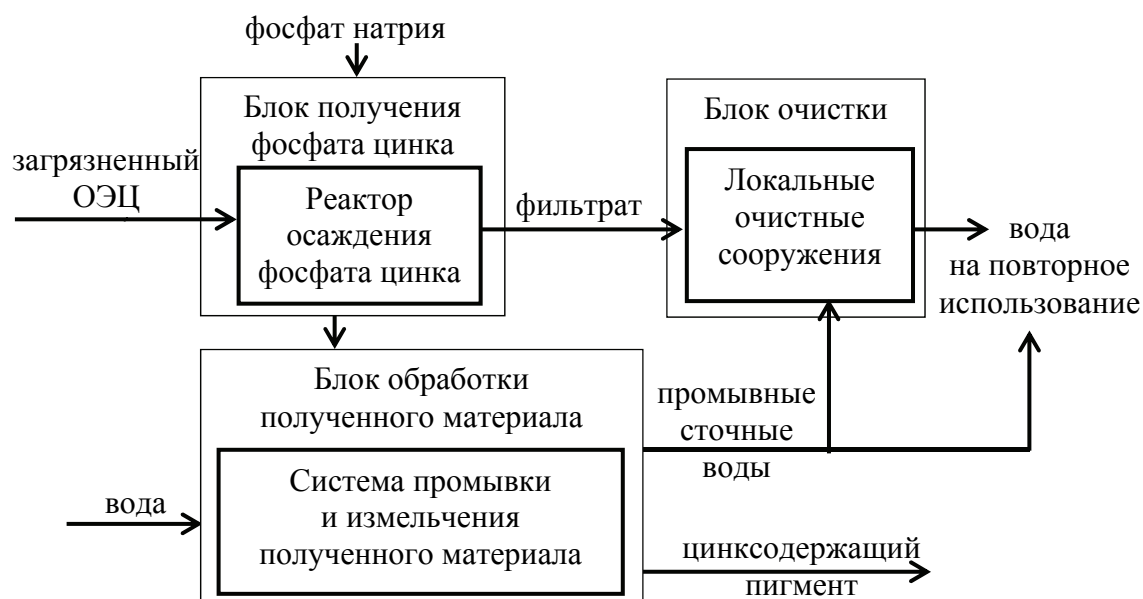


Рисунок 1 – Блок-схема получения пигмента из отработанных электролитов цинкования без их предварительной обработки

Данный вариант имеет следующие недостатки:

- Ввиду присутствия в растворе отработанного электролита цинкования примесей железа, которые характеризуются высокой окрашивающей способностью, полученный пигмент не всегда (зависело

от концентрации соединений железа в отработанном электролите цинкования) соответствовал по белизне требованиям ГОСТ 202-84 «Белила цинковые. Технические условия» и ГОСТ 482-77 «Белила цинковые густотертые. Технические условия». В работе ориентировались на требования данных документов, т.к. нормативные документы, устанавливающие требования к фосфату цинка как к пигменту отсутствуют.

– Большой расход воды на промывку пигмента.

2) С предварительным удалением примесей методом осаждения.

Для осаждения соединений железа (II) обеспечивали pH 8,5–9,7, т.к. в данном диапазоне цинк не осаждается из раствора (pH осаждения Zn^{2+} соответствует 6,4–8,0 [1]), а железо (II) осаждается (pH осаждения железа Fe^{+2} – 7,5–9,7 [1]). Образующийся осадок отделяли от раствора фильтрованием. Однако, реакция осаждения соединений цинка фосфатом натрия из очищенного отработанного электролита цинкования не протекала, вследствие очень низкой концентрации ионов цинка в обработанном отходе. Вероятно это связано с хорошими сорбционными свойствами железосодержащих осадков, образующихся в процессе предварительной подготовки отработанного электролита цинкования [2].

3) С предварительным удалением примесей методом окисления. Принципиальная блок-схема осуществления процесса представлена на рисунке 2.

Установлено, что использование озона или пероксида водорода позволяет удалять из раствора отработанного электролита цинкования не только соединения железа, но также и органические примеси (блескообразователи и продукты их электрохимического превращения). Реализация данного варианта позволило:

- повысить чистоту получаемых осадков фосфата цинка;
- уменьшить расход промывных вод;
- создать предпосылки для увеличения доли повторно используемых промывных сточных вод.

Использование нетрадиционного сырья для получения цинксо-держающих пигментов будет иметь как положительный экономический эффект, вследствие снижения стоимости получаемой товарной продукции, так и уменьшения воздействия на окружающую среду.

ЛИТЕРАТУРА

1. Орлов, Д.С. Биогеохимия / Д.С. Орлов. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2000. – 320 с.
2. Скурлатов, Ю.И. Введение в экологическую химию / Ю.И. Скурлатов. – М.: Высшая школа, 1999. – 410 с.

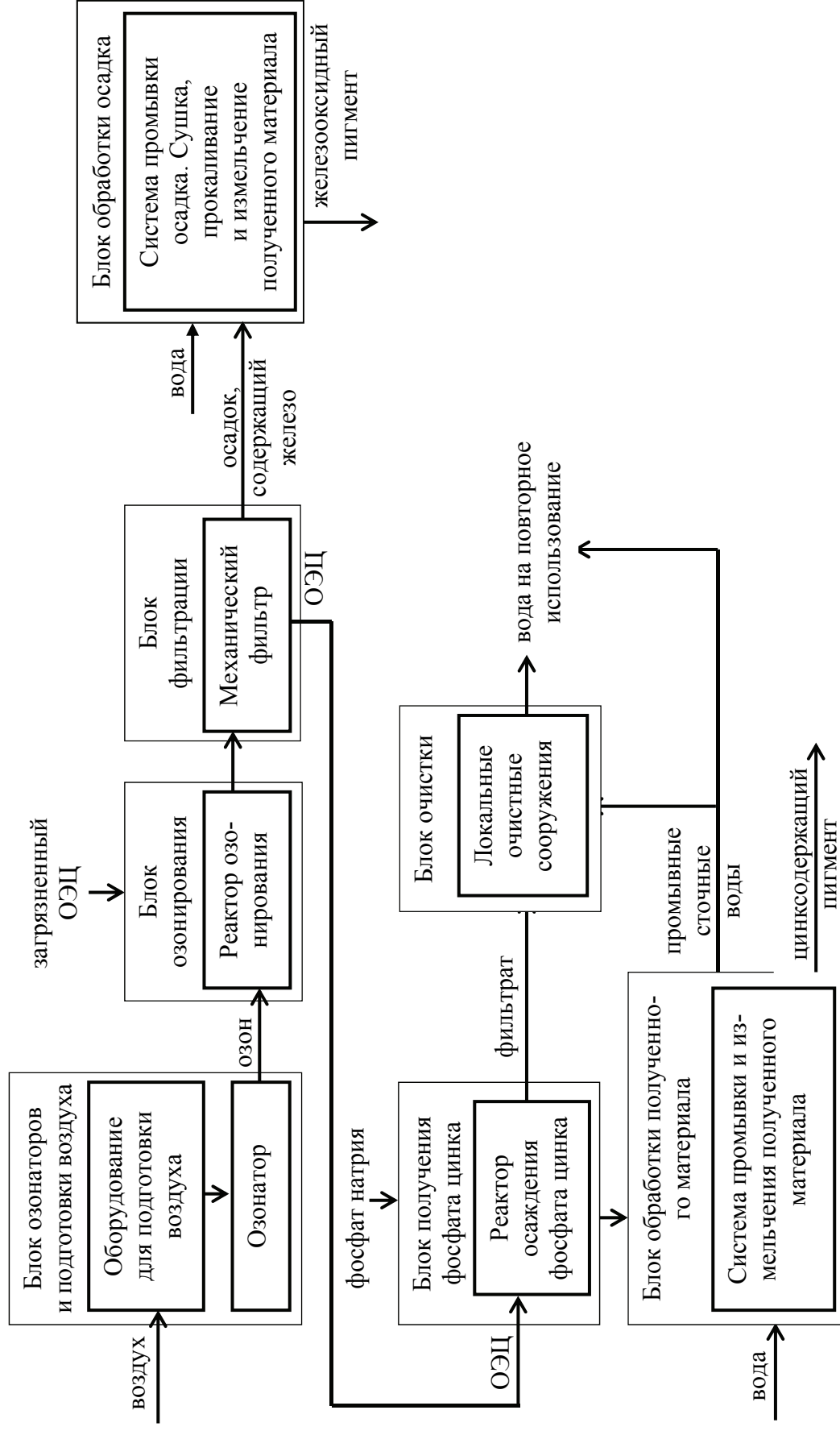


Рисунок 2 – Принципиальная блок-схема получения пигментов из отработанных электролитов цинкования (ОЭЦ)

УДК 667.678.074

Мамед Гасан-заде Дилара Самеддин кызы, с.н.с. доцент

E-mail: dilara.memmed1955@gmail.com

Гулиева Севиндж Низами кызы - к.т.н., старший лаборант

E-mail: raoztun@mail.ru

(Азербайджанская Республика,

Азербайджанский Государственный Университет

Нефти и Промышленности)

РЕШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ПОСРЕДСТВОМ РЕЦИКЛА ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Асфальт, который образуется из тяжелых остатков нефти является, природным асфальтом. Искусственный асфальт представляет собой смесь, состоящую из минеральных веществ: щебень, песок, песчаник, известняк и вязкостносвязующих элементов.

Данная работа посвящена приготовлению асфальтовых композиций для использования их в дальнейшем для покрытия дорог.

Композиции готовились следующим образом: битум нагревался в термостате до 100–120°C. Затем к нему частями добавлялись ингредиенты. Температура повышалась до 170°C и смесь перемешивали. Затем определялись физико-механические свойства полученных смесей.

В качестве добавок к битуму использовались резиновую крошку, которая представляет собой отходы резинового производства (отработанные покрышки) и глыбу – отходы полиэтиленового производства (1–3).

При составлении битумной композиции менялись количества резиновой крошки и глыбы. Кроме того в композицию добавлялся мазут М-40.

Получение полимер-битумных композиций введением в состав полимерных добавок позволяет целесообразно регулировать структурно-механические свойства конечного продукта, так как модифицированный таким способом битум характеризуется и свойствами битума, и свойствами, присущими полимерам, а именно высокой эластичностью, теплостойкостью, прозрачностью и морозостойкостью. Каждый год в Азербайджанской Республике в окружающую среду выкидываются около 10.000 тыс. тонн полимерных отходов. Вторичная обработка полимерных отходов, являющихся ценным сырьём для получения новых материалов и композиций является актуальной проблемой.

В состав битумных композиций вводился отход производства полиэтилена высокого давления (ПЭВД)- глыба с молекулярной массой

700–11000. Содержание полиэтилена в составе составляло 99%, концентрация двойных связей 2–10%, термографический показатель 150°C.

Резиновая крошка была диаметром 0,06 мм и являлась отходом, производства резинотехнических изделий. Применение резиновых крошек (4) в качестве модификатора дорожных битумов обоснована как органическим сродством их с компонентами битума, так и повышением эксплуатационных свойств конечного продукта. Введение резиновых крошек обеспечивает повышение сцепления шин с покрытием и снижает пылеобразование.

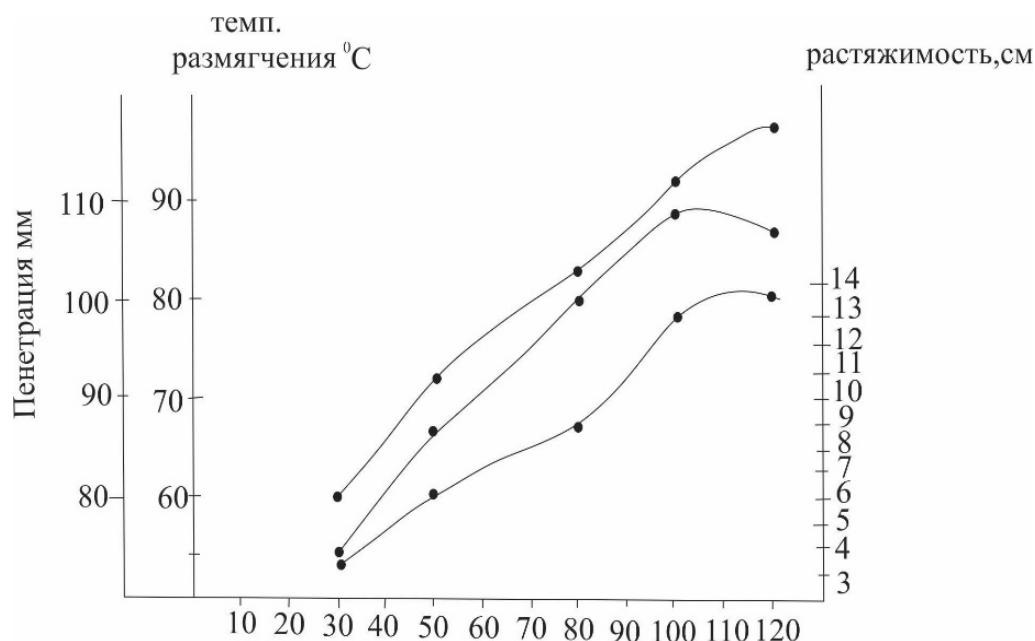
Определяющую роль играет молекулярная масса полимера и технология приготовления битумной композиции (5,6). Сырьем является битум, имеющий температуру размягчения по «КиШ» – 110°C (ГОСТ11506-73), глубину проникания иглы или пенетрацию при 25°C 16×0.1 мм (ГОСТ11505-75).

С целью получения однородной полимер-битумной композиции битум при температуре 120°C перемешивании с мазутом М-40, затем добавлялись глыба и резиновая крошка. Температуру повышали до 170°C, перемешивали при этой температуре ещё 30–40 мин.

Проведенными исследованиями показана возможность получения полимер-битумной композиции улучшенного качества с введением в состав битума полимерного отхода, полученного с ПЭВД. В частности, при количестве указанного полимерного отхода 1,8% мас. В расчете на битум обеспечивается снижение температуры плавления композиции по «КиШ» до 57°C и составляет 53°C против 110°C для сырья. Увеличивается с 3 см до 8 см. Судя по температуре размягчения полученная полимер-битумная композиция отвечает требованиям на БНД 60/90, что видно из данных таблицы 1.

**Таблица 1 – Физико-механические свойства
полимер-битумной композиции**

Наименование	Температура размягчения по КиШ, °C	Глубина проникания иглы при 25°C ×0,1мм	Растяжимость, при 25°C
Битум нефтяной дорожный марки	Не н. 47	61–69	55
Сырьё: высокоплавкий битум	110	16	3
Битумная композиция: Высокоплавкий битум – 60,6 Глыба – 1,96 Резиновая крошка..... – 1,2 Мазут М40..... – 36,24	53	71	13



1 – температура размягчения, °C; 2 – пенетрация, мм;
3 – растяжимость, см

Рисунок 1 – Зависимость некоторых свойства битума от количество асфальтовой композиции

На рис.1 показано изменение температуры размягчения, пенетрации и растяжимости полученной битумной композиции в зависимости от количества добавляемого полимерного отхода.

Как видно из рисунка данная битумная композиция может быть использована до температуры 120⁰С сразу после получения композиции её можно транспортировать на рабочую площадку.

Как показали наши исследования, с увеличением количества полимерной добавки выше 4% масс. Получение однородной битумной композиции несколько осложняется лучшие результаты получаются при введении полимерного отхода в количестве 2% масс. Полученная при этом битумная композиция полностью соответствует строительному данным подтвердили преимущество дорожных покрытий на модифицированных полимерах битумах по сравнению с обычными дорожными битумами в прочности эластичности, температуре размягчения, долговечности и пр (7).

Кроме того, адгезионная способность полимербитумного покрытия выше, чем у дорожных битумов.

Проведенными исследованиями установлено, что введение в состав битумной композиции в качестве модифицирующей добавки полимерного отхода от производства полиэтилена высокого давления – глыба наряду с резиновой крошкой обеспечивает получение битумной

композиции улучшенного качества отвечающей требованиям по ГОСТ 22245-90 битуму марки БНД 60/90.

Возможность утилизации полимерного отхода от производства полиэтилена и отработанных покрышек способствует снижению затрат на дорожные полотна и решению экологических проблем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ф.И. Самедова, А.А. Аллахвердиев. Технология получения битумов. Баку, Элм, 2007 г., 158 с.

2. Л.В. Поздняева, Нефтеполимерная смола в качестве модификатора нефтяных дорожных битумов. М., ГПРос. Дор.НИИ, 2003 г.

3. В.В.Леоненко, Г.А. Сафаров. Некоторые аспекты модификации битумов полимерными материалами», «Химия и технология топлив и масел», 2001 г, №5, с. 43–48.

4. А.А. Христофорова, С.Э. Филиппов, И.Н. Гоголев. Разработка жестких покрытий карьерных дорог с применением активированной резиновой крошки. Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона», 2011, №4, с. 347–350

5. Ф.И. Гусейнов, М.М. Билалов. Модифицированные полимерные композиции. Уч. пособие, Баку, АГНА, 2001 г. 216 с.

6. Д.Л. Розенталь и др. Модификация битумов полимерными добавками. Переработка нефти. Тематический обзор. М., 1988, вып.6, с. 15, с. 42

7. Патент США №6569351 «Модифицированные асфальтовые связующие и композиции асфальтового дорожного покрытия», 2005 г.

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ
НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В УСЛОВИЯХ ЯКУТИИ
И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

В последние десятилетия в Якутии наблюдается рост добычи нефти, связанный с разработкой новых месторождений Восточной Сибири и эксплуатацией нефтепровода «Восточная Сибирь – Тихий Океан» (ВСТО). В связи с темпами роста нефтедобычи, проблема безопасного функционирования объектов нефтегазового комплекса (НГК) Республики приобретает актуальное значение. Ежегодно в регионе фиксируется около 23-26 инцидентов с попаданием нефти и нефтепродуктов (НП) в объекты окружающей среды. В большинстве случаев виновники аварийных разливов производят зачистку загрязненных территорий. При этом, широко используются механические и физические методы очистки почв после аварийных разливов нефти и НП. Чаще всего с этой целью проводят вспашку и засыпку верхнего слоя почвенного покрова чистым грунтом или экскавацию загрязненной почвы с целью её захоронения, отмывки или обработки на площадках временного размещения до достижения безопасного уровня остаточных НП. Такие методы снижения уровня нефтяного загрязнения зачастую приводят к нарушению почвенно-растительного покрова, что не желательно при проведении рекультивационных мероприятий в условиях криолитозоны. Это объясняется тем, что на месте снятия почвенно-растительного покрова, в мерзлотных условиях возможно образование термокарстовой оттайки с всевозможными провалами почвогрунта, что в свою очередь приводит к развитию термоэрозии и наносит ещё больший ущерб ранимой почвенной экосистеме Крайнего Севера. Трудности реабилитации нарушенных земель в условиях вечной мерзлоты связаны с низкими температурами, застойным увлажнением, присутствием близко залегающей многолетней мерзлоты, слабым преобразованием органической и минеральной частей, недостатком питательных веществ, коротким вегетационным периодом, низкой активностью микробных популяций в почвах. Всё это сдерживает процессы естественного восстановления окружающей среды, загрязнённой нефтяными углеводородами (УВ). Установлено, что процесс самовосстановления почвенных экосистем в регионах, которые подверглись нефтяному загрязнению, занимает весьма продолжительное время

и протекает порой в течение 10–25 лет, в то время, как деструкция нефти и её производных в условиях севера составляет 20–50 лет [1, 2].

В настоящее время активно развиваются инновационные биотехнологии, позволяющие не только значительно сократить сроки очистки земель от органических загрязнителей, но и ускорить процессы восстановления природных функций нарушенных экосистем. Ведущая роль в этих процессах принадлежит деятельности углеводородокисляющих микроорганизмов (УОМ) – группе бактерий и грибов, окисляющих газообразные, жидкие и твердые УВ. Из многочисленных методов, которые позволяют сократить сроки реабилитации нарушенных земель, наиболее перспективными считаются биологические методы, основанные на интенсификации микробиологической деструкции нефтяных УВ.

В настоящее время инновационные биотехнологии, основанные на разработке биопрепаратов на основе высокоэффективных, не патогенных и не токсичных штаммов УОМ, перспективных для восстановления нарушенных территорий является актуальной задачей. В связи с этим особенно важно получение консорциумов УОМ, спроектированных специально для решения задач биоремедиации нефтезагрязненных почв в условиях криолитозоны.

Цель исследований: разработка инновационных биопрепаратов на основе природных штаммов УОМ, перспективных для биоремедиации нефтезагрязненных почв в природно-климатических условиях Якутии.

Материалом для исследований служили образцы почв и грунтов, донных отложений, воды, снежного покрова, горных пород, отобранных на техногенных и аварийных объектах НГК Якутии. Выбор проб для выделения УОМ определялся наличием в месте отбора визуально видимых загрязнений нефтью или НП. В качестве контроля исследованы фоновые и условно-чистые пробы.

Методы исследований. Выделение и культивирование УОМ проводили классическими методами в минеральной среде Мюнца [3]. Полевые эксперименты по оценке эффективности очистки мерзлых почв от нефтезагрязнений с применением биопрепаратов на основе УОМ проводили в опытных делянках, разбитых на территориях НГК Якутии, после аварийных разливов нефти и НП, с различным уровнем и сроком давности загрязнений, что исключало специального загрязнения чистых участков почвы. Нефтяные компоненты из исследуемых проб почв извлекали методом холодной экстракции. Расшифровку спектров проводили по атласам ИК-спектров и таблицам волновых чисел [4].

Результаты и обсуждения. Результатом работы явилось создание рабочей коллекции штаммов аборигенных УОМ. В процессе проведения исследований установлено, что деструкция НП, обработанных консорциумами УОМ на природных носителях (вермикулит, цеолит) проходила более интенсивно, чем в опытах с жидкой суспензией на основе монокультур, при этом возрастала не только скорость очистки нефтезагрязненной почвы, но и биологическая активность почв (таблица 1).

Таблица 1 – Динамика накопления углеводородокисляющих микроорганизмов и деструкция нефтепродуктов в мерзлотных почвах после активации аборигенной микрофлоры

Вариант опыта	Общая численность микроорганизмов, КОЕ/г АСВ				Содержание НП, %		Деструкция НП за 1 летний сезон, %
	Гетеротрофные		в том числе, УОМ				
	до опыта	после опыта	до опыта	после опыта	до опыта	после опыта	
Монокультура УОМ	2·10 ⁶	3·10 ⁸	0	2·10 ⁴	3,2600	1,9070	58,50
Консорциум УОМ на минеральном но- сителе	3·10 ⁶	4·10 ⁸	4·10 ³	2·10 ⁵	23,4200	2,4500	89,53
Консорциум УОМ на вермикулите	2·10 ⁶	7·10 ⁸	2·10 ³	6·10 ⁶	18,3510	1,5210	91,71
Консорциум УОМ на цеолите	5·10 ⁶	3·10 ⁸	2·10 ³	5·10 ⁵	19,8030	2,8750	85,48

На основе искусственно подобранных ассоциаций УОМ, работающих по методу кооперации был получен биопрепарат для очистки почв от нефтезагрязнений, который представляет собой консорциум штаммов биодеструкторов, искусственно иммобилизованных на носителе. В качестве биодеструкторов служат УОМ, выделенные из мерзлотных почв Якутии, утилизирующие разлитую нефть и НП, при низких положительных температурах от $(+4) - (+8)^\circ\text{C}$, в условиях различной влажности и pH среды. В качестве носителя для биодеструкторов служит природный цеолит, сочетающий в себе свойства сорбента для нефти и микроорганизмов, что обеспечивает высокую эффективность и пролонгированность реакций деструкции нефтяных УВ. Препарат позволяет за короткие сроки добиться высокой степени очистки почв и грунтов от нефти и НП в условиях криолитозоны методом «in situ». Преимуществами препарата являются: способность в сравнительно короткий промежуток времени снижать уровень

нефтезагрязнения в различных типах мерзлотных почв (до 85–91%); способность предотвращать распространение веществ-загрязнителей на сопряженные ландшафты; способность к структурированию нефтезагрязненной почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Давыдова С. Л., Тагасов В. И. Нефть и нефтепродукты в окружающей среде: Учебное пособие. М.: Изд-во РУДН, 2004. – 163 с.
2. Оборин А. А., Калачникова И. Г., Масливец Т. А. и др. // Восстановление нефтезагрязнённых почвенных экосистем. М.: Наука, 1988. – С. 140–159.
3. Керстен Д.К. Морфологические и культуральные свойства индикаторных микроорганизмов нефтегазовой съемки // Микробиология. 1963. №5. – С. 1024–1030.
4. РД 39-0147098-90 Инструкция по контролю за состоянием почв на объектах предприятий Миннефтегазпрома.

**ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОТХОДОВ
НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ЗАВОДОВ
ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ БУРОВОГО РАСТВОРА**

Туркменистан является одним из передовых государств по углеводородным запасам. Осуществляются многочисленные работы по разведке, добыче, освоению этих огромных богатств, их бережного и экономного использования. Сегодня утилизация огромного объема нефтяных шламов для нефтеперерабатывающих производств нефтегазового комплекса является основной сложной экологической задачей. В то же время вторичное использование нефтяных отходов в качестве сырья является особенно важной задачей. Нефтяной шлам, являясь многокомпонентной устойчивой агрегативной физико-химической системой, в основном состоит из нефтяных продуктов, воды и минеральных добавок (песок, глина, окислы металлов).

В настоящее время буровыми управлениями при бурении нефтяных и газовых скважин широко используются буровые растворы на углеводородной основе. Буровые растворы на углеводородной основе используются при вскрытии продуктивных пластов и бурении солевых отложений, так как растворы этого типа предотвращают коагуляцию (закупоривание). Сырая нефть, дизельное топливо используется при изготовлении этих растворов. При этих работах используется нефть, в составе которой содержится 3-5% асфальтенов, 8-12% смол, а также дизельное топливо, содержащее 10-20% ароматических углеводородов и 30-50% парафиновых углеводородов. Асфальтосмолистые вещества нефти являются высокомолекулярными соединениями, среди них преобладают смолы и асфальтены. Содержание асфальтосмолистых веществ в нефти варьирует в промежутке от 1 до 40%. Содержание в большом объеме смолистых и парафинистых соединений является причиной ее большой вязкости и малой подвижности.

По содержанию смолистых веществ нефть разделяют на три группы: малосмолистые – содержание смол не более 18%; смолистые – содержание смол от 18% до 35%; высокосмолистые – содержание смол более 35%.

Нефтяной парафин является смесью твердых углеводородов, парафинов $C_{17}H_{36}$ - $C_{35}H_{72}$ ($T_{\text{растворение}} = 27\div 71^{\circ}\text{C}$) и церезинов $C_{36}H_{74}$ - $C_{55}H_{112}$ ($T_{\text{растворение}} = 65\div 88^{\circ}\text{C}$) в этих двух группах. Содержание пара-

финов в нефти 13–14% и в некоторых случаях может быть и выше. В отдельных случаях содержание парафинов может достигать до 25%.

По содержанию парафинов нефть разделяют на три группы: малопарафинистые – содержание парафина до 1,5% по массе; парафинистые – содержание парафина от 1,5% до 6,0%; высокопарафинистые – содержание парафина более 6%.

В отношении количественного и качественного состава углеводородов нефтяной шлам близок в нефти и дизельному топливу. Как видно из проведенных анализов в нефтяном шламе содержится 14,8% ароматических углеводородов, 12,8% смол, 4,7% уплотнений смол, 60% парафиново-нафтеных углеводородов.

По этой причине в качестве важного ингредиента, добавляющегося в буровой раствор, была изучена возможность использования нефтяного шлама по двум направлениям:

1) использование нефтяного шлама вместо нефти и дизельного топлива в качестве дисперсной среды бурового раствора на углеводородной основе;

2) использование нефтяного шлама в глинистых буровых растворах в качестве смазывающей добавки.

Для изучения нефтяного шлама были подготовлены образцы бурового раствора, содержащие от 70% до 30% нефтяного шлама в соотношении с водой. Для стабилизации образцов бурового раствора, содержащего нефтяной шлам в разных соотношениях были использованы реагенты.

Показатели подготовленных буровых растворов (плотность, условная текучесть, водоотдача, статическое напряжение сдвига (СНС), pH) были проанализированы в лабораторных условиях общепринятыми способами. Во время проведения первого этапа проверок, по полученным результатам, плотность всех растворов была равна 0,87–0,97 г/см³. С увеличением количества воды, добавляемой в состав раствора, плотность повышается. При использовании нефтяного шлама с самой низкой плотностью 0,85 г/см³ были подготовлены буровые растворы с положительными показателями.

На основании проведенных исследований, можно сделать следующие выводы: растворы, содержащие нефтяной шлам являясь эмульсиями низкой плотности, могут быть использованы при вскрытии продуктивных горизонтов с аномально низким пластовым давлением. Использование нефтяного шлама при бурении способствуя решению вопросов по утилизации нефтесодержащих отходов НПЗ, направлено на экономию нефти, которая является дорогим источником энергии.

При бурении скважин может возникнуть поглощение бурового раствора. Для его устранения используются закупоривающие средства. Образец нефтяного шлама был использован при изготовлении закупоривающего средства. В нем дизельное топливо или нефть были заменены шламом. В этой закупоривающей смеси нефтяной шлам был носителем. С его помощью в пласт закачиваются полимеры и соли. Изготавливаемое закупоривающее средство, будучи разветвленной структурой, закупоривая поры и трещины, устраняет поглощение бурового раствора.

Современные буровые растворы должны иметь разные свойства. Среди них особозначимыми являются смазывающие и противоискровые свойства, способствующие понижению энергопотребления при бурении, не допускающие прихват и обеспечивающие эффективную работу породоразрушающего инструмента.

С целью повышения смазывающих способностей буровых растворов в них добавляются специальные добавки. До настоящего времени в качестве такой смазывающей добавки используется нефть. Но использование нефти в таких целях экономически нецелесообразно. По этой причине была изучена возможность использования нефтяных шламов в буровых растворах в качестве смазывающей добавки в процессе бурения. Смазывающие добавки, понижая коэффициент трения в системе «сталь-глинистая корка», создают в буровом растворе смазывающие способности.

В лабораторных условиях были сравнены свойства глинистых корок бурового раствора с добавлением нефти и нефтяного шлама в качестве смазывающего вещества. Для этого были подготовлены глинистые суспензии.

В глинистые растворы был добавлен нефтяной шлам в количестве 10 и 15%. В то же время в такие растворы была добавлена нефть в таком же количестве. Были изучены смазочные, фильтрационные и реологические свойства подготовленных растворов. Плотность 10%-х глинистых растворов, содержащих нефть и нефтяные шламы в разном количестве в качестве смазочного средства изменилась в пределах от 1,04 до 1,06 г/см³. Структура растворов с добавлением нефти или нефтяных шламов хорошая.

Основной показатель смазывающей способности буровых растворов – это коэффициент трения глинистой корки. Смазывающая способность буровых растворов оценивается на приборе КТК-2 на основании коэффициента трения и рассчитывается по следующей формуле:

$$K_{\text{трения}} = \text{tg } \alpha.$$

Если сравним смазывающую способность буровых растворов, содержащих 15% нефти и нефтяных шламов, с увеличением нефтяного шлама до 15%, при сравнении раствора с таким же содержанием нефти, можно видеть, что это приводит к понижению коэффициента трения с 0,0524 до 0,0436.

Таким образом, нефтяной шлам улучшая смазочные способности буровых растворов, понижает коэффициент трения.

Если исходить из стоимости 1 барреля нефти на мировом рынке, с использованием нефтяного шлама вместо общего объема нефти, потребляемой при изготовлении раствора на углеводородной основе для 1 скважины и при добавлении в качестве смазки можно добиться уменьшения расходов.

Вышеизложенное показывает наличие возможности вторичного использования нефтяного шлама в нефтегазовом производстве.

**АВТОМАТИЗАЦИЯ, ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА,
ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ,
IT ТЕХНОЛОГИИ В ХИМИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ**

Крюкова А.С., Герасимов Н.Г., Коротнева И.С.
(Ярославский государственный технический университет)

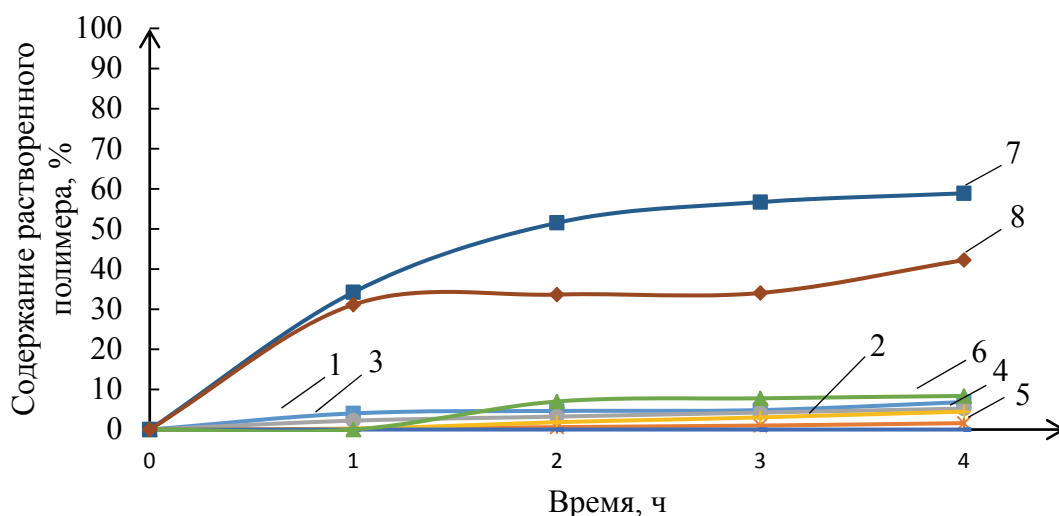
**ПОЛИМЕРНАЯ ПЛЕНКООБРАЗУЮЩАЯ КОМПОЗИЦИЯ
НА ОСНОВЕ ЛАТЕКСОВ КАРБОКСИЛ
СОДЕРЖАЩИХ ДИЕН-АКРИЛОВЫХ ГРАФТ-СОПОЛИМЕРОВ**

В настоящее время большое внимание уделяется созданию пленкообразующих композиций фармацевтического назначения для производства пленочных оболочек таблеток, обеспечивающих пролонгированность действия и адресную доставку лекарственного вещества в требуемый отдел желудочно-кишечного тракта.

В настоящей работе для создания пленкообразователя проводились исследования по синтезу сополимеров различного строения на основе диенов, акрилатов и карбоксилсодержащих мономеров методом радикальной полимеризации в эмульсии с варьированием соотношения компонентов в исходной шихте. Преимуществом использования таких пленкообразующих композиций является высокая адгезия, защитные и механические свойства, способность растворяться в кишечнике. Установлено, что латексы сополимеров, синтезированные при одновременной загрузке сразу всех мономеров в исходную шихту приводит к образованию продукта с неудовлетворительными пленкообразующими свойствами, что требовало введения пластификатора (глицерина, ланолина или силиконового масла). При осуществлении графт-сополимеризации в эмульсии удалось синтезировать латекс карбоксилсодержащего диен-акрилового сополимера с хорошими пленкообразующими свойствами. В качестве «латекса-затравки» в работе получена водная дисперсия гомополимера на основе диенового мономера. На второй стадии к частицам затравочного латекса прививались акриловые мономеры, используя процесс химического инициирования гидропероксидами. Для подавления зарождения новых полимерных частиц синтез проводился в условиях недостатка эмульгатора, что контролировалось определением степени адсорбционной насыщенности частиц затравочного латекса. Установлено, что адсорбционная насыщенность частиц

затравочного латекса не должна превышать 80% [1], это обеспечивает отсутствие в системе свободного эмульгатора, что в результате приводит к увеличению выхода привитого полимера и соответственно к снижению вероятности образования гомополимеров.

Поскольку вопрос по растворению графт-сополимеров при определенных значениях pH среды для создания оболочек таблеток с pH зависимым высвобождением лекарственного вещества является очень важным, в работе проводились исследования по способности синтезированных пленкообразующих композиций к растворению в зависимости от кислотности среды. pH среды для исследования была смоделирована в соответствии с кислотностью в отделах желудочно-кишечного тракта [2].



pH модельной среды: 1 – 1.2; 2 – 2.5; 3 – 3.7; 4 – 4.9; 5 – 5.5; 6 – 6.7; 7 – 7.4; 8 – 8.4.

Рисунок 1 – Кинетическая зависимости растворения сополимеров на основе синтезированных латексов карбоксилсодержащих диен-акриловых графт-сополимеров

Максимальная растворимость полученных графт-сополимеров достигается при pH 7.4, что соответствует кислотности отдела толстой кишки, составляет 58,9%.

При осуществлении процесса нанесения пленкообразователя на таблетки ядра-плацебо с применением установки барабанного типа через форсунку установлено, что водная дисперсия синтезированного графт-сополимера обладает высокой устойчивостью к механическим воздействиям. Определены режимные параметры нанесения: скорость двигателя входного/выхлопного воздуха, скорость вращения барабана, давления воздуха распыления и атомизирующего воздуха, скорость

подачи дисперсии пленкообразователя обеспечивающие равномерность нанесения, быстроту высыхания [3].

Внешний вид таблеток оценивался визуально. Полученные образцы покрытия имеют гладкую глянцевую поверхность без видимых включений.

Таким образом, в работе осуществлен синтез карбоксилсодержащих диен-акриловых графт-сополимеров, установлены условия проведения реакции, обеспечивающие высокий выход привитого сополимера, показана возможность применения пленкообразователя для создания высокоадгезионных покрытий с рН зависимым растворением.

ЛИТЕРАТУРА

1. Высоковский А. С. Синтез латексов привитых сополимеров на основе бутадиена – 1,3, стирола и акриловых мономеров с использованием комбинации эмульгаторов: автореферат диссертации к.н.х. – ЯГТУ, Ярославль, 2013.

2. Чуркин И. А. Применение прицельной эндоскопической рН-метрии для оценки функционального состояния слизистой прямой и сигмовидной ободочной кишки: автореферат диссертации к.м.н. – АГМУ, Томск, 2002.

3. Терехин Д. С. Пленочные покрытия таблеток на основе водной дисперсии привитых диен-акриловых сополимеров / Д. С. Терехин, А. С. Крюкова, К. В. Молчанова, А. А. Ершов, И. С. Коротнева // Восьмая всероссийская научная конференция студентов и аспирантов с международным участием «Молодая фармация-потенциал будущего» 23–24 апреля 2018 г., СПб.

Цыганова В.А., Федорович Н.А., Коротнева И.С.
(Ярославский государственный технический университет)

ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ АКРИЛОВЫХ СОПОЛИМЕРОВ

Развитие различных отраслей промышленности неразрывно связано с созданием новых композиционных материалов, для получения которых требуются связующие с уникальным комплексом свойств и функций. Связующие создаются на основе широкого класса полимерных систем, используя всестороннюю оценку самих связующих и материалов на их основе [1].

Внедрение в фармацевтическую практику новых соединений из класса полимеров позволило создавать новые лекарственные формы с заданными биофармацевтическими свойствами, в том числе с модифицированным высвобождением, то есть с измененными, по сравнению с обычной формой, механизмом и характером высвобождения лекарственного вещества [2].

Особое значение имеют связывающие вещества при прессовании сложных порошков, которые содержат большое количество мелкодисперсной фракции, что приводит к тому, что порошкообразные смеси обладают плохой сыпучестью, плохо дозируются, а их частицы имеют небольшую силу сцепления между собой. По этой причине таблетированные лекарственные формы в основном получают прессованием гранулятов, созданных с применением, например, метода влажного гранулирования, основанного на продавливании через ячейки сеток увлажненной раствором связующего таблеточной смеси порошков. Для этой цели применяют грануляторы различных конструкций. Грануляция необходима для улучшения сыпучести таблетлируемой массы, что связано со значительным уменьшением суммарной поверхности частиц при их слипании в гранулы и, следовательно, с соответствующим снижением сил трения, возникающих между этими частицами при движении [3].

Связующее может выполнять еще и функцию пролонгации действия лекарственного вещества. В настоящей работе синтезированы водные дисперсии акриловых сополимеров. В качестве сомономеров использованы эфиры (мет)акриловой кислоты и ее производных. Синтез латекса осуществлялся по свободнорадикальному механизму сополимеризацией в эмульсии. Установлены условия синтеза (количество компонентов реакционной смеси (м. ч.), температурный режим), которые обеспечивают высокие скорость и выход полимера. Латексы

дегазировались под вакуумом с целью удаления остаточных мономеров. Сополимеры синтезированных латексов имеют нерастворимый молекулярный каркас, следовательно, при увлажнении таблеточной смеси достаточным количеством водной дисперсии сополимера появляется возможность создания матричных таблеток, в которых лекарственное вещество равномерно распределено в непрерывной сетчатой структуре, то есть в полимерной матрице.

Каркасные таблетки с нерастворимым скелетом изготавливают из нерастворимых порошков или с использованием углеводородных растворов этих полимеров. В основном для этой цели применяются полимерные продукты зарубежного производства стран США, Германии. Отечественной промышленностью они практически не производятся. Применение водной дисперсии акриловых сополимеров на стадии влажного гранулирования является новым направлением при создании матричных таблеток.

В настоящей работе модельная таблеточная смесь готовилась на основе следующих компонентов: метамизол натрия (анальгин), микрокристаллическая целлюлоза, лактоза (Гранулак 200), крахмал кукурузный, аэросил, тальк, стеарат магния, из которых изготавливали сложную композицию порошков, используя Y-образный смеситель с вращающимся корпусом. Отвешенные ингредиенты таблеточной смеси смешивались при скорости вращения 60 мин^{-1} до образования однородной массы. На основе таблеточной смеси указанных компонентов не могут быть получены таблетки методом прямого прессования, поскольку прессуемый материал не обладает оптимальными технологическими характеристиками, поэтому таблетки получают через стадию грануляции.

При проведении влажной грануляции апробированы связующие на основе синтетических латексов акриловых сополимеров различного состава с целью обеспечения технологических свойств порошков, удовлетворяющих условиям прессования (укрупнение частиц компонентов таблеточной смеси, исключение возможности расслаивания порошков, улучшение сыпучести, прессуемости).

Полученная таблеточная смесь смешивалась с увлажняющим составом (водные дисперсии акриловых сополимеров).

Влажная грануляция осуществлялась путем протирания увлажненной таблеточной смеси на установке для влажного гранулирования FGS универсального привода ERWEKA с применением сит с различной величиной ячеек 1; 1,25; 1,6 мм и скоростью вращения вала 100 мин^{-1} .

Полученный гранулят высушивался при температуре 55°C до влажности не более 1%. При высушивании увлажненной массы наблюдалось образование компактов. С целью их дезинтеграции проводилось повторное их продавливание через сетку гранулятора.

Затем полученный гранулят опудривался смесью, состоящей из крахмала кукурузного, талька и стеарата магния, с целью выравнивания рельефа поверхности частиц и улучшения сыпучести.

Внешний вид частиц негранулированной таблеточной смеси и частиц гранулятов, полученных путем влажного гранулирования, представлены на микрофотографиях, выполненных с помощью камеры микробиологического микроскопа Альтами БИО 2 (рисунки 1–2).

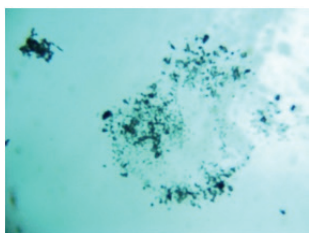


Рисунок 1 – Микрофотография частиц негранулированной таблеточной смеси, увеличение 64х

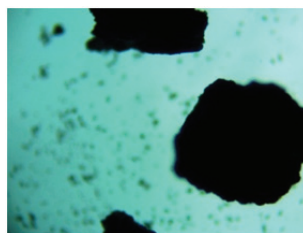


Рисунок 2 – Микрофотография частиц гранулята аналгина, увеличение 64

В работе осуществлялось определение гранулометрического состава гранулятов, полученных с использованием синтезированных латексов акриловых сополимеров (рис. 3). Установлены оптимальные количество и концентрация связующего состава, обеспечивающие минимальный выход доли мелкодисперсной фракции.

Таким образом, в настоящей работе при апробировании синтезированного связующего установлены следующие закономерности:

1) увеличение количества связующего до 13–16% масс. приводит к уменьшению выхода доли мелкодисперсной фракции (до 2,2%);

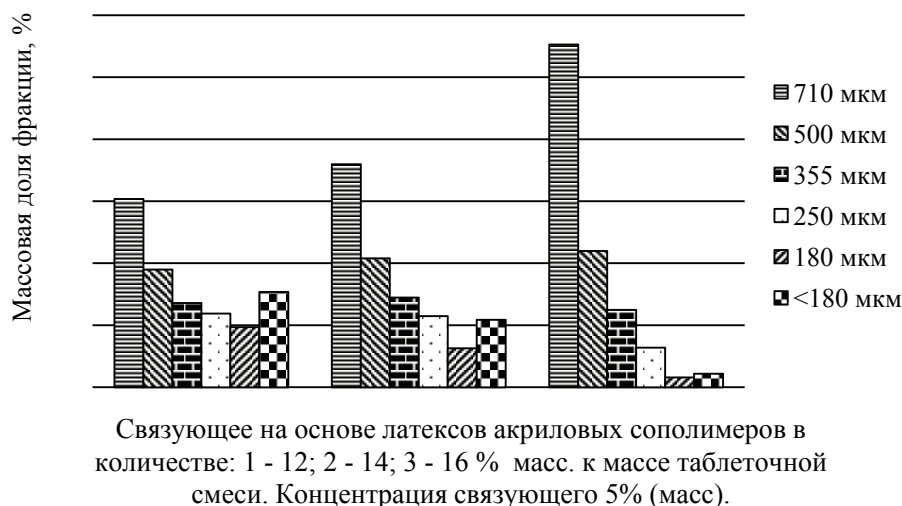


Рисунок 3 – Фракционное распределение частиц гранулятов по размерам в зависимости от количества добавленного связующего

2) применение различных сеток гранулятора в значительной степени влияет на фракционный состав, а именно при увеличении размера ячеек сетки гранулятора до 1,6 мм выход доли мелкодисперсной фракции уменьшается (до 2,2%);

3) Снижение концентрации связующего (менее 5% (масс.)) приводит к существенному росту выхода доли мелкодисперсной фракции (до 41,5%).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабин А. Н. Связующие для полимерных композиционных материалов нового поколения [Электронный ресурс] / А.Н. Бабин // Электронный научный журнал «Труды ВИАМ». Режим доступа: <http://viam-works.ru/plugins/content/journal/uploads/articles/pdf/31.pdf>. 2013. № 4.

2. Алексеев К. В. Вспомогательные вещества в технологии таблеток с модифицированным высвобождением / К. В. Алексеев, Е. В. Блынская, С. А. Сизяков А. Б. Машутин, С. К. Алексеева, А. Г. Дитковская // Научно-практический журнал Фармация. 2009. №6. С. 49–55

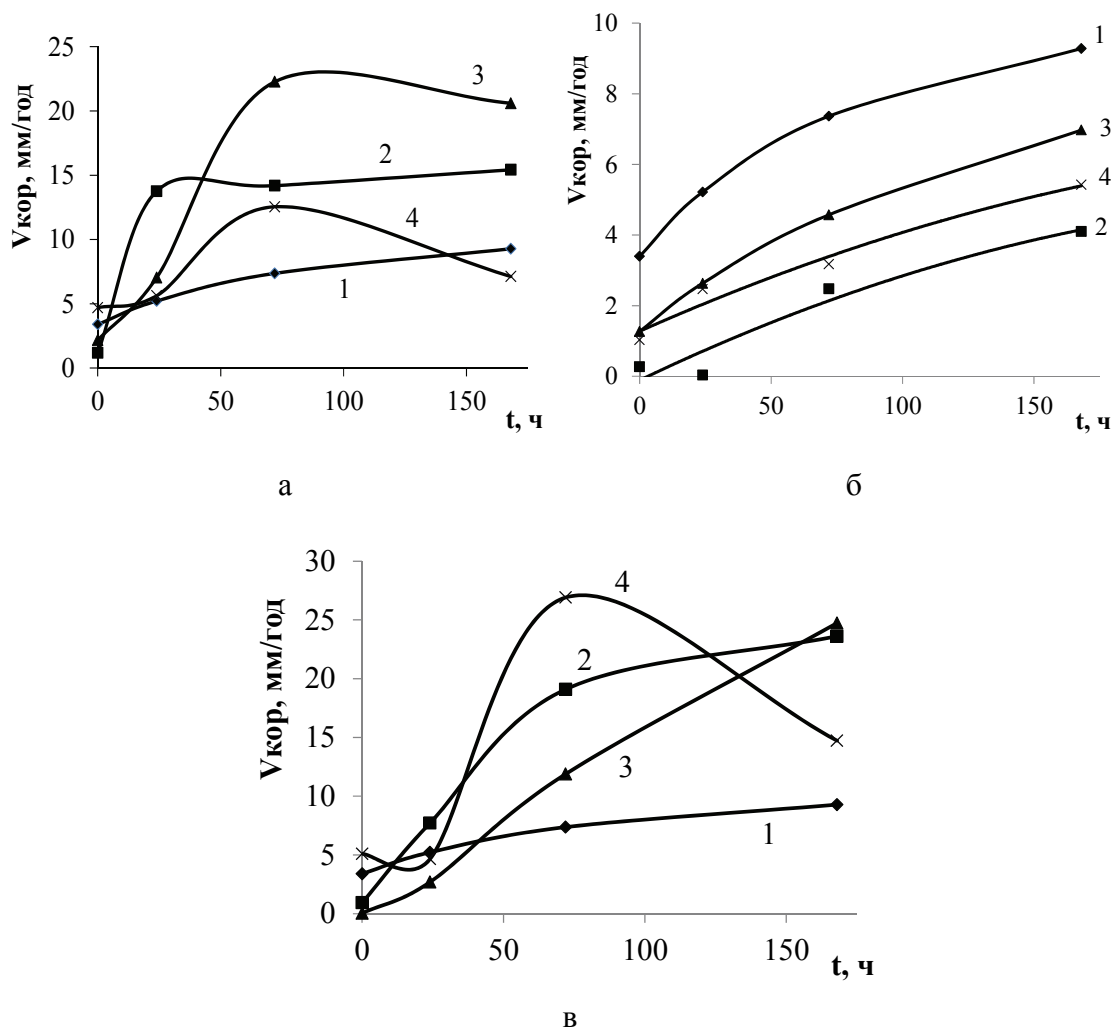
3. Чуешов В. И. Промышленная технология лекарств: Т.2. / В. И. Чуешов, М. Ю. Чернов, Л. М. Хохлова и др.; под редакцией профессора В. И. Чуешова. – Х.: МТК – Книга; Издательство НФАУ, 2002. 716 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЕРНОВЫХ ПИГМЕНТОВ С ОБОЛОЧКОЙ ИЗ ПРОВОДЯЩИХ ПОЛИМЕРОВ В ПОКРЫТИЯХ ДЛЯ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛОВ

В настоящее время все большее внимание уделяется разработке экологически полноценных лакокрасочных материалов в частности для защиты от металлов от коррозии. Однако многие противокоррозионные пигменты являются достаточно токсичными [1]. Одним из путей решения данной проблемы является использование в качестве противокоррозионного компонента кернового пигмента с оболочкой из проводящего полимера полианилина (ПАНи) [2–3]. Ранее было установлено, что такие пигменты обладают высокой противокоррозионной активностью [4–5]. Причем противокоррозионное действие их в покрытиях является двойственным. Во-первых, активная противокоррозионная защита за счет наличия ПАНи, во-вторых, за счет пластинчатой формы ядра, такие пигменты будут обеспечивать барьерный эффект. Однако, наличие полимерной оболочки в керновом пигменте может влиять и на другие свойства пигментированных ими водных дисперсий и покрытий на их основе. Поэтому необходимо было оценить влияние керновых пигментов на свойства пигментированных ими водных дисперсий и покрытий на их основе. Наполнение такими керновыми пигментами водных дисперсий, может позволить получить токопроводящие и противокоррозионные покрытия.

Для пигментирования была выбрана водная дисперсия акрилового сополимера метилметакрилата : бутилметакрилата : метакриловой кислоты : монометакрилата этиленгликоля со средним диаметром частиц 80 мкм, кислотным числом 44 мг КОН/г. Керновые пигменты, используемые для наполнения, содержали в качестве ядра каолин и тальк, а в качестве оболочки допированный (допант серная кислота) и недопированный ПАНи.

Потенциодинамические исследования стальных образцов с покрытиями, содержащими керновые пигменты показали, что с увеличением времени экспозиции скорость коррозии стали под покрытием возрастает (рисунок 1). Однако, для образцов с покрытиями, содержащими недопированный ПАНи, величина скорости коррозии остается ниже, чем для немодифицированного покрытия. Тогда, как для покрытий содержащих керновые пигменты с оболочкой из допированного ПАНи ситуация обратная.

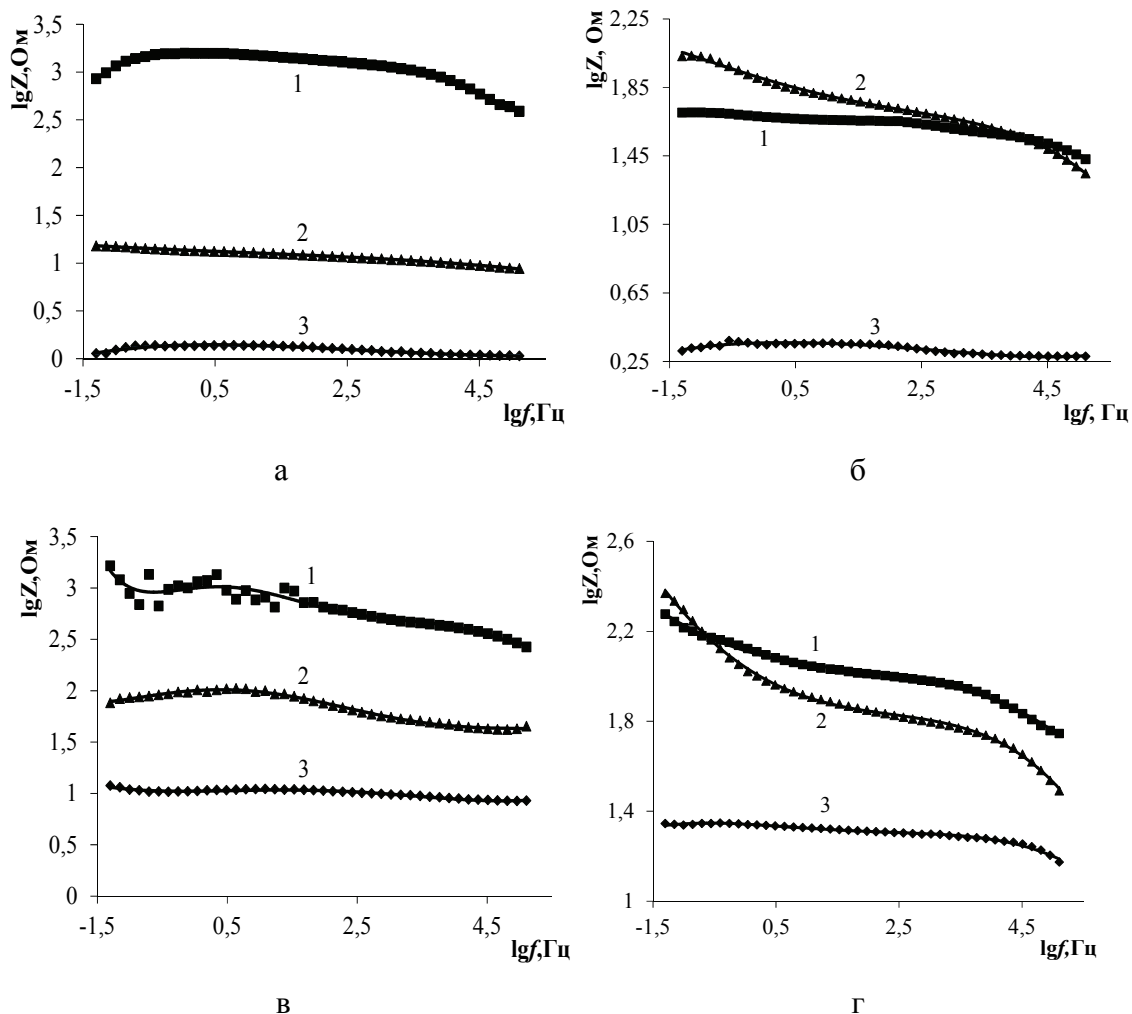


Содержание пасты кернового пигмента, %: 1 – 0; 2 – 5; 3 – 10; 4 – 15.
Рисунок 1 – Зависимость скорости коррозии от времени экспонирования образцов в 3% растворе NaCl

(а – керновый пигмент с ядром из каолина и допированным ПАНИ,
 б – керновый пигмент с ядром из каолина и недопированным ПАНИ;
 в – керновый пигмент с ядром из талька и допированным ПАНИ)

Следует отметить, что следы коррозии на образцах, содержащих керновые пигменты, отсутствовали, несмотря на большее значение скорости коррозии. На поверхности стальной пластинки с покрытием из непигментированной дисперсии были обнаружены обширные следы протекания коррозионного процесса.

Видно, что электрохимический импеданс покрытий снижается с ростом содержания допированного ПАНИ в покрытии. Это может быть связано со снижением удельного электрического сопротивления полученных покрытий, ввиду высокой проводимости керновых пигментов (рис. 2).



Содержание пасты ядерного пигмента, %: 1 – 0; 2 – 5; 3 – 10; 4 – 15.
Рисунок 4 – Спектры электрохимического импеданса покрытий, содержащих ядерные пигменты на основе каолина с оболочкой из допированного (а, б) и недопированного ПАНИ (в, г)

Это приводит в свою очередь к существенному снижению активной составляющей импеданса. Еще одной возможной причиной существенного снижения величины электрохимического импеданса может быть обусловлено ростом гидрофильности покрытия. Это приведет к увеличению скорости проникновения коррозионного агента под покрытие и как следствие к развитию коррозионного процесса. Однако пластинчатая/чешуйчатая форма ядра ядерного пигмента будет предотвращать это. Таким образом, снижение значения электрохимического импеданса будет обусловлено увеличением проводимости покрытий. Подтверждением этому может служить тот факт, что с ростом времени экспозиции покрытий, происходит дедопирование ПАНИ, сопровождающиеся снижением проводимости и ростом удельного электрического сопротивления.

Введение кернового пигмента с оболочкой из недопированного ПАНи приводит к аналогичным результатам. Это связано с тем, что содержащиеся в акриловом сополимере карбоксильные группы приводят к допированию оболочки из ПАНи. Следовательно, можно предположить, что во всех дисперсия пигментирована керновыми пигментами с оболочкой из допированного ПАНи. Различием является только допирующий агент, который не оказывает существенного влияния на защитные свойства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ермилов П. И., Индейкин Е. А., Толмачев И. А. Пигменты и пигментированные лакокрасочные материалы. Л.: Химия, 1987. 200 с.
2. Akbarinezhad E., Ebrahimi M., Faridi H.R. Corrosion inhibition of steel in sodium chloride solution by undoped polyaniline epoxy blend coating // *Prog. Org. Coat.* 2009. V. 64. P. 361–364.
3. Vesely D., Kalendova A., Sapurina I. et al. Corrosion-Inhibition Properties of organic coatings with a polyaniline phosphate // 8th International conference «Advances in coatings technology»: Conference papers. Warsaw, 2008. P. 601–610.
4. Курбатов В. Г., Ильин А. А., Индейкин Е. А. Противокоррозионные пигменты и наполнители с оболочкой из полианилина // *ЛКМ и их применение.* 2012. № 11. С. 49-52.
5. Kurbatov V. G, Indeikin E. A. Anticorrosion Pigments with a Shell of Doped Polyaniline // *Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces.* 2017. V. 53. N. 2, P. 329–334.

ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ РЕЗИН

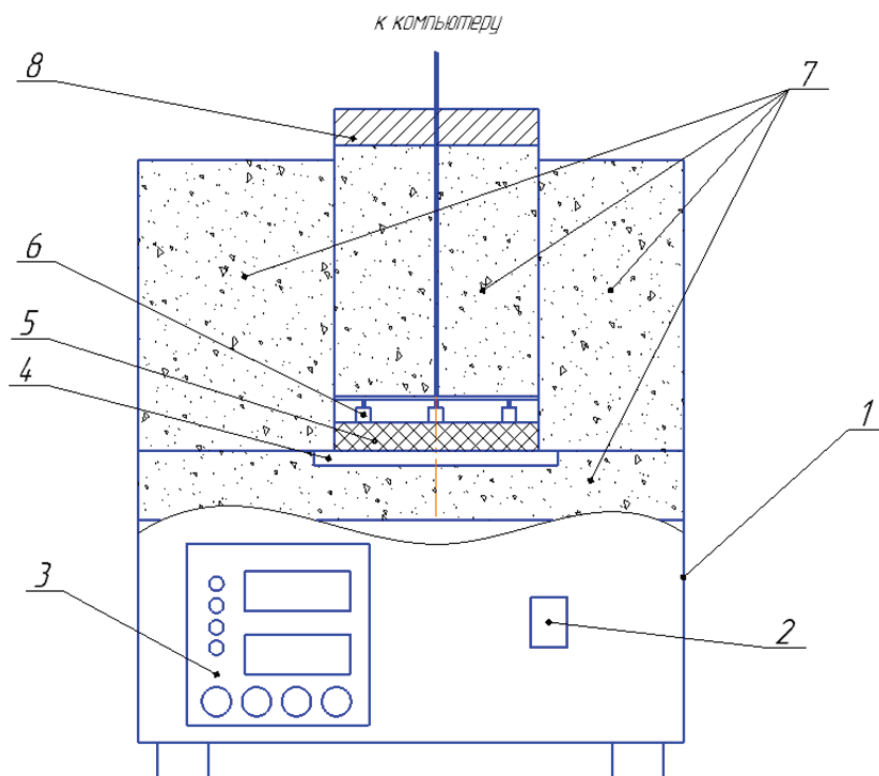
При вулканизации резиновых изделий, особенно толстостенных резинотехнических изделий или грузовых автомобильных шин, очень важно уделять внимание вопросам теплопередачи. Реальные резиновые изделия, такие как шины, имеют достаточно большие поперечные размеры, в результате чего, температура меняется во времени и от участка к участку вулканизуемого изделия, что связано с толщиной его стенок и низкой температуропроводностью полимерной основы – каучука. Поэтому, в данном случае, температура будет являться функцией пространственных координат и времени [1]. Также известно, что характер и скорость протекания реакции вулканизации, а, следовательно, и комплекс формируемых свойств изделия зависят не только от состава вулканизирующей системы, типа каучука и других ингредиентов, но и от температурных условий. В вулканизуемых резиновых изделиях возникают неизотермические и нестационарные условия [2]. Кроме этого, процесс осложняется тем, что теплофизические характеристики материалов также зависят от температуры. Поэтому, для более точного подбора или моделирования температурных режимов вулканизации необходимо знание теплофизических характеристик материалов, основной из которых является коэффициент теплопроводности. Для определения тепловых свойств материалов, в принципе, может быть применен любой режим теплового процесса нагревания или охлаждения, лишь бы существовало точное математическое описание этого режима, то есть имелось решение общего уравнения теплопроводности для заданных конкретных условий [3].

Для лабораторного экспресс – исследования теплофизических характеристик резин и других полимерных композиционных материалов - коэффициента теплопроводности и температуропроводности, был разработан и сконструирован специальный прибор, схема которого представлена на рисунке 1.

Для проведения испытания используются образцы в виде цилиндра диаметром 50 мм и толщиной 5...20 мм. Испытуемый образец помещается через отверстие в корпусе 1 на нагревательный элемент 4, на котором с помощью ПИД регулятора поддерживается постоянная температура испытаний с точностью $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Теплоизолятор 7 препятствует теплоотдаче через боковые поверхности прибора, нагревательного элемента и испытываемого образца 5.

С помощью установки регистрирующего элемента с термодатчиками 6 происходит замер температуры верхней поверхности образца, сигнал от которых передается с помощью интерфейса на компьютер, где происходит дальнейшая обработка полученных данных.

Для более плотного прилегания датчиков к образцу, в регистрирующем элементе, через теплоизолятор установлен прижимной груз 8.



1 – корпус, 2 – выключатель, 3 – ПИД – регулятор, 4 – нагревательный элемент, 5 – испытуемый образец, 6 – датчики температуры, 7 – теплоизолятор, 8 – груз.

Рисунок 1 - Схема прибора для определения теплофизических свойств резин и других ПКМ.

Распространение тепла в приборе подчиняется одномерному уравнению теплопроводности при постоянной температуре на нижней границе и отсутствии теплоотдачи на верхней границе. При этих условиях уравнение теплопроводности имеет аналитическое решение в виде тригонометрических рядов, которое приводит к выражению для температуры на верхней границе [4].

Для обработки экспериментов создано специальное приложение на базе пакета LibreOffice Calc, обеспечивающее возможность быстрого ввода исходных данных и расчета определяемых параметров. Входными параметрами является температура нагревателя, а также

набор значений времени и температуры для различных параллельных опытов. Для каждого значения времени и температуры по всем опытам автоматически производится вычисление коэффициента теплоотдачи, затем автоматически вычисляется среднее значение.

На основании численного решения уравнения теплопроводности, программа выдает результат – значение коэффициентов теплопроводности и температуропроводности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маркелов В. Г., Соловьев М. Е. Моделирование процесса вулканизации толстостенных резиновых изделий // Известия вузов. сер. Химия и химическая технология. 2007 г., т. 50, № 4, с. 95–99
2. Лукомская А. И. Тепловые основы вулканизации резиновых изделий / А.И. Лукомская, П.Ф. Баденков, Л.М. Кеперша. – М.: Химия, 1972. 359 с.
3. Дульнев Г. Н. Теплопроводность смесей и композиционных материалов. Справочная книга / Г.Н. Дульнев, Ю.П. Заричняк. – Л.: Энергия, 1974. 264 с.
4. Карташов Э. М. Аналитические методы в теории теплопроводности твердых тел. – М.: Высшая школа, 2001. 550 с.

Коломиец И.П., Климова А.С., Коротнева И.С.
(Ярославский государственный технический университет)

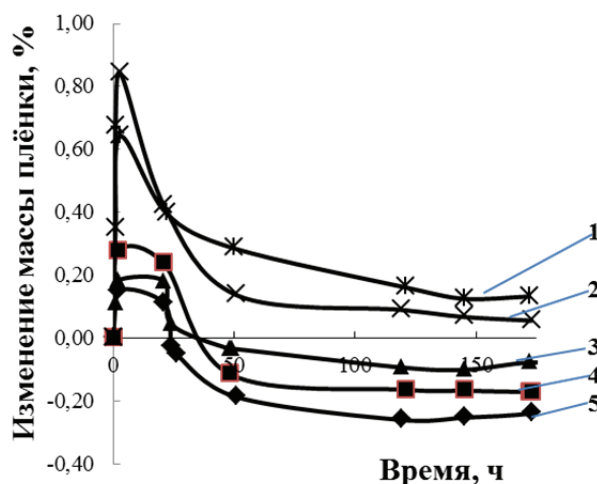
**ПОЛИМЕРНАЯ ПЛЕНКООБРАЗУЮЩАЯ КОМПОЗИЦИЯ
НА ОСНОВЕ ЛАТЕКСОВ КАРБОКСИЛСОДЕРЖАЩИХ
СОПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ
ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ СЕМЯН**

Полимеры и полимерные композиции широко применяются в разных областях промышленности. Изменяя состав полимерных композиций, можно целенаправленно получать материалы с прогнозируемым комплексом свойств. Такие материалы также могут быть востребованы на предприятиях сельскохозяйственной отрасли для предпосевной обработки семян. Их применение позволит минимизировать влияние неблагоприятных факторов, сказывающихся на урожайности культур, а также избежать обработки почвы в ранний весенний период.

Данная работа направлена на создание вододисперсионных пленкообразующих составов для предпосевной обработки семян, регулирующих доступ воды и питательных веществ к семени. Образованные на семенах покрытия должны препятствовать доступу влаги к семени при посадке их в осенний период, исключая возможность прорастания. Под воздействием зимних морозов покрытие должно разрушаться (образовывать трещины, микротрещины), чтобы в благоприятных климатических условиях весной обеспечить поступление питания и влаги к семени, способствуя появлению ранних всходов. Для создания таких пленкообразующих систем проводились исследования по синтезу латексов сополимеров различного строения на основе диенов, акрилатов и карбоксилсодержащих мономеров методом эмульсионной радикальной полимеризации с изменением количественного и качественного состава в исходной шихте. Достоинством таких систем являются высокие адгезионные характеристики, ограниченное набухание в водных средах и способность к частичной деструкции при температуре ниже минус 7°C.

Эмульсионная полимеризация осуществлялась с использованием бинарной комбинации биоразлагаемых эмульгаторов – лаурилсульфата натрия и лауретсульфата натрия. Разработанные рецепты синтеза позволили получить продукт с высокой конверсией мономеров. Незаполимеризовавшиеся в ходе синтеза мономеры удалялись путем дегазации под вакуумом. С целью получения покрытий, разрушающихся под воздействием отрицательных температур в указанном диапазоне, были созданы композиции различного состава на основе латексов карбоксилсодержащих диен-акриловых сополимеров (КДА) и поливинилацетатной (ПВА) дисперсии.

В работе исследована водопоглощающая способность полимерных пленок (рис. 1), значение которой не должно превышать 8% масс, для обеспечения жизнеспособности семян при хранении, препятствия их набухания и преждевременного прорастания.



Состав пленок КДА : ПВА, масс. ч.

1) 20:80; 2) 30:70; 3) 40:60; 4) 50:50; 5) 60:40

Рисунок 1 – Исследование водопоглощения пленок

В качестве образцов семян для нанесения пленочного покрытия использовались овес и горох. Нанесение покрытия на семена осуществлялось методом погружения с одновременным высушиванием в потоке теплого воздуха, а также с использованием установок барабанного типа путем распыления пленкообразующих систем через форсунку (рис. 2). В ходе покрытия семян не происходило слипания и образования агломератов посевного материала, что должно способствовать обеспечению легкости посева и применения стандартного оборудования для этой цели.

Для оценки устойчивости покрытий к воздействию влаги семена проращивались по ГОСТ 12038-84 [1]. Установлено, что на влагостойкость покрытия влияет не только толщина пленки, но и количество нанесенных слоев. Семена, покрытые в один и два слоя, давали хорошую всхожесть, семена с трехслойным покрытием при толщине пленки 220 мкм не прорастали во влажной среде.

Образцы, выдержавшие испытания, помещались в морозильную камеру на 24 ч, размораживались в нормальных условиях в течение 3 часов, а затем проращивались на фильтровальной бумаге в соответствии с ГОСТ 12038-84. Замораживание не вызвало гибели семян. Это подтверждает, что полимерное покрытие обладает защит-

ными свойствами и способно искусственно регулировать время прорастания.



а

б

а) без покрытия; б) с покрытием

**Рисунок 2 – Внешний вид семян гороха
до и после нанесения покрывающего состава**

В ходе проведенных исследований установлена способность полимерного покрытия к биодegradации под действием почвенной микробиоты и кислорода, находящегося в почве. Способность к биодegradации проводилась в соответствии с европейским стандартом промышленного компостирования EN 13432 [2]. Защитное покрытие для предпосевной обработки семян ограниченно набухает в осенний период, а зимой под воздействием отрицательных температур разрушается с образованием фрагментов с размерами существенно меньше 2 мм, кроме того, активное развитие корневой системы растения является дополнительным фактором, обуславливающим дальнейшую фрагментацию. В ходе экспозиции пленок в почве наблюдалось изменение цвета, появление дефектов поверхности, что указывало на проникновение частиц земли и ее микрофлоры в поры пленок. В ходе исследования выявлено значительное уменьшение массы пленок, которое свидетельствовало о влиянии почвенных микроорганизмов и возможно происходящих процессов окисления. Процессу биодegradации могло способствовать наличие в полимерной цепи карбонильных и карбоксильных групп, которые в первую очередь начинают подвергаться процессам, приводящим к биодеструкции полимерного материала, а также это может быть связано с процессами окисления сополимера по двойным связям.

Таким образом, в работе выбран и обоснован состав композиционных пленкообразующих систем для формирования защитных покрытий семян. Разработанные покрытия способны искусственно зада-

вать время прорастания семян, предотвращая гибель растений при преждевременном появлении всходов во время оттепели в осенне-зимний период. Показана способность полимерного материала к де-струкции под действием микробиоты и кислорода в почве.

ЛИТЕРАТУРА

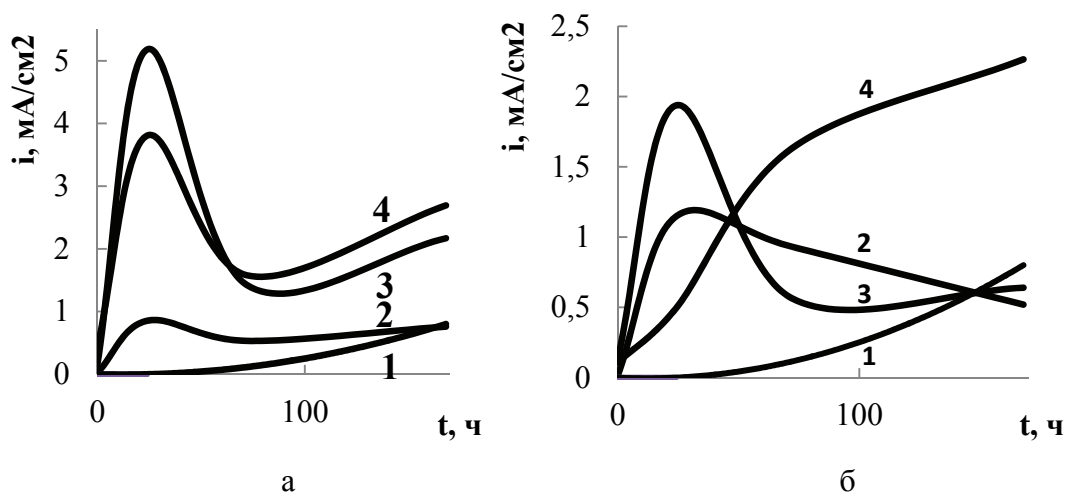
1. ГОСТ 12038-84 С. 4. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. М.: Изд-во стандартов, 2011. VII. 64 с.
2. European standard EN 13432:2000 Packaging. Requirements for pack-aging recoverable through composting and biodegradation. Test scheme and evaluation criteria for the final acceptance of packaging // European Committee for Standardization, 2000. 25 p.

Воронцова А.С., Курбатов В.Г.
(Ярославский государственный технический университет)

ПРОТИВОКОРРОЗИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ СОВМЕЩЕННЫХ ВОДНЫХ ДИСПЕРСИЙ, СОДЕРЖАЩИХ ПОИАНИЛИН

В виду ужесточения требований к компонентам лакокрасочных материалов, возникает потребность в разработке экологически безопасных противокоррозионных материалов и покрытий на их основе. Одним из перспективных экологически безопасных противокоррозионных компонентов является полианилин (ПАНи). Возможность получения устойчивых дисперсий ПАНи [1–4] позволяет легко совмещать его с водными дисперсиями полимеров. Поэтому исследование противокоррозионных свойств покрытий полученных на основе совмещенных водных дисперсий акриловых сополимеров и полианилина, является актуальным.

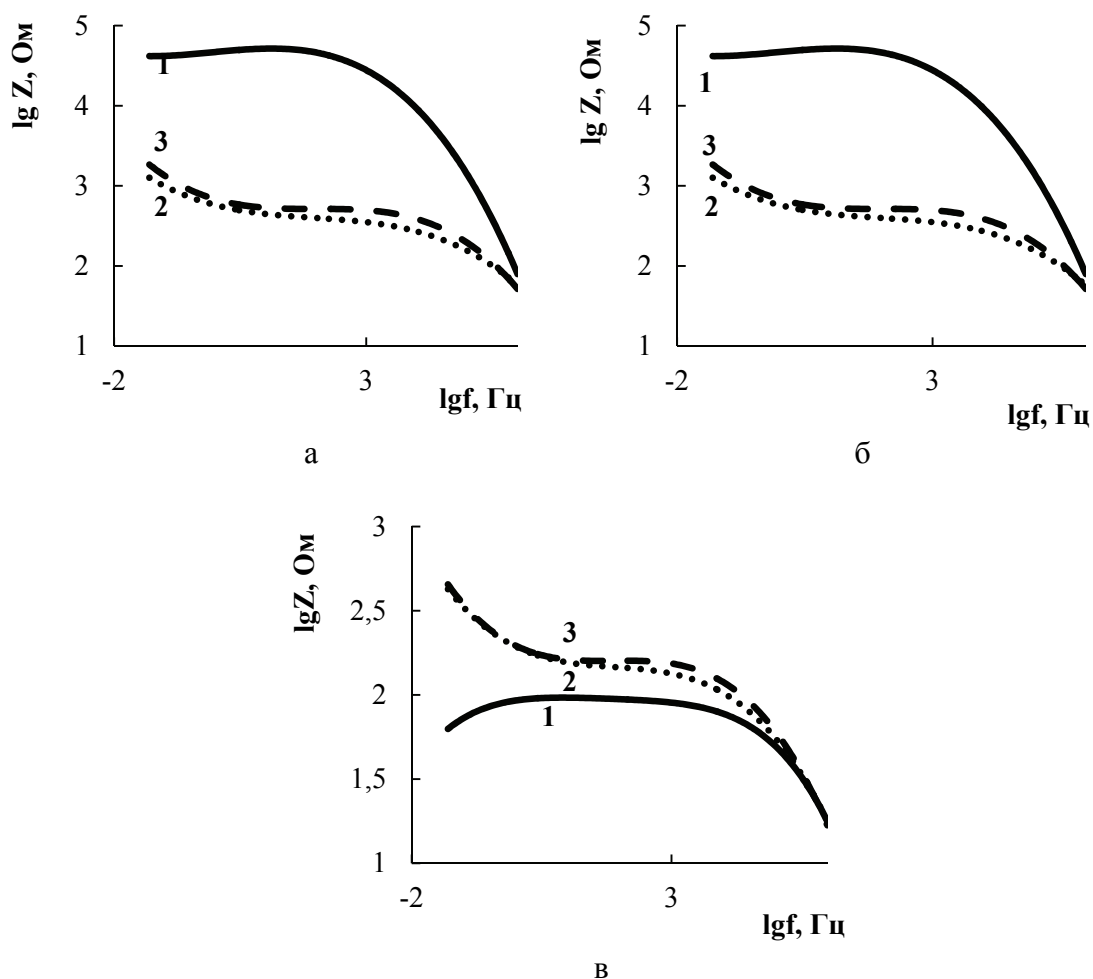
Стальные образцы с покрытиями, содержащими 5% допированного и недопированного ПАНи, обладают наименьшей скоростью коррозии (рис. 1). Активное защитное действие ПАНи, обусловлено каталитическим окислением стали до магнетита, препятствующего развитию коррозии.



Содержание дисперсии ПАНи, %: 1 – 0; 2 – 5; 3 – 10; 4 – 15.

Рисунок 1 – Зависимость плотности тока коррозии стали под покрытиями на основе совмещенных дисперсий, содержащих ПАНи (Для совмещения использовалась дисперсия допированного (а) и недопированного (б) ПАНи. В качестве коррозионно-активной среды использовался 3% раствор NaCl)

Спектры электрохимического импеданса покрытий, полученных на основе совмещенных дисперсий, содержащих допированный ПА-Ни, представлены на рис. 2.



Время экспозиции: 1 – 1 час; 2 – 1 сутки; 3 – 3 суток.

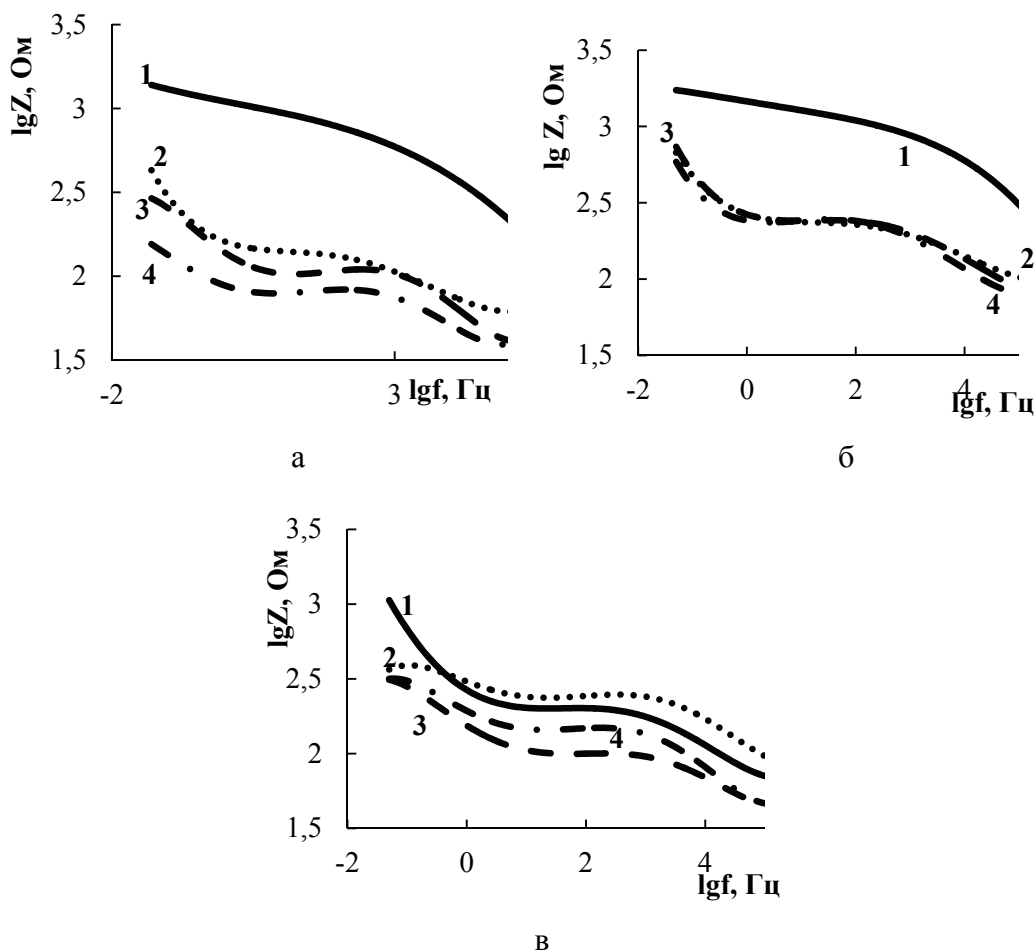
Рисунок 2 – Спектры импеданса покрытий, содержащих допированный ПАНи

(Содержание дисперсии ПАНи, %: а – 5; б – 10; в – 15.

В качестве коррозионно-активной среды использовался 3% раствор NaCl).

Наибольшее значение импеданса наблюдается при содержании водной дисперсии ПАНи 10%. Меньшее значение при 5% дисперсии ПАНи можно объяснить меньшим количеством активного противокоррозионного компонента в покрытии, что не позволяет добиться оптимального защитного действия. При большем содержании дисперсии ПАНи, наблюдается снижение значение импеданса в начальный момент времени, что связано с увеличением проводимости покрытия. Однако с течением времени импеданс покрытий возрастает, что свя-

зано с частичным дедопированием ПАНИ под действием водного раствора соли. В результате возрастает активное сопротивление покрытия и, следовательно, значение импеданса. При совмещении дисперсии недопированного ПАНИ с акриловым сополимером наилучшие защитные свойства покрытий также наблюдаются при 10% (рис. 3).



Время экспозиции: 1 – 1 час; 2 – 1 сутки; 3 – 3 сутки; 4 – 7 сутки

Рисунок 3 – Спектры импеданса покрытий, содержащих недопированный ПАНИ

(Содержание дисперсии ПАНИ, %: а – 5; б – 10; в – 15.

В качестве коррозионно-активной среды использовался 3% раствор NaCl).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-00503 мол «а».

ЛИТЕРАТУРА

1. Vorontsova A. S., Kurbatov V. G., Zakharova N. A., Indeikin E. A. Stability of Polyaniline Aqueous Dispersions Prepared in the Presence of Surfactant Mixtures // Russian Journal of Applied Chemistry, 2018, vol. 91, № 7, pp. 1167–1173. DOI: 10.1134/S1070427218070157.

2. Kurbatov V. G., Zakharova N. A., Kochkina N. V., Indeikin E. A. Aqueous Polyaniline Dispersions Stabilized by Polymeric Carboxyl-containing Surfactants // Russian Journal of Applied Chemistry. 2016. Vol. 89. № 2. P. 200 – 205. DOI: 10.1134/S1070427216020063

3. Kingshuk D., Piyush K., Suparna D., et al Effects of various factors on the interfacial mass transfer phenomenon and dispersion of polyaniline in an aqueous/organic bi-/tri-phasic system // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2013. Vol. 436. P. 830–838.

4. Stejskal J., Sapurina I. Polyaniline: Thin films and colloidal dispersions (IUPAC Technical Report) // Pure Appl. Chem. 2005. Vol. 77. P. 815–826.

Гурина Г.И. канд. хим. наук, доцент, зав. каф. химии,
gigurina@ukr.net (Харьковский национальный технический университет
городского хозяйства имени А.Н. Бекетова)

Дружинин Е.И. канд. техн. наук, доцент,
druzhinin_e_i@ukr.net (Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»)

ВОПРОСЫ РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ СИНТЕЗЕ ЛАКОКРАСОЧНЫХ АЛКИДНЫХ И УРАЛКИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Пути интенсификации, ресурсо- и энергосбережения в процессах производства алкидных и уралкидных смол являются оптимизация и корректировка рецептур или состава смол, а также сокращение времени процессов переэтерификации и поликонденсации при синтезе смол.

Наиболее эффективным путем повышения интенсивности процесса синтеза смол является сокращение времени нагрева реактора от температуры окружающей среды до температуры синтеза на стадии переэтерификации, а именно до 240-260°C. Для этого целесообразно использовать пожаробезопасную систему обогрева реактора, например, с керамическими элементами [1].

С целью выяснения возможностей корректировки состава смол в результате расчета и варьирования избытка гидроксильных групп N (%), степени завершенности реакции $P_{кр}$ (%) и кислотного числа в момент желатинизации G (мгКОН/г) проведен анализ рецептур алкидных смол.

Показано, что предварительный теоретический анализ рецептур алкидных смол служит условием безопасного и одновременно экономически целесообразного проведения процесса синтеза смол при уменьшении величины избытка гидроксильных групп и снижении жирности смолы, что является одним из путей сокращения длительности процесса синтеза алкидных смол.

Выполнен сравнительный анализ известных методов расчета кислотного числа в момент желатинизации, которые позволяют рассчитать теоретическое кислотное число при гелеобразовании по отдельным формулам для глифталей и для пентафталей [2] и предложен метод расчета кислотного числа в момент желатинизации G для использования при расчетах с полиолами различной функциональности по формуле:

$$G = \frac{56\,100(A_2 - B)}{W + 9 \cdot B - \left[9(A_1 + A_2)^2 + 4,5 \cdot A_1 \cdot A_2 \right] / (0,5 \cdot A_1 + A_2)}, \quad (1)$$

где B – число эквивалентов многоатомного спирта;

A_1 – число эквивалентов одноосновной кислоты;

A_2 – число эквивалентов двухатомной кислоты;

M_B – молекулярная масса многоатомного спирта;

M_{A1} – молекулярная масса одноатомной кислоты;

M_{A2} – молекулярная масса двухатомной кислоты;

M_m – молекулярная масса масла,

$$W = B_1 \cdot M_{B_1} + B_2 \cdot M_{B_2} + A_1 \cdot M_{A_1} + A_2 \cdot M_{A_2}, \quad B = B_1 + B_2,$$

$$B_1 = W / M, \quad B_2 = W_B / M_B, \quad A_1 = 3W_m / M_m + W_K / M_K, \quad A_2 = W_A / M_A,$$

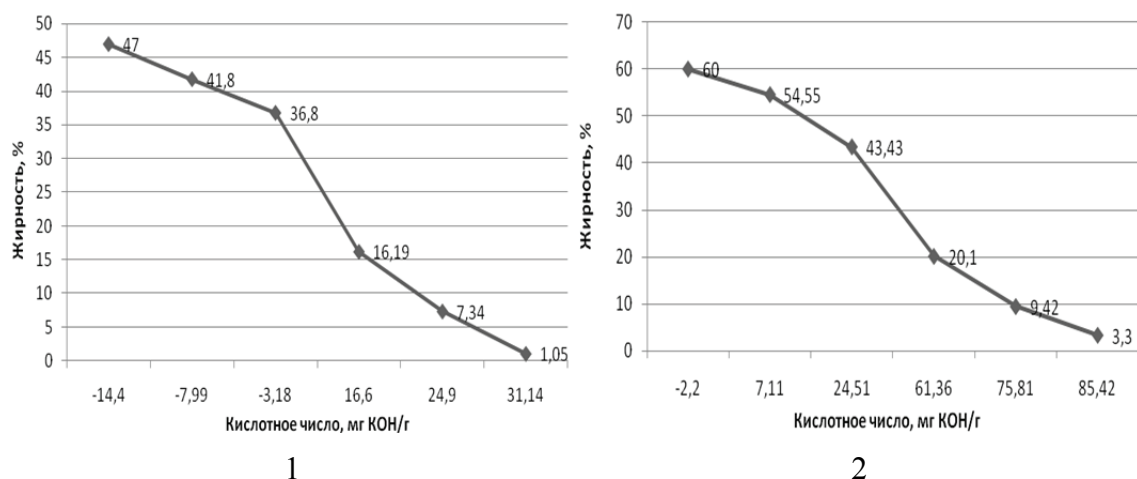
$$M_m = 880, \quad M_B = 92, \quad M_B = 136, \quad M_A = 280, \quad M_A = 148, \quad M_K = 300.$$

Полученная формула была использована для расчета кислотного числа в момент желатинизации при анализе рецептур наиболее многотоннажных алкидных лаков. Результаты расчетов представлены в табл. 1.

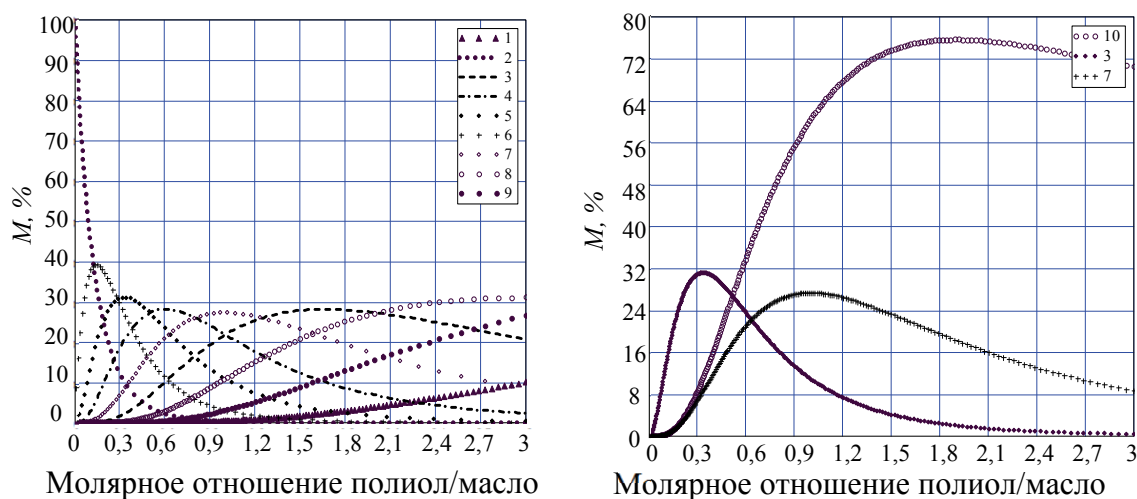
Таблица 1. – Значения кислотных чисел в момент желатинизации, рассчитанные по формуле (1) для различных марок алкидных лаков

Марка лака	ГФ-01	ПФ-060	ПФ-053	ПФ-020	ГФ-091	ГФ-117	ГФ-046
G, мг КОН/г	–14,37	–2,20	–6,24	–9,94	–6,05	–6,80	–14,85
Марка лака	ГФ-091	ПФ-170	ПФ-283	ПФ-171	ГФ-091	Смола 188	Смола 135
G, мг КОН/г	–6,05	–4,10	–12,51	–9,94	–13,38	–11,62	–28,20

Отрицательные величины теоретически рассчитанных кислотных чисел в момент желатинизации свидетельствуют о возможности проведения процесса до к.ч. = 10–20 мг КОН/г по требованиям нормативно-технической документации для большинства алкидных лаков без опасности желатинизации в реакторе. Так как при снижении жирности смолы даже при зафиксированном избытке гидроксильных групп N критическая степень завершенности реакции $P_{кр}$ снижается, а теоретическое кислотное число в момент желатинизации увеличивается (рис. 1), то это определяет обязательную необходимость проведения технологической пробы перед синтезом в реакторе для практического подтверждения возможности использования оптимизированной рецептуры.



**Рис. 1. – Зависимости кислотных чисел в момент желатинизации, рассчитанных по формуле (1), от жирности основы лаков.
1 – для лака ГФ-01; 2 – для лака ПФ-060.**



**Рис. 2 – Зависимость состава продуктов алкоголиза масла пентаэритритом (М,%) в состоянии равновесия от исходного отношения пентаэритрита к маслу.
1 – пентаэритрит; 2 – триглицерид; 3 – моноглицерид; 4 – диглицерид;
5 – трипентаэритрид; 6 – тетрапентаэритрид; 7 – дипентаэритрид;
8 – монопентаэритрид; 9 – глицерин;
10 – суммарная доля би- и трифункциональных эфиров.**

Еще одной возможностью управления синтезом алкидных смол является оптимизация мольного соотношения полиол: масло в рецептурах лаков. В качестве математической модели, описывающей соотношение между девятью продуктами алкоголиза при участии масла и пентаэритрита для различного молярного отношения полиол : масло, был использован бином Ньютона восьмой степени. На примере анализа рецептуры лака ПФ-053 показано, что оптимальными соотношениями

полиол/масло являются величины 1,55–1.80, которые соответствуют области максимума интегральной кривой выхода би- и трифункциональных продуктов реакции переэтерификации в зависимости от соотношения полиол/масло (рис. 2). Таким образом, для обеспечения эффективного протекания последующей реакции поликонденсации в анализируемых рецептурах необходимо выбирать оптимальные соотношения исходных компонентов для реакции переэтерификации.

Одним из путей ресурсосбережения при синтезе поликонденсационных смол является использование отходов производства в качестве сырьевых компонентов. Показана возможность и рассчитаны рецептуры алкидных и шести уралкидных лаков с различной жирностью с использованием в рецептурах более 25% вторичного полиэтилентерефталата как на стадии переэтерификации, так и поликонденсации. Синтезированы смолы и определены физико-механические и защитные свойства покрытий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Товажнянский Л. Л., Ведь В. Е, Гурина Г. И. Энергоеффективная организация электронагрева реакторов в производстве лаков и красок. Журнал Академии Наук республики Молдова. Институт энергетике, 2014, 2 (25), с. 98–104
2. Патон Т. К. Технология алкидных смол, М: «Химия», 1970, с. 127

¹Пырх Т.В., аспирант,

¹Щербина Л.А., доц., к-т техн. наук

²Можейко Ю.М., нач. ЦИЛ

htvms@tut.by (¹МГУП, г. Могилев)

mozheiko@khimvolokno.by (²ОАО «Могилевхимволокно»)

ТЕРМОДЕСТРУКЦИЯ ПОЛИЛАКТИДА И ЕГО РЕЦИКЛИНГ

Технический прогресс и стремление сохранить окружающую среду требует от химического комплекса Республики Беларусь все больших усилий по разработке экологически чистых материалов на основе возобновляемых сырьевых ресурсов. В этой связи в мировой практике все большее обращается внимание на полилактид и композиционные материалы на его основе.

Полилактид вызывает интерес, хотя бы по следующим причинам:

- для его производства не требуется нефтехимическое сырье, а используется углеводсодержащее биовозобновляемое сырье, из которого можно получить молочную кислоту и ее производные;
- производство полилактида характеризуется небольшим количеством биodeградируемых отходов;
- полилактид абсолютно биосовместим и экологически безопасен;
- возможность регулирования свойств полилактида путем варьирования содержания в полимере звеньев L- и D-молочной кислоты и других сомономеров;
- после использования материалы и изделия на основе полилактида можно (см. рис. 1):
 - переработать во вторичное полимерное сырье или полимерные композиционные материалы;
 - превратить в исходное высококачественное мономерное сырье для последующего производства «первичного» полимера;
 - утилизировать путем деструкции до воды и углекислого газа, который включится в естественный круговорот углерода в природе.

Тем не менее, при производстве и переработке полилактида, так как и в любом другом даже отлаженном производстве, остаются вопросы, требующие решения. В частности, в научно-технической литературе фактически отсутствуют сведения о реализации процесса рециклинга полилактида путем превращения его в лактид. Принципиальная возможность такого технологического процесса очевидна. Однако в связи с возможностью рацемизации молочной кислоты и ее производных в процессе высокотемпературной деполимеризации высока вероятность изменения соотношения L-,D- и LD-лактида в получаемых продуктах.

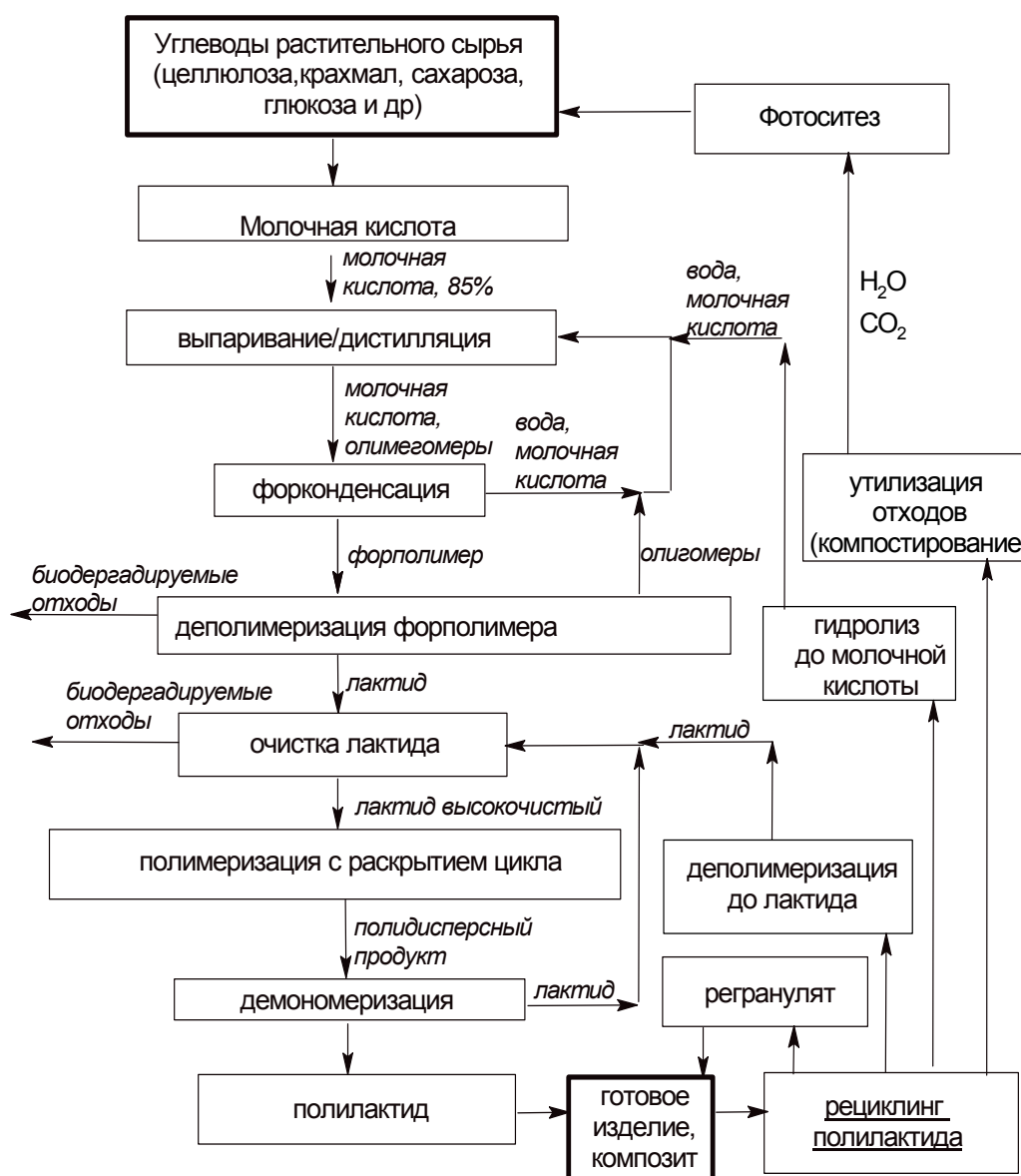


Рисунок 1 – Схема оборота химических продуктов при производстве, переработке и утилизации полилактида

С целью выбора условий проведения деполимеризации полилактида, при которых отсутствует активное протекание рацемизации молочной кислоты и ее производных, была проведена серия экспериментов. Для этого гранулы L-полилактида с температурой плавления 175°C и катализатор помещали в реактор. В течение 2 ч сушили содержимое реактора при перемешивании в токе азота при температуре теплоносителя 120°C. Затем температуру теплоносителя поднимали выше температуры плавления исходного L-полилактида. Перемешивание расплава L-полилактида проводили в слабом токе азота при атмосферном давлении в изотермических условиях с образованием тонкого слоя реакционной массы. В ходе эксперимента оценивали поте-

рю массы содержимого реактора, делали отбор образцов деструктирующего L-полилактида и образующегося лактида. Температуры физических переходов полученных образцов полимеров оценивали методом дифференциальной сканирующей калориметрии.

Отмечено, что при выдерживании расплава L-полилактида в отсутствии катализатора при температурах до 200°C активного образования лактида не наблюдается. В тоже время данные, полученные методом дифференциальной сканирующей калориметрии, косвенно указывают на происходящие в структуре полимера изменения. В частности, на термограммах (рис. 2), отобранных из реактора образцов полилактида, «прописывается» пик кристаллизации, который «не проявляется» у образцов исходного полилактида (подготовленных аналогичным образом). Одновременно с этим температура плавления полимера снижается со 175°C до 172°C.

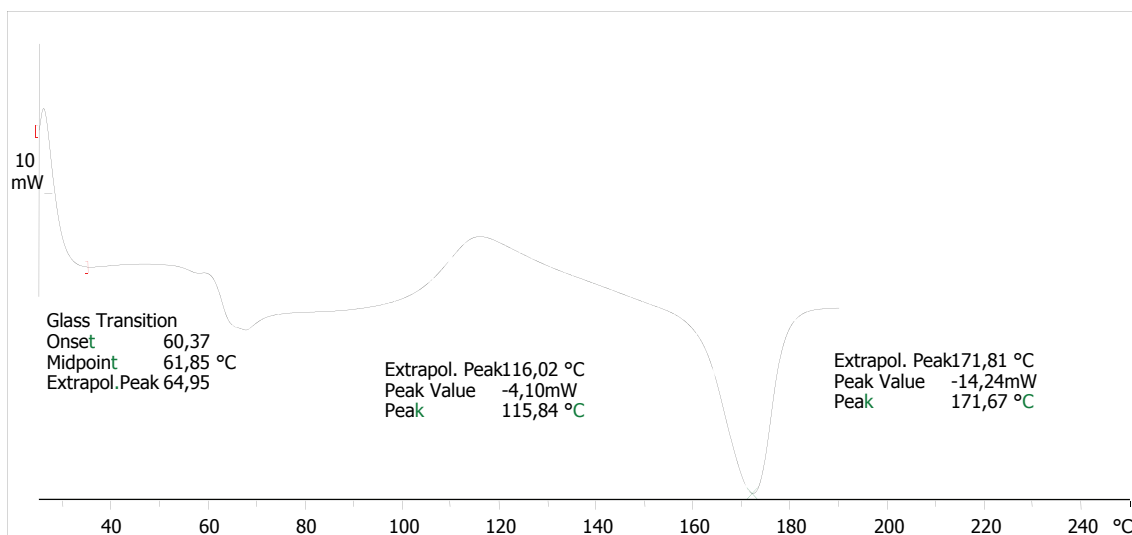


Рисунок 2 – Термограмма L-полилактида (выдержан при 200°C)

Введение в реакционную среду катализатора (в количестве 0,5% от массы полимера) позволяет активировать процесс деполимеризации. В результате за 10 ч при температуре 200°C конверсия полилактида в лактид достигает более 90%. В этом случае, температура плавления образующегося лактида составляет около 95–96°C, что соответствует L-лактиду, и указывает на возможность перевода отходов полилактидных материалов в лактид без активного протекания его рацемизации.

Щербина Л.А., Будкуте И.А., Киселева Д.А.
(Могилевский государственный университет продовольствия)

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИАКРИЛОНИТРИЛЬНЫХ ВОЛОКОН С ЦЕЛЬЮ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ИХ ТЕРМООКИСЛЕНИЯ

В настоящее время создание композиционных материалов невозможно без применения углеродных волокон (УВ). При их производстве на основе полиакрилонитрильных (ПАН) прекурсоров наиболее продолжительной стадией является термоокислительная стабилизация (или термоокисление), осложняемой тем, что при температурах 230–280°C в волокне протекает экзотермическая реакция полициклизации по нитрильным группам с выделением большого количества тепла. При неуправляемом выделении тепла может возникнуть перегрев обрабатываемого волокна, вплоть до его возгорания. Кроме того, температурный режим на стадии термоокисления оказывает решающее влияние на структуру и, значит, качество получаемого УВ. Это связано с тем, что на этой стадии образуются полинафитиридиновые структуры, являющиеся «зародышами» турбостратной структуры УВ. С одной стороны, данный процесс должен быть доминирующим по причине необходимости обеспечения образования полициклических структур. С другой стороны, экзотермический эффект данной реакции должен быть «размыт» во времени с целью предотвращения возгорания волокна.

Поэтому целью данной работы явилось изучение температурных режимов процесса термостабилизации для поиска оптимальных решений в аспекте проявления экзотермического эффекта. Объектом исследования явились ПАН волокна на основе сополимеров акрилонитрила (АН), метилакрилата (МА) и кислотного мономера: 2-акриламид-2-метилпропансульфонокислоты (АМПС) или итаконовой кислоты (ИтК).

На основе термограмм, полученных методом дифференциальной сканирующей калориметрии, определены температуры начала ($T_{\text{нач}}$), максимума ($T_{\text{мах}}$), окончания ($T_{\text{кон}}$) и значения теплового эффекта (S) полициклизации в полимерах при различных скоростях нагрева (таблица). При этом были апробированы плавный и ступенчатый режимы подъема температуры.

Анализ полученных данных показал, что при повышении скорости нагрева для всех исследованных образцов наблюдается повышение температур начала, максимума и окончания процесса полициклизации. При этом для сополимера, содержащего в качестве кислотного мономера АМПС, характерны более высокие значения данных пока-

зателей, по сравнению с сополимером, содержащим ИтК. Повышение скорости подъема температуры приводит к увеличению площади экзотермического эффекта.

Таблица – Значения $T_{\text{нач}}$, $T_{\text{мах}}$, $T_{\text{кон}}$ и тепловых эффектов термоокислительной стабилизации ПАН волокон при различных температурных режимах

Скорость нагрева, °С/мин	$T_{\text{нач}}$, °С	$T_{\text{мах}}$, °С	$T_{\text{кон}}$, °С	ΔT , °С	S, Дж	$S/\Delta T$, Дж/°С
поли [АН-со-МА-со-АМПС]						
1	234,0	262,8	273,2	39,2	4,8	0,12
2	244,0	278,4	343,3	99,3	8,2	0,08
4	244,1	293,0	372,1	128	16,3	0,13
8	248,2	309,8	369,4	121,1	27,2	0,22
16	255,0	334,9	393,1	138,1	36,6	0,27
32	275,5	333,3	387,8	112,3	36,7	0,33
64	276,9	365,5	419,7	142,8	57,5	0,40
поли [АН-со-МА-со-ИтК]						
1	210,0	248,7	318,4	108,4	6,5	0,06
2	215,5	260,6	344,1	128,6	10,3	0,08
4	237,5	275,5	336,2	98,7	15,3	0,16
8	235,2	285,4	386,7	151,1	19,7	0,13
16	237,9	299,8	383,4	145,5	37,6	0,26
32	244,0	314,1	385,0	141	53,5	0,38
64	245,9	340,0	395,5	149,6	87,2	0,58

Удельное значение экзотермического эффекта ($S/\Delta T$) показывает, что при скорости подъема температуры выше 8–16°С/мин наблюдается резкое увеличение выделяющейся энергии реакции полициклизации на каждый градус подъема температуры.

В ходе исследований были апробированы ступенчатые режимы подъема температуры на 10°С с выдержкой по 2 и 5 мин. между каждым очередным подъемом температуры. При этом установлено, что с увеличением продолжительности выдержки образцов полимеров на каждой температурной стадии площадь экзотермического пика уменьшается, а температуры начала, максимума и окончания практически не изменяются. Наблюдается меньший общий экзотермический эффект при более длительной выдержке образцов полимеров на каждой из температурных ступеней. По всей видимости, по этой причине меньше общее удельное тепловыделение на каждый градус температурного диапазона, связанного с экзотермическим эффектом, при более длительной выдержке на каждой температурной ступени.

Так, в большинстве случаев при термоокислении поли[АН–со–МА–со–ИтК] наблюдается более активное тепловыделение. Чем медленнее поднимается температура и чем дольше выдерживается полимер на каждой температурной ступени, тем меньший общий тепловой поток регистрируется прибором. По всей видимости, это может быть объяснено рассеиванием энергии в результате тепловых потерь, что приводит к кажущемуся уменьшению общей величины тепловых пиков в случае малых скоростей подъёма температур. Аналогично будет рассеиваться тепло в реальной производственной печи при проведении термоокислительной стабилизации. При высокой скорости подъёма температуры теплота экзотермических процессов, протекающих в полимерном субстрате, выделяется единовременно.

Как следует из рассмотренных выше экспериментальных данных, наблюдается резкое увеличение интервала проявления теплового эффекта до скорости нагрева 8–10°C/мин, при дальнейшем увеличении скорости нагрева разница между началом и концом экзотермического эффекта практически не изменяется. По всей видимости, при скорости подъёма температуры 8–10°C/мин устанавливается состояние, близкое к равновесному, характеризующееся равенством скоростей потоков теплопередачи от источника тепла в окружающую среду (рассеивание энергии) и скорости выделения тепла в результате химической реакции.

Таким образом, при организации процесса термоокислительной стабилизации с использованием производственного оборудования придется исходить из теплового баланса между приходом теплоты в результате химических процессов и её отдачи в окружающую среду. Если не создать необходимый теплоотвод и не регулировать скорость термохимических процессов, то автотермическая природа реакции полициклизации в ПАН волокне приведёт к возгоранию полимерного материала. Другим важным аспектом, который следует отметить на основе результатов проделанной работы, является то, что не все термохимические процессы, протекающие при термоокислительной стабилизации ПАН волокон, запускаются (активируются) при какой-то одной температуре.

В целом, полученные в ходе результаты указывают на существующую зависимость величин регистрируемых тепловых эффектов как от химического состава полимера, так и от скоростного режима изменения температуры процесса.

¹Шкодич В.Ф., ¹Темникова Н.Е., ¹Бойко И.И., ¹Стойанов О.В.,
²Касперович А.В.
¹(ФГБОУ ВО

«Казанский национальный исследовательский технологический университет»)

²(Белорусский государственный технологический университет)

**ВЛИЯНИЕ АДГЕЗИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
НАНОМОДИФИЦИРОВАННОГО СВЯЗУЮЩЕГО
В ФОРМИРОВАНИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
НА ОСНОВЕ ПОЛИАМИДНОЙ БУМАГИ**

В полимерной химии интенсивно ведутся работы, направленные на создание наноструктурированных полимерных композиций с углеродными наночастицами [1]. Для улучшения распределения наночастиц в матрице применяется направленная химическая модификация поверхности углеродных наночастиц, физические воздействия, например, твердофазная непродолжительная высокоэнергетическая механическая обработка (ВЭМО). В качестве наночастиц наиболее широкое распространение получили углеродные нанотрубки, детонационные наноалмазы, алмазная шихта [1]. Они являются мощными и доступными структурирующими элементами эпоксидных, фенолформальдегидных [2], уретановых [1] олигомеров.

Значительная часть общего потребления таких полимерных композиционных материалов приходится на долю современной авиации и ракетно-космической техники (преперги, сотовые заполнители).

Препреги представляют собой сложные системы, состоящие из армирующих волокон и связующего. Ключевую роль в обеспечении прочности волокнистых композитов играет адгезионная прочность соединения «волокно-матрица» в элементарной ячейке композита. От неё в значительной степени зависит и то, насколько будет реализован вклад прочностных характеристик волокон в прочность полимерного композиционного материала.

Важность прогнозирования адгезионных и когезионных свойств приводит к необходимости исследования поверхностных явлений. К числу наиболее распространенных химико-физических явлений, происходящих на границе раздела фаз, относится смачивание. Хорошее смачивание поверхности субстрата - одно из необходимых условий получения полимерного композиционного материала, обладающего высокой функциональной активностью.

С этой целью в работе было изучено влияние углеродных нанобъектов, таких как: наноалмазы (НА), алмазная шихта (АШ), а также

наноалмазы, подвергнутые высокоэнергетической механической обработке на адгезионные характеристики связующего и физико-механические характеристики препрегов на его основе.

Были использованы бакелитовый фосполиол оксипропилированный состав (БФОС) и полиамидная бумага Nomex[®] 1150. Углеродные нанообъекты были подвергнуты предварительной ВЭМО в планетарной шаровой мельнице АГО-2 в течение 10 минут. ИК - спектры снимали на инфракрасном Фурье-спектрометре «ИнфраЛИУМ ФТ-08». Измерение углов смачивания проводили на приборе Easy Drop Kruss. Определение тепловых характеристик фазовых превращений осуществлялось методом ДСК на приборе марки DSC 1 STAR[®] System. Физико-механические испытания осуществлялись по ASTM D 5467.

Качественный анализ ИК-спектров БФОС с АШ позволяет сделать вывод об образовании внутримолекулярных Н-связей с участием π электронов бензольного кольца. Появление новой полосы 1014 см^{-1} в ИК-спектрах образцов с АШ, обусловлены валентными колебаниями простой эфирной связи (-С-О-С-). С ростом интенсивности полосы 1014 см^{-1} происходит исчезновение плечей в области $1099\text{--}1068\text{ см}^{-1}$, характерные для пара- и ортозамещенных фенолов. Наблюдаемые изменения в спектре позволяют сделать вывод о протекании реакции образования соединений с диметиленэфирной связью.

В области валентных колебаний =C=C= , при введении обработанных НА, в ароматическом кольце при 1459 см^{-1} происходит расщепление полосы в дублет, что свидетельствует о вовлечении π -электронов бензольного кольца в образование Н-связи. Наблюдаемые изменения можно объяснить взаимодействием метилольных групп, что ведет к образованию диметиленэфирной связи.

Таким образом, изменения в ИК-спектрах, наблюдаемые в образцах, модифицированных углеродными нанообъектами, в первую очередь обусловлены структурой и величиной удельной поверхности частиц, что может сказаться на изменении смачивания поверхности и водопоглощении.

Измерение углов смачивания (рис. 1) показало, что не все углеродные нанообъекты, введенные в связующее БФОС, улучшают смачивание поверхности полиамидной бумаги. Так, в случае использования АШ и НА в качестве структурирующих объектов происходит рост краевого угла смачивания. Наибольший эффект смачивания обеспечивается использованием НА, подвергнутых ВЭМО. Наблюдаемое улучшение смачивания в случае использования обработанных НА можно объяснить изменением конформации олигомерных цепей и образованием из них более плотного ориентированного слоя на границе

раздела фаз. Это позволяет увеличить число контактов олигомерных цепей с поверхностью полиамидной бумаги и усилить адсорбционное взаимодействие в системе.

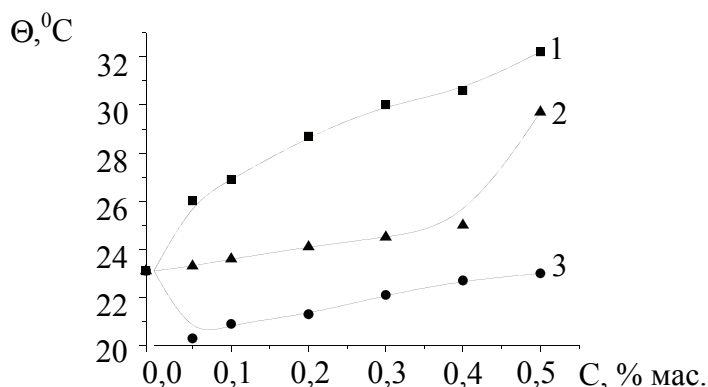


Рисунок 1 – Концентрационная зависимость изменения краевого угла смачивания связующего БФОС, структурированного углеродными нанобъектами, полиамидной бумаги Nomex®: 1 – НА, 2 – АШ, 3 – обработанные НА.

На основании полученных результатов исследований зависимостей краевого угла смачивания и поверхностного натяжения от концентраций углеводородных объектов, были рассчитаны показатели, характеризующие адгезионное взаимодействие в исследуемых системах, представленные в табл. 1: работа адгезии ($W_a = \gamma_l(1 + \cos\Theta)$), работа когезии, относительная работа адгезии ($Z_a = W_a / W_k$).

Таблица 1 – Адгезионные характеристики связующего БФОС, структурированного углеродными объектами:

НЧ, % мас	γ_l , мН/м			W_a , мДж/м ²			W_k , мДж/м ²			Z_a		
	АШ	НА	НА _{обр.}	АШ	НА	НА _{обр.}	АШ	НА	НА _{обр.}	АШ	НА	НА _{обр.}
0	18,8	18,8	18,8	36,1	36,1	36,1	37,6	37,6	37,6	0,96	0,96	0,96
0,05	18,7	20,6	16,9	35,9	39,1	32,8	37,4	41,2	33,8	0,96	0,95	0,97
0,1	18,5	20,5	17,5	35,5	38,8	33,8	37,0	41,0	35,0	0,96	0,95	0,97
0,2	18,3	20,3	18,1	35,0	38,1	34,9	36,6	40,6	36,2	0,96	0,94	0,96
0,3	18,1	20,1	18,6	34,6	37,5	35,8	36,2	40,2	37,2	0,96	0,93	0,96
0,4	17,7	20,4	19,2	33,8	38,0	36,9	35,4	40,8	38,4	0,95	0,93	0,96
0,5	17,5	20,6	20,3	32,7	38,0	38,9	35,0	41,2	40,6	0,93	0,92	0,96

Поскольку обработанные НА в низких концентрациях способствуют снижению поверхностного натяжения связующего БФОС, что приводит к снижению работы адгезии.

Относительная работа адгезии всех исследуемых композиций составляет от 0,92 до 0,97, что приближается по значению к единице; следовательно, силы сцепления между молекулами полиамидной бумаги и структурированным связующим приближаются по величине к силам сцепления молекул самого олигомера.

Повышение физико-механических характеристик в препрегах обусловлено и структурными факторами формирующейся полимерной матрицы в процессе отверждения.

Во всех исследуемых системах наблюдается значительное влияние наночастиц на параметры отверждения препрегов на основе полиамидной бумаги Nomex®. Введение наночастиц в связующее БФОС приводит к снижению температуры отверждения. При этом наибольшие изменения наблюдаются для системы, содержащей 0,05% АШ. Температура отверждения для данной концентрации составляет 141°C, что на 20°C ниже показаний контрольного образца (табл. 2).

Таблица 2 – Характеристики препрега на основе Nomex®

t, ВЭМО, мин	C, % мас	$\sigma_{\text{растяж}}$, МПа		$E_{\text{растяж}}$, МПа		$\sigma_{\text{сжатие}}$, МПа		$E_{\text{сжатие}}$, МПа		Водо- погло- щение, %	Пик $T_{\text{отв}}$, °C
		0°	90°	0°	90°	0°	90°	0°	90°		
НА											
-	0	125	59	4929	3438	47,5	37,2	2660	1550	8,1	161
	0,1	104	53	5433	3880	51,8	37,9	4219	3322	7,9	—
0	0,4	102	57	5444	3828	48,6	43,2	3905	3472	7,5	—
	0,6	117	57	5495	4113	49,1	48,3	4320	3554	—	—
10	0,1	115	57	5347	3954	61,8	54,9	4362	4074	7,8	—
	0,4	110	57	5547	3983	64,5	45	4722	4547	7,8	—
	0,6	108	57	5455	4216	65	45	4647	4584	—	—
АШ											
0	0,1	116	59	5598	3830	62,9	45,5	4605	4594	7,6	—
	0,4	112	58	5433	3885	55	41,5	4331	3491	8,1	84
	0,6	108	53	5496	3540	50,8	42,7	3989	2539	8,3	157

Сопоставляя результаты физико-механических исследований и дифференциальной сканирующей калориметрии можно сделать вывод: введение наномодификаторов в связующий состав приводит к большей подвижности олигомерных цепей и, как следствие, доступности функциональных групп. Это способствует облегчению протекания процесса отверждения связующего с формированием более плотной пространственной полимерной сетки, что сказывается на увеличении прочност-

ных характеристик композита при растяжении. С другой стороны, увеличение количества узлов пространственной полимерной сетки приводит к некоторому охрупчиванию материала, что подтверждается ростом модуля упругости в исследуемом концентрационном диапазоне углеродных наночастиц. Максимальное увеличение основного функционального показателя - прочности при сжатии наблюдается при использовании обработанных НА. С увеличением времени активирования частиц данный показатель возрастает (таблица 2).

ЛИТЕРАТУРА

1. Dolmatov, V Yu. *Russ. Chem. Rev.* 2007, 76(4), pp. 339–360.
2. Md. Rezaur Rahman, Sinin Hamdan, Md. Saiful Islam, Abu Saleh Ahmed J. *Appl. Polym. Sci.* 2012, 14, pp. 1481–1487.

¹Русанова С.Н., ¹Стойнов О.В., ²Касперович А.В.
¹(ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет»)

²(Белорусский государственный технологический университет)

СИЛАНОЛЬНАЯ МОДИФИКАЦИЯ СОПОЛИМЕРОВ ЭТИЛЕНА КАК СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ГРАДИЕНТНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ АДГЕЗИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Модификация непредельными силанами (силанольное структурирование) позволяет получать материалы с улучшенными эксплуатационными характеристиками, обладающими хорошим внешним видом, износостойкостью, стойкостью к действию внешней среды. Традиционными методами силанольного структурирования полиолефинов являются одно-(Monosil®) и двухстадийные (Sioplas®) процессы реакционного смешения, включающие прививку силана на полиолефины, преимущественно полиэтилен и полипропилен, с последующей силанольной конденсацией. Недостатком данного вида модификации является использование органических пероксидов, необходимых для прививки непредельных силанов к макромолекулам полимера, поскольку этот процесс является конкурирующим перекисному сшиванию полимера. В настоящее время ряд зарубежных фирм выпускают статистические сополимеры олефинов с непредельными органосиланами. Однако спектр продуктов сополимеризации ограничен технологией производства полимеров, поскольку процесс полимеризации ведется при высоком давлении.

Нами была исследовано химическая модификация сополимеров этилена с винилацетатом и (этил/бутилакрилатом) и тройных сополимеров этилена с винилацетатом (этил/бутилакрилатом) и малеиновым ангидридом предельными алкоксисиланами, в том числе содержащими амино и глицидокси группы, в условиях интенсивного термомеханического воздействия для получения материалов заданной фазовой и надмолекулярной структуры и свойств [1]. В ходе работы было установлено, что прививка предельных алкоксисиланов к макромолекулам сополимеров осуществляется переэтерификацией алкоксигруппами модификатора сложноэфирных групп сополимеров, а так же образующихся в процессе термомеханического воздействия в среде воздуха гидроксигрупп. При модификации тройных сополимеров дополнительно имеют место реакции взаимодействия ангидридного цикла сополимера с функциональными группами модификатора с образованием соответствующих продуктов.

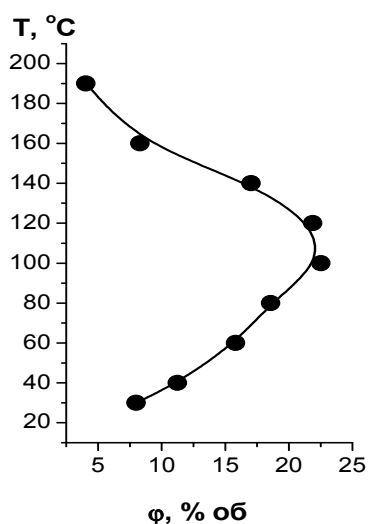


Рисунок 1 – Диаграмма фазового состояния системы и СЭВА14-ДАС (б).

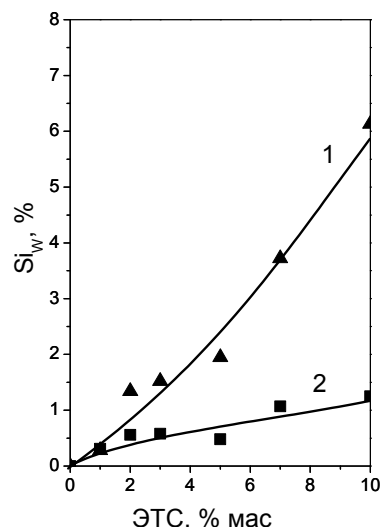


Рисунок 2 – Содержание атомов Si на глубине 90 мкм (1) и 300 мкм (2) в СЭВА14, модифицированного этилсиликатом

В ходе изучения взаимной растворимости на разных стадиях их химического взаимодействия компонентов, трансляционной подвижности и фазовых равновесий в системах полимер-модификатор, установлено (рис. 1), что в результате протекающего в системе химического взаимодействия фазовые диаграммы имеют вид «песочные часы», а температурный коэффициент растворимости изменяет свой знак в области высоких температур. Наблюдаемая термодинамическая несовместимость приводит не только к микрофазовому расслоению, образованию нано- и микрогетерогенных структур, но и обогащению приповерхностных слоев модифицированного материала полиалкоксисиланом, что подтверждают данные электронно-зондового рентгеноспектрального микроанализа поперечных срезов образцов модифицированных сополимеров (рис. 2). Насыщение поверхностного слоя полимера при силанольной модификации представляет несомненный интерес при разработке адгезионных материалов.

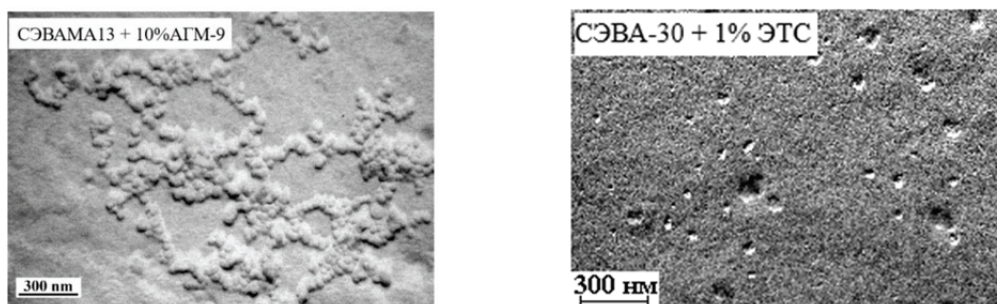
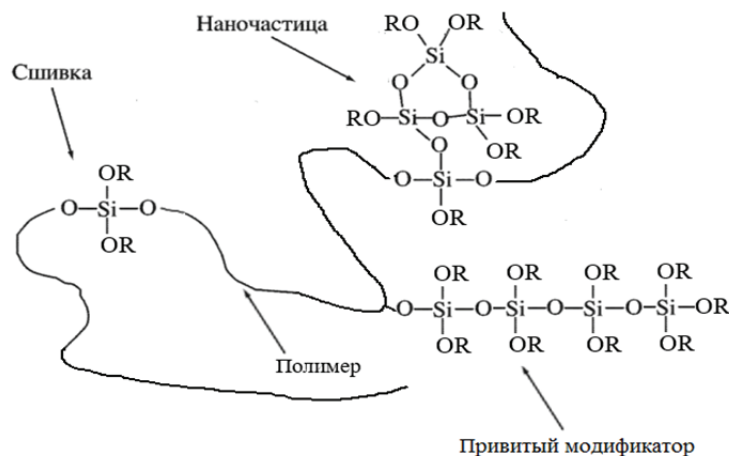


Рисунок 3 - Микрофотографии модифицированных сополимеров

Структурно-морфологические исследования методом просвечивающей электронной микроскопии показали (рис. 3), что в зависимости от содержания сложноэфирных звеньев в сополимере и количества введенного модификатора, идентифицируются изолированные сферические частицы (диаметр от 50 до 200 нм), их агломераты или волокна диаметром до 50 нм и длиной до 1 мкм. Поскольку частицы выступают над поверхностью, обработанной в плазме высокочастотного кислородного разряда, можно утверждать, что скорость их травления меньше, чем матрицы, а это, в свою очередь, означает, что выделившаяся фаза обогащена соединениями кремния.

Структура дисперсных частиц, образующихся в ходе силанольной модификации сополимеров этилена, нам представляется как наночастицы кремнезема, привитые к полимерной матрице:

Аналогичные наноструктуры были получены С. С. Иванчевым с соавторами при изучении процесса гидролиза различных алкоксисиланов, сорбированных гранулированным полимером при температуре 100–120°C из паровой фазы [2].



Образование в матрице модифицированных сополимеров дисперсных силоксановых наночастиц, выступающих в роли активного наполнителя, позволило получить материалы с улучшенными деформационно-прочностными характеристиками (рис. 4).

При интерпретации данных физико-механических испытаний модифицированных сополимеров необходимо учитывать, что в процессе модификации двойных сополимеров имеет место не только прививка модификатора на макромолекулы полимера, но и сшивание макромолекул, приводящее к некоторому снижению ПТР материала, с сохранением растворимости и текучести. Следует отметить, что в исследованных системах наблюдается эффект эластификации композиции, т. е. одновременный рост прочности и удлинения.

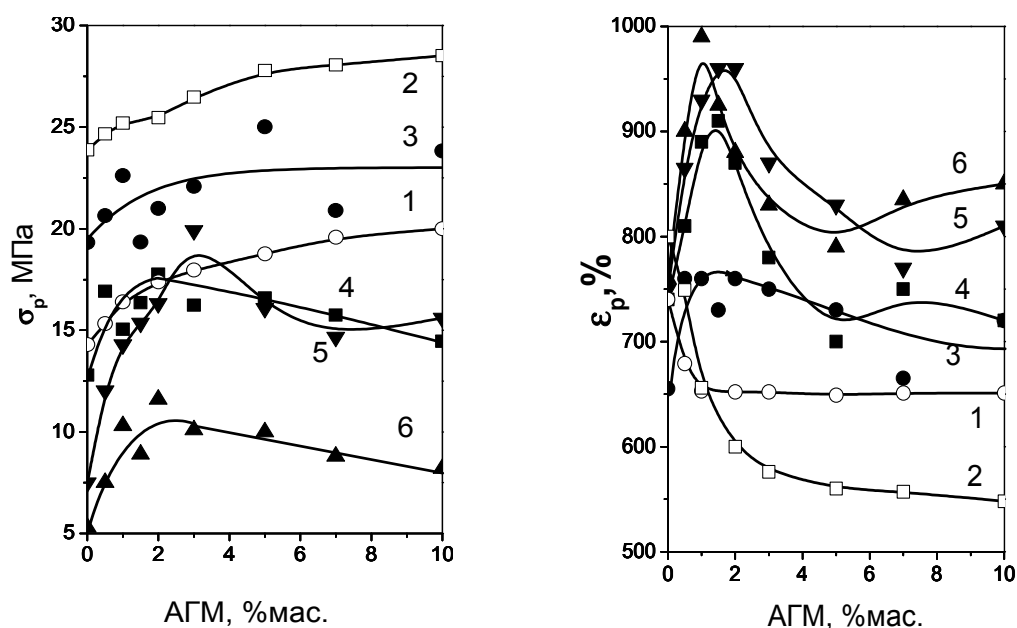
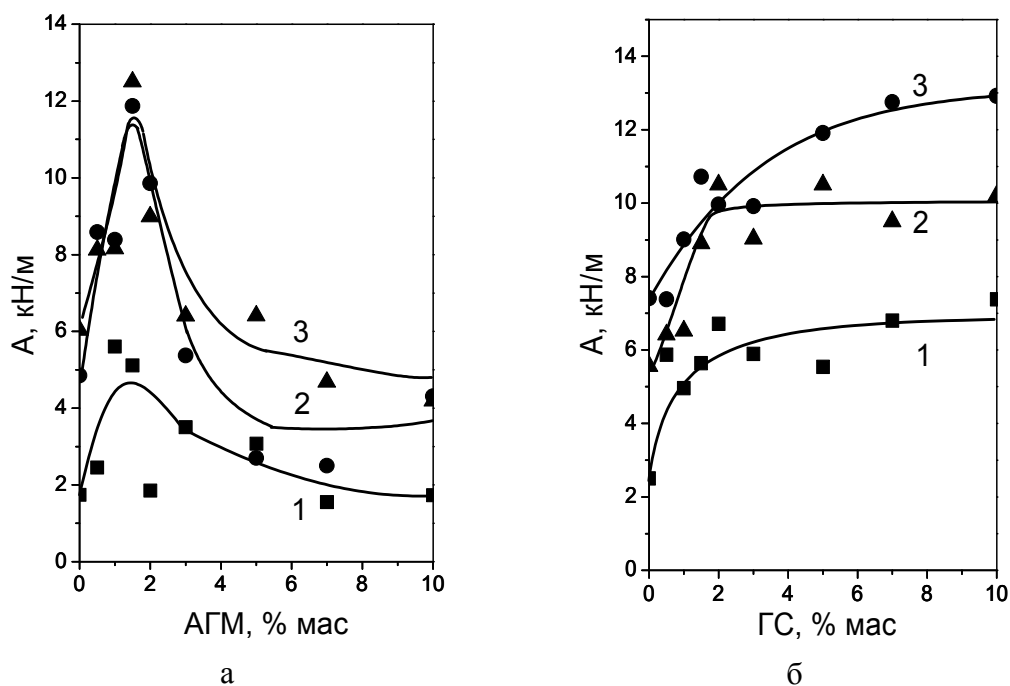


Рисунок 4 - Зависимость деформационно-прочностных характеристик модифицированных сополимеров этилена с винилацетатом от содержания АГМ-9: 1 – СЭВА20, 2 – СЭВА28, 3 – СЭВА7, 4 – СЭВА14, 5 – СЭВА21, 6 – СЭВА31

Улучшение деформационно-прочностных показателей адгезионного материала, в свою очередь, за счет увеличения когезионной прочности обеспечивает рост прочности контакта адгезив-адгерент. Так, для сополимеров этилена с винилацетатом в результате их модификации алкосиланами наблюдается повышение прочности склеивания (рис. 5) с эпоксидной грунтовкой – в 2–3, со сталью в 1,5–4, алюминием 2,5–12 раз.



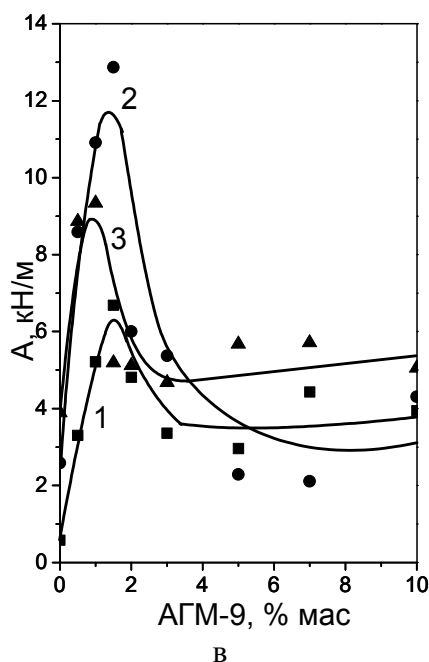


Рисунок 5 – Зависимость адгезионной прочности систем СЭВА-полиэпоксид (а), СЭВА-сталь Ст3 (б), СЭВА-алюминий АМГ-1 от содержания модификатора: 1 – СЭВА14; 2 – СЭВА21; СЭВА26

Следует отметить, что прочность адгезионного контакта модифицированный полимер-алюминий в 2–6 раз превышает адгезионную прочность полимер-алюминий в фольгированных термоизоляционных материалах и 1,8–2,2 раза превышает требования, предъявляемые к стойкости к расслоению клеевого соединения многослойной полимерной трубы, армированной алюминием (согласно ГОСТ Р 53630-2009).

ЛИТЕРАТУРА

1. Русанова С. Н. Модификация сополимеров этилена с полярными сомономерами предельными алкоксисиланами: дис. док. хим. наук: 05.17.06 / С. Н. Русанова. Казань, 2017. 219 с.
2. Иванчев, С. С. Получение нанокомпозитов гидролизом алкоксисиланов в матрице полипропилена / С. С. Иванчев, А. М. Меш, N. Reihelt, С. Я. Хайкин, А. Hesse, С. В. Мякин // Высокомолек. соедин. Сер. А, 2002, т. 44, № 6. С. 996–1001.

^{1*} Potapov A. L., ¹ Agabekov V. E., ² Belyi V. N.
¹(Institute of Chemistry of New Materials of the NAS, Minsk, Belarus)
²(B.I. Stepanov Institute of Physics of the NAS, Minsk, Belarus)

DYNAMICS OF SILVER NANOPARTICLES FORMATION IN COLLOIDAL SYSTEM AND POLYMER MATRIX

Polymer composites containing Ag nanoparticles (NPs) are of special interest for obtaining new nanostructural materials and creation of devices on their basis, thanks to the unique properties of Ag NPs. In spite of a large number of works in this area, the dynamics of Ag NPs formation in a colloidal system and a polymer matrix at UV radiation and acoustochemical influence is not sufficiently studied. The purpose of present work is to determine the influence on the Ag NPs size and dynamics of their formation of such factors as UV irradiation and ultra-sound (US) treatment and also the concentration of polyvinyl alcohol (PVA) – stabilizer and reducing agent for Ag particles.

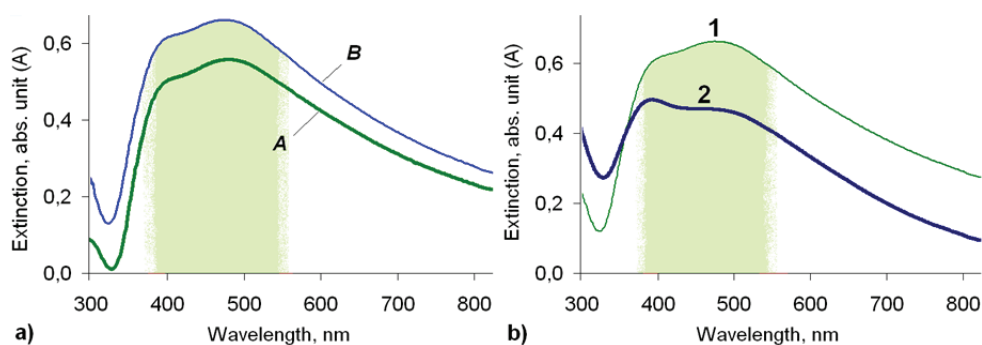


Fig. 1 – Extinction spectra of PVA compositions with Ag particles.

a) after: **A** – US treatment and UV irradiation ($\lambda_{\max} = 470$ nm), **B** – repeated US treatment;
b) in 2 days: **1** – sample after US and UV treatment ($\lambda_{\max} = 474$ nm), **2** – sample without US and UV treatment. Reduction of Ag^+ occurs only due to PVA matrix, $\lambda_{\max} = 395$ nm and $\lambda_{\max} = 470$ nm.

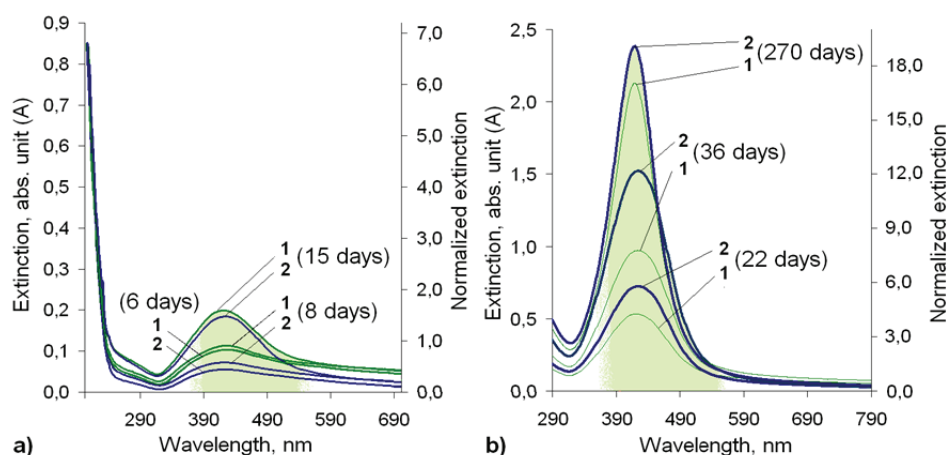


Fig. 2 – Extinction spectra of PVA films with Ag particles in 6, 8, 15 days (a) and 22, 36, 270 days (b).

1 – PVA film after US and UV treatment, **2** – PVA film without treatment. Right scale – normalized extinction, magnification by 8 times. $\lambda_{\max} = 424$ nm (6-36 days), $\lambda_{\max} = 419$ nm (270 days).

Average size of Ag NPs in 270 days – 35 nm. There is growth of SPR absorption after film formation.

Using spectroscopy in the UV and visible regions of the spectrum, atomic force microscopy and the method of dynamic light scattering, the growth dynamics and the size distribution of Ag particles in the PVA composition, PVA film and aqueous sol were studied. Hypsochromic shift of the surface plasmon absorption band of Ag NPs when changing from the PVA composition to the film has been measured (the magnitude of the shift is 55 nm). The dynamics of Ag particles formation and particle size have been shown to be highly dependent on UV irradiation, ultrasonic action and PVA concentration. Thus, it has been established that UV irradiation accelerates Ag NPs formation in the presence of reducing agents and destroys the formed nanoparticles at a lack of reductant. Partial destruction of Ag NPs occurs under the influence of ultrasound only, while after UV irradiation ultrasound action leads to the reduction of Ag ions on the clusters.

REFERENCES

1. Potapov, A. L., Daineko, O. A., Ivanova, N. A., Agabekov, V. E., and Bin-Hussain, M., "Formation and properties of films based on polyvinyl alcohol and doped with silver nanoparticles", *Appl. Surf. Sci.*, 2015, vol. 350, pp. 121–128.

Ващенко Ю.Н., Ботвинцева А.Г., Джавлах Л.А., Чумак Ю.С.
vashch1961@gmail.com (Государственное высшее учебное заведение
«Украинский государственный химико-технологический университет»,
г. Днепр, Украина)

БИОИНГРЕДИЕНТЫ В СОСТАВЕ ЭЛАСТОМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Различные отрасли промышленности предъявляют определенные требования не только к физико-механическим и эксплуатационным показателям эластомерных материалов, но и их экологической безопасности. Одним из перспективных путей повышения качества и эксплуатационной надежности резиновых изделий является усовершенствование структуры и свойств эластомерных композиций применением эффективных ингредиентов, в том числе и экологически безопасных.

В связи с этим проведен комплекс работ по использованию ингредиентов, полученных из биосырья, в составе эластомерных композиционных материалов различного назначения.

В качестве объектов исследования изучены различные эфиры жирных кислот и их amino- и эпоксипроизводные, сырьем для получения которых, были вещества растительного и животного происхождения, в частности, растительные масла (подсолнечное, рапсовое, соевое и др.), а также куриный и свиной жиры. Данные вещества синтезированы на кафедре технологии природных и синтетических полимеров, жиров и пищевой продукции ГВУЗ «Украинский государственный химико-технологический университет» под руководством д.т.н. О.В. Червакова.

Различные эфиры жирных кислот (ЭЖК) опробованы как активаторы серной вулканизации. Результаты исследования модельных резиновых смесей показали принципиальную возможность их применения взамен стеариновой кислоты. Установлена зависимость между строением ЭЖК и эффективностью их действия в резиновых смесях на основе бутадиенстирольных каучуков.

Рассмотрена возможность применения ЭЖК в составе композиционных активаторов вулканизации. Так как ЭЖК – это жидкости, то их дозирование и введение в резиновую смесь, особенно в начале цикла смешения может вызывать определенные трудности. Поэтому проводили предварительное совмещение ЭЖК с цинковыми белилами, а также каолином, для получения удобных для дозирования добавок. Определены температурно-временные интервалы приготовления данных композиционных ингредиентов и проведена оценка эффективности их действия в резинах на основе карбоцепных каучуков. Проведенные исследования показали принципиальную возможность

применения разработанных композиционных активаторов взамен традиционной системы, при одновременном снижении концентрации цинковых белил.

Основываясь на эффекте синергизма стабилизирующего действия алифатических и ароматических аминов, разработаны композиционные противостарители с использованием аминокпроизводных ЭЖК и традиционных стабилизаторов. Результаты исследований резин на основе каучуков общего назначения показали возможность эффективного использования разработанных добавок в качестве компонентов стабилизирующих систем и противоутомителей при общем снижении дозировок традиционных ускорителей типа диафена ФП (противостаритель JPPD) и ацетонанила (противостаритель ТМQ) .

Проблема повышения эксплуатационной надежности эластомерных композиционных материалов при низких температурах, особенно на основе полярных каучуков, актуальна, так как ассортимент пластификаторов ограничен и они довольно дорогостоящие вещества.

При выборе пластификаторов для комплексного улучшения широкой гаммы свойств резин необходимо учитывать их совместимость с эластомером и регулировать концентрацию таким образом, что создавались условия для формирования гетерогенной структуры эластомерной матрицы на границе совместимости каучука и пластификатора. При этом использование пластификаторов не должно негативно влиять на механические свойства композитов.

Существуют как теоретические, так и экспериментальные методы оценки совместимости полимера с полимером или полимера с пластификаторами. Используют несколько теоретических методов расчета параметров растворимости: Гильдебранда-Скетчарда, Хансена, Ван-Кревелена, Хоя, Хофтизера–Ван Кревелена, Смолла. Экспериментально параметр растворимости или совместимость может также определяться различными методами, например, изучением набухания материалов в различных растворителях, обращенной газовой хроматографией и др.

Проведен комплекс работ по определению теоретической и экспериментальной совместимости новых ингредиентов с эластомерами.

В качестве пластификаторов изучены производные эфиров жирных кислот, сырьем для получения которых, были подсолнечное и рапсовое масло и куриный жир.

Рассмотрен также целый ряд каучуков, различающихся по структуре и полярности. Исследованы бутадиен-стирольные, бутадиен-нитрильные каучуки, полиизопрены и полибутадиены, хлоропреновые эластомеры, этилен-пропиленовые сополимеры, фторкаучуки.

Параметр растворимости определяли теоретически по методу инкрементов, применяли также расчет параметров растворимости Хансена, экспериментально параметр растворимости изучали при набухании эластомеров в пластификаторах, как вновь синтезированных, так и традиционных (дибутилфталат и дибутилсебацинат).

Теоретические расчеты позволили установить определенную зависимость параметров совместимости между типом исследованных добавок и видом эластомера. Проведенные теоретические и экспериментальные исследования показали довольно хорошее соответствие между собой.

Изучение комплекса свойств эластомерных материалов на основе бутадиен-нитрильного каучука, с содержанием полярных групп 26%, показало, что введения разработанных добавок по сравнению с ДБФ и ДБС снижает вязкость резиновых смесей и позволяет получать резины, удовлетворяющие нормам контроля. Прямая замена традиционных стабилизаторов позволяет получать композиции с низкотемпературными свойствами на уровне ДБС или несколько выше. Показан синергизм действия изученных пластификатором и дибутилфталата в плане существенного улучшения низкотемпературных (до -60°C) характеристик резин.

Полученные закономерности являются основанием для расширенных испытаний биоингредиентов в составе резин различного промышленного назначения.

¹Прокопчук Н.Р., ¹Долинская Р.М., ²Полоз А.Ю., ³Эбич Ю.Р.
¹(Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, Беларусь)
²vektor@imail.ru (ООО «Новые технологии», г. Днепр, Украина)
³(ГВУЗ «Украинский государственный химико-технологический университет», г. Днепр, Украина)

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КОМПОНЕНТОВ ИЗНОСОСТОЙКИХ ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ С КАРБИДОМ СИЛИЦИЯ

В настоящее время композиты с эпоксидной матрицей интенсивно используются для защиты технологического оборудования от действия потока абразивных частиц, с целью улучшения физико-механических и теплофизических характеристик деталей машин во многих отраслях промышленности. Эксплуатация современного технологического оборудования в жестких условиях, в частности, работа механизмов под влиянием агрессивных сред, при знакопеременных нагрузках и повышенных температурах требует улучшения эксплуатационных характеристик эпоксидных композиционных материалов с регулируемыми свойствами.

При разработке систем с регулируемыми свойствами, в том числе и износостойкостью, необходимом оптимально объединить свойства матрицы, ингредиентов и технологических режимов формирования эпоксидных композиционных материалов и изделий на их основе. Для целенаправленного регулирования свойств эпоксидных композиционных материалов имеет существенное значение выяснение взаимодействия эпоксидной матрицы (смолы) с наполнителями. При этом необходимо учитывать факторы, влияющие на свойства композиционных материалов: химическую природу полимера и наполнителя, адгезию эпоксидного олигомера и полимера к поверхности наполнителя, условия отверждения композиций и др., поскольку образование как физических, так и химических связей между поверхностью наполнителя и матрицей определяет характер деформации, разрушения, износостойкость и другие свойства наполненных композиционных материалов. Свойства таких материалов зависят от уровня взаимодействия на межфазной границе наполнитель-матрица. Физическое и химическое взаимодействие с поверхностью частиц наполнителя приводит к связыванию с ними эпоксидной матрицы, образованию геля в системе эпоксидная матрица-наполнитель, изменению дисперсной структуры износостойких композиционных материалов, содержащих наполнители с высокой твердостью по шкале Мооса (карбид силиция, карбид бора, нитрид силиция, нитрид бора, алюмосиликаты и др.).

Степень взаимодействия эпоксидной матрицы (эпоксидная смола ЭД-20, эпоксидсодержащий разбавитель ДЭГ-1, полиэтиленполиамин как отвердитель) с наполнителями характеризовали содержанием геля эпоксидная матрица – наполнитель, наполнителя в геле, а также структурным параметром A , величина которого является мерой взаимодействия на межфазной границе, который определяли по следующему соотношению:

$$A = \frac{1}{1 - \varphi_n} \cdot \frac{\operatorname{tg} \delta_k}{\operatorname{tg} \delta_m} - 1$$

где φ_n – объемное содержание наполнителя (карбида силиция различной степени дисперсности);

$\operatorname{tg} \delta_k$ и $\operatorname{tg} \delta_m$ – тангенс угла механических потерь наполненной эпоксидной смолы ЭД-20 и полимерной матрицы соответственно.

С применением методов химического анализа и рентгенографии установлено, что карбид силиция имеет слабую адсорбционную активность при образовании геля с эпоксидной матрицей, которая уменьшается с увеличением размера его частиц. Основные составляющие эпоксидных композиций имеют разную адсорбционную способность при связывании карбида силиция – наибольшую имеет полиэтиленполиамин, что отражается на протекании экзотермической реакции отверждения. В присутствии эпоксидсодержащего разбавителя ДЭГ-1 при связывании наполнителя преимущественно участвует эпоксидная смола ЭД-20; ДЭГ-1 способствует уменьшению образования геля с наполнителем и содержания наполнителя в геле, что обеспечивает улучшение растекания композиций.

Зависимости структурного параметра A от объемного содержания φ_n карбида силиция и его дисперсности (размера частиц) имеют линейный характер. Значение этого параметра коррелирует с данными содержания геля эпоксидная матрица – наполнитель: наименьшее значение параметра A , что указывает на относительно значительную степень взаимодействия между фазами наполненной смолы ЭД-20, характерно для высокодисперсного карбида кремния с размером частиц 5–7 мкм, для которого наблюдается увеличение степени локального порядка на межфазной границе с эпоксидной матрицей. Образование дисперсной структуры с различным уровнем взаимодействия эпоксидной матрицы с карбидом силиция определяет комплекс основных физико-механических показателей композитов.

Ващенко Ю.М.¹, Гречко В.Ю.¹, Шибка А.В.¹,

Прокопчук Н.Р.², Долинская Р.М.²

¹vashch1961@gmail.com (Государственное высшее учебное заведение
«Украинский государственный химико-технологический университет»,

г. Днепр, Украина)

²(Учреждение образования БГТУ, г. Минск, Беларусь)

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ ИЗМЕЛЬЧЕННЫЙ ВУЛКАНИЗАТ В СОСТАВЕ ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

В настоящее время особо важное значение приобретает проблема утилизации изношенных шин и других резиновых изделий, поскольку вышедшие из эксплуатации шины накапливаются в местах их эксплуатации и существенно загрязняют окружающую среду.

Одним из эффективных путей утилизации резиновых изделий является их измельчение и применение этих продуктов в составе резиновых смесей. Но введение измельченных вулканизатов (ИВ) в эластомерные материалы приводит к снижению их физико-механических свойств. Обработка поверхности измельченного вулканизата активными веществами, повышающими совместимость частичек ИВ с эластомерной матрицей является одним из путей повышения эффективности его использования.

В плане продолжения работ по повышению эффективности процесса рециклинга шин проведено исследование новых модифицирующе-регенерирующих систем. В работе использован общешинный ИВ, а также резиновая крошка, полученная измельчением некондиционных резинотехнических изделий и обуви с размером частиц от 0,8 до 5–8 мм.

Для обработки измельченного вулканизата применены продукты предварительного взаимодействия при повышенных температурах аминированных эфиров жирных кислот (синтезированные на кафедре технологии природных и синтетических полимеров, жиров и пищевой продукции ГВУЗ «Украинский государственный химико-технологический университет» под руководством д.т.н. О. В. Червакова), фосфатидного концентрата (побочного продукта переработки растительных масел) и фенолформальдегидных олигомеров: смол октофор 10S и 101 К. При использовании смолы 101 К к сплаву дополнительно добавляли серу. Композиты на основе фосфатидного концентрата содержали дополнительно вещества класса ароматических диаминов (продукт JPPD) и органических дисульфидов, например, 2-меркаптобензтиазолил-дисульфид (альтакс).

Обработку поверхности измельченного вулканизата проводили на валковом оборудовании. Обработанный ИВ в количествах 25–100 мас. ч. на 100 мас. ч. каучука изучен в составе резин различного назначения.

Проведенная на лабораторных вальцах в присутствии исследуемых добавок обработка ИВ технологических затруднений не показала. При увеличении концентрации исследуемых композитов измельченный вулканизат приобретает вид пластичной массы при незначительном времени обработки.

Модифицированный ИВ применяли в эластомерных композициях различного назначения: для изготовления элементов шин (беговая часть протектора) и резиновой обуви (подошва), для изготовления формовых РТИ на основе неполярных ненасыщенных каучуков (резиновые смеси шифров 7-ИРП-1347, 6620, 7-6190).

Установлено, что применение обработанного композитами на основе фенолформальдегидных олигомеров измельченного вулканизата позволяет снизить вязкость резиновых смесей по сравнению с необработанным ИВ и это позволяет снизить энергопотребление при изготовлении и переработке крошкосодержащих резиновых смесей.

Анализ результатов определения физико-механических свойств резин, содержащих от 30 до 100 мас. ч. ИВ (в зависимости от назначения резины) показал целесообразность использования оптимальных сплавов для обработки поверхности резиновой крошки.

Показано, что использование модифицированного измельченного вулканизата в эластомерных композициях позволяет улучшить комплекс технологических, физико-механических и усталостно-прочностных свойств резин, а также повысить стойкость к износу резин соответствующего типа в сравнении с необработанной резиновой крошкой.

Анализ механического гистерезиса при многократных деформациях показывает, что происходит снижение тангенса угла механических потерь при использовании обработанного ИВ в сравнении с необработанным. Вследствие этого при эксплуатации изделий в условиях динамического нагружения существенно снизится теплообразование, и это обеспечит высокую эксплуатационную надежность таких резиновых изделий, как шины или амортизаторы.

Таким образом, представлены рекомендации относительно практического использования измельченного вулканизата (резиновой крошки), обработанного модификаторами на основе фенолформальдегидных олигомеров различного типа и аминированных эфиров жирных кислот на основе растительных масел.

Бурков А.А., Соколов Д.С., Фомин С.В., Веснин Р.Л.
(ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», г. Киров, Россия)

СТРУКТУРА КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИЛАКТИДА И НАТУРАЛЬНОГО КАУЧУКА

Смесевые полимерные материалы на основе комбинации полилактида и натурального каучука привлекательны тем, что введение эластомера позволяет существенно снизить жесткость и хрупкость индивидуального ПЛА с сохранением способности к биodeградации всего материала в целом. Однако проблемой является необходимость применения компатибилизаторов в таких композициях в силу несовместимости данных полимеров. В данной работе в качестве добавки, повышающей совместимость, предложено использование эпоксицированного соевого масла. Выбор данного компонента обусловлен тем, что этот продукт выпускается на основе возобновимых сырьевых источников и частично совместим с обоими полимерами.

Данное исследование направлено на улучшение свойств композиций полилактида (ПЛА) с натуральным каучуком путем введения эпоксицированного соевого масла. Данный ингредиент, производимый на основе возобновимого сырья, выступает в роли не только компатибилизатора, но и пластификатора композиции.

В работе использовали ПЛА марки «Ingeo Biopolymer 4043D» с плотностью $1,2 \text{ г/см}^3$ производства компании «NatureWorks» (США), в качестве НК была выбрана марка SVR 5, в качестве эпоксицированного соевого масла – продукт марки «Drapex» фирмы «Galata Chemicals». Полимерные смеси были получены с помощью лабораторного микросмесителя типа «Брабендер» со свободным объемом смесительной камеры 100 см^3 (номинальная вместимость смесителя 64 см^3) и четырехлопастными роторами типа «Бенбери».

Во всех исследованных композициях соотношение полимеров составляло ПЛА:НК 60:40 по массе. Содержание эпоксицированного соевого масла варьировали от 0 до 20 массовых частей на 100 частей полимера.

Реологические испытания проводили на реометре «StressTech» фирмы «REOLOGICA Instruments AB». Исследование морфологии образцов проводили на растровом электронном микроскопе марки JSM-6510 фирмы «JEOL» (Япония). Снятие кривых ДСК проводили на дифференциально-сканирующем калориметре DSC-60 фирмы «Shimadzu» (Япония).

Поверхность для микроскопии готовили следующим образом: образцы охлаждали до температуры жидкого азота, а затем в хрупком состоянии формировали скол. Для более наглядной идентификации морфологии и структуры смеси поверхность образцов обрабатывали дихлорметаном – растворителем, который интенсивно экстрагирует фазу полярного ПЛА [1]. Для повышения четкости изображений напыляли слой платины. Идентификацию фаз полимеров выполняли с помощью элементного анализа (по соотношению кислорода и углерода). Микрофотографии поверхности композиции ПЛА:НК 50:50, содержащей 15 масс. ч. масла, представлены на рис. 1.

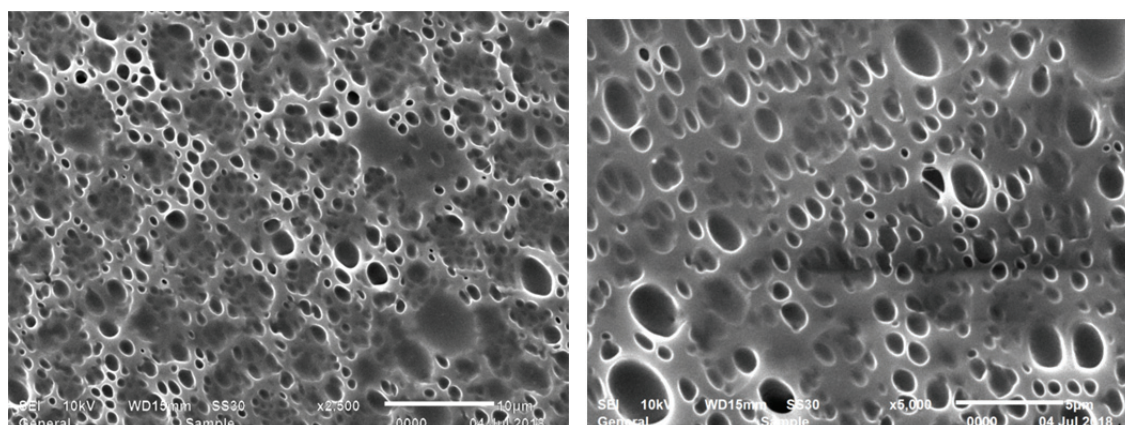


Рисунок 1 – Данные СЭМ для композиции ПЛА:НК 60:40 (15 масс. ч масла)

Проведенные ранее исследования показали, что смеси, содержащие только полимеры (ПЛА и НК в аналогичном соотношении 60 к 40) дают типичную картину структуры двух несовместимых полимеров с размером частиц фазы порядка 20...50 мкм. Приведенные на рисунке 1 изображения маслонаполненной композиции позволяют говорить об образовании непрерывной сетки фазы каучука, а масштаб распределения этой фазы (1...2 мкм) позволяет говорить о повышенной совместимости исследуемых полимеров в присутствии эпоксицированного соевого масла. Стоит отметить, что образование каучуком структуры непрерывной сетки в смесях ПЛА/НК отмечалось ранее и другими исследователями [2, 3].

Улучшение совместимости также было подтверждено данными ДСК. Все кривые зависимости теплового потока от температуры для исследованных материалов имели схожий характер – набор пиков, соответствующих кристаллизации и плавлению фазы ПЛА, а также переход стеклования данного полимера. На рисунке 2 в качестве примера приведена термограмма композиции с 10 масс. ч. масла. Средняя температура перехода стеклования фазы ПЛА в смесях сместилась в

область более низких температур (от +59°C до +48°C). Следует заметить, что пики, соответствующие процессу кристаллизации фазы ПЛА маслonaполненных композиций также расположены в области более низких температур (+112°C to +97°C) по сравнению с композициями без масла. Степень кристалличности ПЛА с введением масла существенно снижается (с 35% при 0 масс. ч. масла до 12% при введении 15 масс. ч. масла), что также может служить подтверждением улучшения совместимости полимеров.

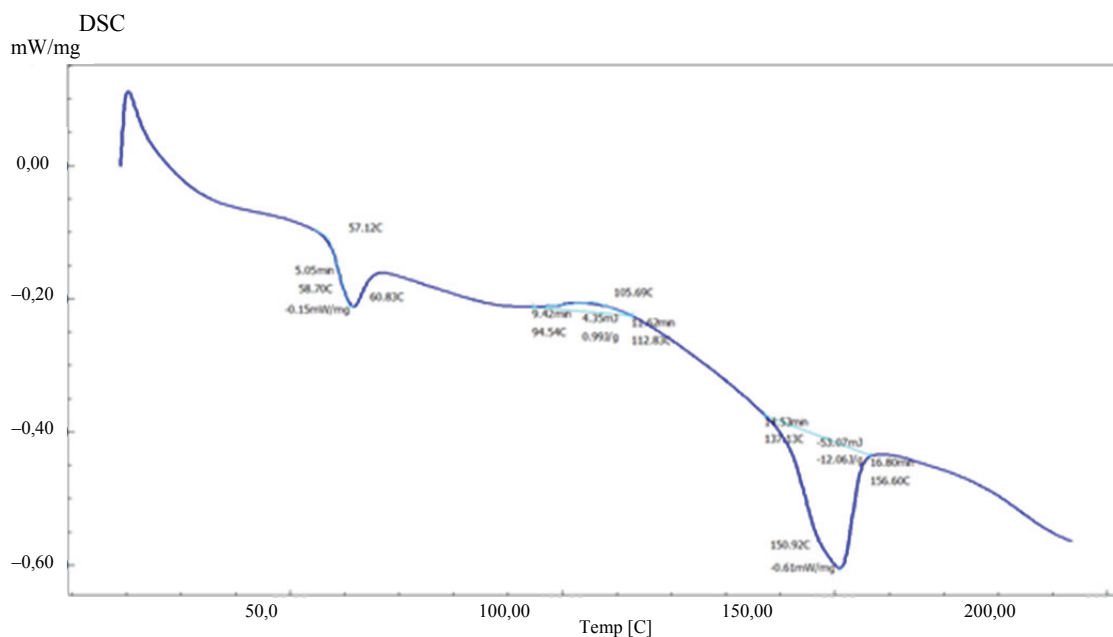


Рисунок 2 – ДСК-термограмма композиции, содержащей 10 масс. ч. масла

Реология композиций с введением масла изменялась ожидаемо: с возрастанием содержания масла наблюдалось закономерное снижение динамической вязкости и значений вещественной составляющей комплексного динамического модуля.

Таким образом, исследована возможность использования в композициях «полилактид-натуральный каучук» эпоксицированного соевого масла. Показана эффективность применения данной добавки в качестве пластификатора и компатибилизатора. Определены оптимальные дозировки данного компонента (15 масс. ч. на 100 частей полимера).

ЛИТЕРАТУРА

1. N. Bitinis, R. Verdejoa, P. Cassagnaub, M. A. Lopez-Manchadaa. Structure and properties of polylactide/natural rubber blends – Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros, CSIC, Juan de la Cierva 3, 28006 Madrid, Spain, Université de Lyon, Lyon, F-69003, France – Materials Chemistry and Physics 129 (2011), p. 823–831.

2. Chuanhui Xu, Daosheng Yuan, Lihua Fu, Yukun Chen. Physical blend of PLA/NR with co-continuous phase structure: Preparation, rheology property, mechanical properties and morphology – *Polymer Testing* 37 (2014), p. 94–101.

3. Yukun Chen, Daosheng Yuan and Chuanhui Xu. Dynamically Vulcanized Biobased Polylactide/Natural Rubber Blend Material with Continuous Cross-Linked Rubber Phase - The Key Laboratory of Polymer Processing Engineering, Ministry of Education, and College of Material Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China – *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2014, 6, p. 3811–3816.

Фомин С.В., Шилов И.Б. Веснин Р.Л.
(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Вятский государственный университет»)

ИССЛЕДОВАНИЕ БИС-(ФЕНИЛСУЛЬФОНИЛ)АМИНА И 2,4-ТОЛУИЛЕН-ДИ(N- ФЕНИЛСУЛЬФОНИЛМОЧЕВИНЫ) НА СТОЙКОСТЬ РЕЗИН К ТЕПЛОВОМУ СТАРЕНИЮ

Известно, что имид 2-сульфобензойной кислоты является замедлителем преждевременной вулканизации в резиновых смесях, содержащих различные типы ускорителей вулканизации. Применение имида 2-сульфобензойной кислоты в резиновых смесях на основе различных каучуков приводит к повышению стойкости данных резин к термическому старению в воздушной среде [1–4].

Представляло интерес синтезировать вещества близкие по химическому строению к имиду 2-сульфобензойной кислоты и исследовать их в резиновых смесях.

Были получены бис-(фенилсульфонил)амин (дибензолсульфамин, ДБСА) и 2,4-толуилен-ди(N-фенилсульфонилмочевина) (ТДФСМ). ДБСА получали взаимодействием бензолсульфохлорида с бензолсульфамидом. ТДФСМ получали взаимодействием 2,4-толуилендиизоцианата с бензолсульфамидом.

ДБСА и ТДФСМ исследовали в резиновых смесях на основе натурального и бутадиен-(метил)стирольного каучука.

Резиновые смеси готовили на вальцах. Вулканизацию образцов производили в вулканизационном прессе с электрообогревом. Резиновые смеси вулканизовали в оптимуме вулканизации. Оптимальное время вулканизации для резиновой смеси на основе каучука СКМС-30АРКМ-15 при 160°C составляло 30 минут, для резиновой смеси на основе натурального каучука при 143°C составляло 10 минут.

Упруго-прочностные свойства резин определяли на разрывной машине РМИ-60 в соответствии с ГОСТ 270-75 (СТ СЭВ 2594-80).

Ускоренное тепловое старение проводили в воздушной среде согласно ГОСТ 9.0224-74. Старение образцов проводили в термошкафу при температуре 100°C, в течение 24 и 72 часов.

Изменение характеристического показателя S , (в %) после старения резины определяли по общей формуле:

$$S = \frac{A_1 - A_0}{A_0} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где A_0 – физико-механический показатель резины до старения;

A_1 – физико-механический показатель резины после старения.

В качестве характеристических показателей были взяты: условная прочность при растяжении, относительное удлинение при разрыве, напряжение при удлинении 100 процентов и напряжение при удлинении 300 процентов.

Характеристические показатели после старения приведены в таблицах 1 и 2.

**Таблица 1 - Влияние исследуемых добавок
на изменение упруго-прочностных свойств вулканизатов
на основе натурального каучука после старения**

Показатели	Время старения, час	Без добавок	Введённые добавки, мас. ч.				
			ДБСА		ТДФСМ		Ионол
			0,5	2	0,5	2	1,5
Изменение условной прочности при разрыве, %	24	–71	–50	–50	–55	–59	–44
	72	–95	–89	–82	–85	–89	–84
Изменение относительного удлинения при разрыве, %	24	–10	–12	–12	–16	–13	–9
	72	–45	–41	–31	–32	–36	–25
Изменение напряжения при удлинении 100%, %	24	–59	–25	–17	–31	–27	–27
	72	–82	–67	–50	–63	–65	–60
Изменение напряжения при удлинении 300%, %	24	–43	–13	–7	–18	–26	–16
	72	–	–45	–32	–46	–51	–42

По данным, представленным в таблице 1 можно сделать вывод, что исследуемые продукты повышают стойкость резины на основе натурального каучука к тепловому старению. По стойкости к тепловому старению резины на основе натурального каучука, содержащие ДБСА и ТДФСМ находятся на уровне резины с известным противостарителем ионолом.

**Таблица 2 - Влияние исследуемых добавок
на изменение упруго-прочностных свойств после старения вулканизатов
на основе каучука СКМС-30АРКМ-15**

Показатели	Время старения, час	Без добавок	Введённые добавки, мас. ч.				
			ДБСА		ТДФСМ		Ионол
			0,5	2	0,5	2	1,5
Изменение условной прочности при разрыве, %	24	–3	–1	–1	0	–4	–3
	72	–18	–3	–5	–11	–12	–11
Изменение относительного удлинения при разрыве, %	24	–32	–23	–22	–23	–27	–32
	72	–49	–30	–31	–41	–44	–43
Изменение напряжения при удлинении 100%, %	24	17	16	18	16	17	16
	72	31	31	33	34	32	34

По данным, представленным в таблице 2 можно сделать вывод, что исследуемые продукты повышают стойкость резины на основе каучука СКМС-30АРКМ-15 к тепловому старению. По стойкости к тепловому старению резины на основе каучука СКМС-30АРКМ-15, содержащие ДБСА и ТДФСМ находятся на уровне резины с известным противостарителем ионолом.

Заключение

Таким образом бис-(фенилсульфонил)амин и 2,4-толуилен-ди(N-фенилсульфонилмочевина) защищают от теплового старения резины на основе натурального и бутадиен-(метил)стирольного каучуков СКМС-30АРКМ-15. По стойкости к тепловому старению резины, содержащие бис-(фенилсульфонил)амин и 2,4-толуилен-ди(N-фенилсульфонилмочевина) находятся на уровне резин с известным противостарителем ионолом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент – 2307133 РФ, МПК C08L 21/00, C08K 13/02. Резиновая смесь на основе ненасыщенного карбоцепного каучука / Шилов И.Б., Фомин С. В., Хлебов Г. А., Веснин Р. Л. – № 2006113268/04; Заяв. 19.04.2006; Оpubл. 27.09.2007. Бюл. № 27.
2. Веснин Р. Л., Шилов И. Б., Хлебов Г. А. Новый полифункциональный ингредиент резиновых смесей // Тез. докл. XIII международной научно-практической конференции «Резиновая промышленность. Сырье. Материалы. Технология». Москва, 2007, С. 166–169.
3. Шилов И. Б., Хлебов Г. А., Веснин Р. Л. Исследование имида 2-сульфобензойной кислоты в резиновых смесях // Каучук и резина. 2008. № 2. С. 15–16.
4. Шилов И.Б., Хлебов Г.А., Веснин Р.Л. Использование имида 2-сульфобензойной кислоты для повышения стойкости полимеров к окислению // Тез. докл. III Международной научно-технической конференции «Полимерные композиционные материалы и покрытия». Ярославль, 2008, С. 389–391.

¹Панасюгин А.С., ²Цыганов А.Р., ³Машерова Н.П.¹(Белорусский национальный технический университет)²(Государственный технологический университет)³(Военная академия Республики Беларусь)

ТЕНДЕНЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛАКОКРАСОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ И ОРГАНИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

На сегодняшний день ни одна отрасль народного хозяйства не может обойтись без применения лакокрасочных материалов. В первую очередь это относится к предприятиям машиностроительного профиля. Этим обусловлено использование материалов различного назначения: грунтовки, шпатлевки, средства защиты от коррозии.

Весь спектр данных материалов предполагает использование различных органических растворителей, применение которых помимо сугубо технологических аспектов (скорость сушки, прочность адгезии к обрабатываемой поверхности, стабильность при хранении и т.д.), влечет за собой необходимость оценки вреда наносимого окружающей среде, в первую очередь воздушного бассейна [1]. В ходе исследований была проведена работа по сбору, обобщению исходных данных, проведение натурных испытаний с целью выявления количественного и качественного состава газовых выбросов, образующихся при использовании соответствующих лакокрасочных материалов и определение тенденций их использования в 2000–2002 г. по сравнению с периодом 2002–2018г.

Все растворители разделили на шесть групп: спирты, кетоны, эфиры уксусной кислоты, ароматические углеводороды, технические смеси и прочие вещества, которые встречаются эпизодически.

В качестве критериев оценки нами была взята частота использования тех или иных веществ в составе различных материалов.

Соотношение между группами растворителей для периода 2000–2002 гг. и 2002–2018 гг. Для большинства групп прослеживаются явные изменения. Так, использование спиртов уменьшилось с 14% до 9%, кетонов с 10% до 7%, эфиров уксусной кислоты с 23% до 16%, в то же время для ароматических углеводородов произошло увеличение с 35% до 51%.

Более значительные изменения прослеживаются в составе групп.

Для спиртов характерно снижение использования легколетучих представителей класса и увеличение менее летучих. Кроме этого, если позволяет технологический цикл, стремятся заменить те вещества, которые имеют низкие значения ПДК – амиловый (0,01 мг/м³) на изопропиловый с более высоким ПДК (0,1 мг/м³).

Для кетонов, на фоне снижения общего использования, принципиально сохраняются те же тенденции, что и для спиртов.

Наиболее заметны в этом плане изменения, произошедшие при использовании ароматических углеводородов. Использование толуола, самого применяемого ранее вещества, практически минимизировано, применение ксилолов снизилось на половину.

Использование технических смесей если не перетерпело в целом изменений, то значительно изменилось их типовое разнообразие, которое выразилось преимущественном использовании сольвентов. Это связано с тем, что их основу составляют ароматические углеводороды.

В последней группе представлены вещества, которые встречаются эпизодически. При анализе раздела следует обратить внимание на появление таких достаточно экзотических соединений как: 2-метил-2,4-пентадиол, метилпирролидон, этил-3-этоксипропионат и др..

Далее следует отметить и тот факт, что если ранее лакокрасочные материалы представляли собой однокомпонентные системы, то с развитием новых технологий решающую роль приобретают многокомпонентные составы. Это обусловлено тем, что при нанесении покрытий данными материалами, достигается более качественный эффект защитных покрытий. Данные материалы обладают глубоким протекторным воздействием, что выражается в том, что наносимый материал не просто ложится на поверхность изделия, но и внедряется от 5 до 70 мкм поверхности обрабатываемого изделия, тем самым, обеспечивая качество покрытия по сравнению с ранее применяемыми технологиями и материалами.

В этой связи, вполне обоснованным является применение органических растворителей на основе высокомолекулярных соединений (ароматических, спиртов и т.д.). В тоже время, использование вышеуказанных растворителей создает ряд проблем. В частности, увеличенное время сушки защитного материала.

Для устранения данного недостатка вводят в эти материалы центры кристаллизации, которые представляют собой мелкодисперсные соединения окиси алюминия или кремния, что позволяет достичь сравнимых с низкомолекулярными растворителями скоростей сушки, как и для ранее использованных растворителей.

Следует отметить что, немаловажную роль играет так же технология сушки изделий.

Для получения качественного покрытия в ходе поточного производства изделия при окраске должны находиться в потоке очищенного воздуха, двигаясь со скоростью не менее 0,25–0,3 м/с, этот поток должен быть равномерным по всей площади окрасочной камеры. Даже

при незначительных габаритах камеры (4×7 м) количество проходящего через неё воздуха будет составлять около 20000 м³/час при высоких требованиях, предъявляемых к ее аэродинамическим свойствам.

Важным требованием является ламинарность воздушного потока, при котором воздух, равномерно проходя по всему объёму камеры, без завихрений уносит пыль, пары растворителя и окрасочный аэрозоль.

Большая скорость циркуляции воздуха позволяет получить единую, равномерную температуру вокруг всего объекта окраски, а так же, равномерный и быстрый прогрев всей поверхности изделия при сушке.

Наиболее полно данным требованием соответствует метод инфракрасной сушки (ИК-сушки).

Метод инфракрасной сушки существенно отличается от сушки в камере. В последней, используется большой объем воздуха, который прогревает все пространство окрасочной камеры. Преимущество инфракрасной сушки в том, что она нагревает только детали, которые находятся непосредственно на пути лучей, фокусируя энергию в нужном месте.

Устройство инфракрасной сушки достаточно просто. Его основой являются инфракрасные излучатели, работающие в спектре длин волн от 750 до 2000 нанометров. Обычно такие установки выполнены в виде порталов, внутри которых смонтировано несколько ИК – излучателей. Перемещаясь по специальным направляющим над изделиями, в течение нескольких минут производится сушка всего массива изделий находящихся в окрасочной камере.

ИК-лампы состоят из кварцевой трубки, внутри которой установлена спираль накаливания из специального ванадиевого сплава. Рабочая температура такой спирали значительно ниже, чем у обычных осветительных или прожекторных ламп. К примеру, кварцевые трубки ИК-ламп ITECH System специально окрашены при литье для дополнительного преобразования составляющих волн видимого спектра в коротковолновое ИК-излучение.

Сушка ИК-излучением идеально подходит для материалов, имеющих небольшую толщину, таких как лакокрасочное покрытие (шпатлевка, грунты, покровная эмаль) и других материалов, сушка которых требует больших затрат энергии.

Такое физическое явление позволяет быстро удалить остатки растворителя со всего слоя (при этом исключая «вскипание» грунта или краски) и катализировать процесс полимеризации практически всех лакокрасочных материалов. Несмотря на высокую скорость высыхания всех материалов при инфракрасной сушке, стоит учитывать, что,

например, грунт темного цвета лучше поглощает инфракрасное излучение и высыхает быстрее, чем светлый.

В таблице указана средняя продолжительность сушки лакокрасочных материалов фирмы R-M.

Материал	Среднее время сушки, мин.	Толщина слоя
Стекловолоконистая шпатлевка R-M Stop Glassfiber	6	3 мм
Наполнительная шпатлевка R-M Stop Multi	3	3 мм
Доводочная шпатлевка R-M Stop Fine	3	3 мм
Грунт-наполнитель R-M Prof	10	100 мкм
Грунт-наполнитель R-M Multifiller	7	100 мкм
Одноцветная эмаль UNO HD	12	60 мкм
Прозрачные лаки R-M Diamontop MS, Startop HS, Eucoclear, нанесенные на светлые, серебристые тона базовой краски	14	60 мкм
Сушка перед полировкой, включая устранение перехода	25	60 мкм

Данные таблицы позволяют сделать вывод, что для большинства материалов достигается значительная экономия времени и энергозатрат именно при использовании установок инфракрасной сушки, даже по сравнению с окрасочно-сушилными камерами.

Таким образом, приведенные выше данные позволяют определить наметившиеся в последнее время подходы к применению лакокрасочной продукции в машиностроительном производстве:

- использование более низколетучих растворителей при возможности их замены на соединения с более высокими значениями ПДК, если позволяет технологический цикл;
- применение многокомпонентных систем с протекторным эффектом;
- введение центров кристаллизации для ускорения процесса отвердевания покрытий;
- внедрение ИК-сушки для ускорения удаления тяжелых растворителей с одновременным снижением энергетических затрат на сушку металлических изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дринберг С. А., Ицко Э. Ф. Растворители для лакокрасочных материалов: Ленинград Химия, 1986.

ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И КОНСТРУИРОВАНИЯ ШИН, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ОАО «БЕЛШИНА»

При проектировании и конструировании новых моделей шин инженеру-конструктору необходимо прогнозировать комплекс характеристик, определяющих качественные показатели шины. Ниже приведен список этих показателей:

1. Запас прочности в нитях каркаса, брекера и бортового кольца;
2. Обеспечение габаритных размеров шины на ободу в соответствии со стандартами ETRTO, TRA, ГОСТ;
3. Коэффициент сопротивления качению шины;
4. Уровень шума, который возникает при эксплуатации шины;
5. Коэффициент сцепления шины с мокрой дорогой;
6. Износостойкость протектора;
7. Энергетические характеристики шины:
 - работа сил трения в контакте шина-дорога;
 - энергия упругой деформации шины и элементов ее конструкции;
 - энергия потерь в шине и элементах ее конструкции;
 - полная энергия деформации шины и элементов ее конструкции;
8. Форма, геометрические характеристики, характер распределения контактных давлений в пятне контакта шины:
 - смонтированной на обод с натягом, нагруженной избыточным давлением и обжатой дорожным покрытием (испытательным барабаном) на соответствующую этому давлению нагрузку;
 - смонтированной на обод с натягом, нагруженной избыточным давлением, обжатой дорожным покрытием (испытательным барабаном) на соответствующую этому давлению нагрузку и катящуюся со скоростью, которая соответствует заявленной характеристике;
9. Радиальную, боковую, угловую, крутильную жесткости, сопротивление боковому уводу, нагрузочные характеристики, показатель аквапланирования;
10. Напряженно-деформированное состояние в радиальном сечении шины:
 - смонтированной на обод с натягом и нагруженной избыточным давлением;
 - смонтированной на обод с натягом, нагруженной избыточным давлением и обжатой дорожным покрытием (испытательным барабаном) на соответствующую этому давлению нагрузку;

– смонтированной на обод с натягом, нагруженной избыточным давлением, обжатой дорожным покрытием (испытательным барабаном) на соответствующую этому давлению нагрузку и катящуюся со скоростью, которая соответствует заявленной характеристике;

Оптимально спроектированная шина должна обеспечивать комплекс перечисленных характеристик в эксплуатации и выходить из эксплуатации по причине износа рисунка протектора.

Сложность проектирования шины связана с тем, что некоторые из перечисленных выше показателей конкурируют друг с другом, поэтому конструктор должен решать задачу по оптимизации конструкции и выбору материалов шины для обеспечения ее качественных показателей. Так же на стадии проектирования должен учитываться тот факт, что резино-кордная система шины становится работоспособной только после предварительного нагружения её избыточным давлением, поэтому необходимо уметь связывать геометрию профиля радиального сечения с распределением материалов в различных состояниях на ободе под рабочим давлением, в пресс-форме при вулканизации и на сборочном барабане.

Специалистами отдела расчетных исследований механики шин (ОРИМШ) ОАО «Белшина» с 2014 г. ведутся работы по разработке и усовершенствованию технологий проектирования и конструирования шин применяемых в управлении проектирования и конструирования шин (УПКШ). С 2014 по 2016 г. на базе трудов НИИ шинной промышленности г. Москва, программного обеспечения MSC.Marc, САПР SolidWorks ОРИМШ разработал :

– Технологию проектирования и конструирования профиля шин диагональной и радиальной конструкции в конфигурации пресс-формы с виртуальным распределением материалов;

– Технологию проектирования карты конструкторско-технологической на базе профиля шины по пресс-форме с виртуальным распределением материалов;

– Технологию обратного инженерного анализа шины.

«Технология проектирования и конструирования профиля шин диагональной и радиальной конструкции в конфигурации пресс-формы с виртуальным распределением материалов» применяется для поиска оптимального профиля шины в конфигурации пресс-формы с виртуальным распределением материалов для заданного типоразмера шины, на базе которого оформляется основной комплект конструкторской документации на шину и пресс-форму, рассчитывается карта конструкторско- технологическая.

На первом этапе расчетных исследований по данной технологии с помощью собственного программного обеспечения разработанного на основе теории сетчатых оболочек решается задача проектного расчета шины радиальной [1, стр. 241][2, стр. 53] (диагональной [1, стр. 71]) конструкции. Определяются: длина нити корда каркаса, радиусы кривизны меридиана внутреннего контура шины, положение точки брекера (для шины радиальной конструкции), коэффициент опоясанности (для шины радиальной конструкции), предварительная ширина брекера (для шины радиальной конструкции), запасы прочности каркаса, брекера, бортовых колец, геометрия внутреннего профиля шины.

На втором этапе расчетных исследований по данной технологии с помощью собственного программного обеспечения разработанного на основе теории сетчатых оболочек решается задача поверочного расчета шины радиальной [3, стр. 358] (диагональной) конструкции. Поиск внутреннего профиля шины в конфигурации пресс-формы осуществляется методом последовательных приближений. Критерием для поиска является равенство длины нити корда каркаса, которая была получена на стадии проектного расчета длине нити корда каркаса на текущей итерации поверочного расчета. Определяются варианты внутреннего профиля шины в конфигурации пресс-формы. Разрабатываются виртуальные модели распределения материалов в радиальном сечении шины в конфигурации пресс-формы. С помощью программного обеспечения MSC.Marc проводятся поверочные расчеты полученных вариантов распределения материалов шины в конфигурации пресс-формы. Результаты поверочных расчетов шин согласуются с полученными по теории сетчатых оболочек и дополнены геометрическими и физическими величинами (напряженно-деформированное состояние; энергетические характеристики; коэффициент сопротивления качению; форма, геометрические характеристики, характер распределения контактных давлений в пятне контакта шины в различных условиях нагружения; радиальная, угловая, боковая, крутильная жесткости; нагрузочные характеристики шины; работа сил трения в контакте шина-дорога) на основании которых принимается решение по геометрии профиля шины с распределением материалов в конфигурации пресс-формы. Технология была отработана при проектировании легкой комбинированной шины радиальной конструкции 235/55R17 модели BEL-529. Применяется в ОРИМШ УПКШ ОАО «Белшина» при проектировании профиля шины по пресс-форме с виртуальным распределением материалов для новых типоразмеров шин с 2017 г.

«Технология проектирования карты конструкторской технологической на базе профиля шины по пресс-форме с виртуальным распре-

делением материалов» применяется для разработки карты конструкторско- технологической на базе полученного ранее виртуального распределения материалов в конфигурации пресс-формы. Определяются технологические параметры первой, второй стадий сборки (раздвиг сборочного барабана первой, второй стадии, диаметр брекерного барабана). Рассчитываются профилированные детали наполнительного шнура, боковины, протектора и вспомогательных деталей. При выпуске опытных партий шин уточняются математические модели расчета профилированных деталей. Алгоритм расчета деталей боковины зависит от способа сборки. При плоском способе сборки на 2-ой стадии на этапе заворота боковины толкателями наблюдаются 3 зоны по ширине в которых боковина двухосно растягивается с увеличением ширины сегмента, двухосно растягивается с сохранением ширины сегмента и растягивается одноосно, поэтому алгоритм расчета профилированной детали боковины должен учитывать эти особенности. При расчете профилированной детали протектора необходимо учитывать изменение ширины брекера для заданной его вытяжки. Изменение ширины брекера зависит от закона изменения угла наклона нити корда [4] при вытяжке его в пресс-форме, который уточняется при выпуске опытной партии шин.

Применение данной технологии совместно с технологией обратного инженерного анализа позволяет приблизить, полученную в результате технологического процесса шину, к виртуальной модели шины, которая рассчитана на стадии проектирования. Применяется ОРИМШ УПКШ ОАО «Белшина» с 2016 г.

«Технология обратного инженерного анализа шины» применяется для проверки степени отклонения полученной в результате технологического процесса шины от ее виртуального прототипа. В основе технологии лежат измерения с помощью координатно-измерительной машины МСАх-35 следующих геометрических параметров: профиля шины в свободном состоянии, на ободе на различных давлениях, распределения материалов по срезу шины. По результатам перечисленных выше измерений и анализу среза-расслойки строится математическая модель шины в MSC.Marc. Результаты поверочного расчета шины сравниваются с полученными ранее на стадии проектирования, результатами стендовых испытаний в ОИЦ и измерениями геометрии профиля шины на ободе. Проводится анализ расчетных исследований при необходимости применяются корректирующие действия в ККТ. Технология применяется также при исследовании импортных аналогов шин. Применение данной технологии позволило уточнить алгоритмы расчета профилированных деталей шины, проанализировать

результаты стендовых динамических испытаний, определить опасные амплитуды деформаций в зоне борта шины.

Технология отработывалась на базе легкой шины типоразмера 235/55R17 мод. BEL-529. Применяется в ОРМШ УПКШ ОАО «Белшина» при проектировании профиля шины по пресс-форме с виртуальным распределением материалов для новых типоразмеров шин с 2014 г.

Применение перечисленных выше технологий при выпусках опытных партий шин 235/55R17 мод. BEL-529 позволило определить причину возникновения расслоений в надбортовой зоне, определить опасную амплитуду деформаций сдвига в области борта и найти конструкторские решения для уменьшения амплитуды деформаций сдвига в надбортовой зоне.

Применение перечисленных выше технологий для поиска оптимального внутреннего профиля шин для существующих вариантов профиля пресс-формы цельно-металлокордных шин (ЦМК) завода массовых шин (ЗМШ) ОАО «Белшина» позволило для шин типоразмеров: 315/80R22.5 мод. BEL-158M, 315/70R22.5 мод. BEL-148M снизить теплообразование, улучшить их ресурс при проведении стендовых испытаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Л. Бидерман, Л. Р. Гуслицер, С. П. Захаров, Б. В. Ненахов, И. И. Селезнёв, С. М. Цукерберг «Автомобильные шины (конструкция, расчёт, испытание, эксплуатация)» Москва: гос. н.-тех. изд-во хим. лит., 1963.
2. Б. Л. Бухин «Введение в механику пневматических шин» М.: Химия, 1988.
3. В. Л. Бидерман «Расчет резино-металлических и резинокордных элементов машин». Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Москва, 1958.
4. F. Koutny Geometry and mechanics pneumatic tires.

Каюшников С.Н., Люштык А.Ю.
(ОАО «Белшина», г. Бобруйск, Республика Беларусь)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ МАРОК ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В РЕЦЕПТУРАХ РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ТЕПЛООБРАЗОВАНИЯ И УЛУЧШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ

Современный ассортимент марок технического углерода номенклатуры ASTM D1765, применяемых в шинной промышленности, не способен одновременно улучшить три важнейшие рабочие характеристики шин: сопротивление качению, сцепление с дорогой и износостойкость только за счет регулирования степени дисперсности и структурности техуглерода.

Зарубежные фирмы-производители технического углерода пошли по пути повышения его поверхностной активности и регулирования распределения первичных агрегатов техуглерода по размерам. Один из европейских производителей создал ряд марок технического углерода пониженной дисперсности и повышенной структурности с широким распределением первичных агрегатов по размеру. По данным фирмы-производителя в рецептуре грузовых шин новые марки техуглерода превосходят обычно используемый техуглерод ASTM N134 и ASTM N347 по индексам сопротивления качению и теплообразованию, но уступают им по индексу износостойкости.

Диспергируемость техуглерода зависит от способности его первичных агрегатов к образованию вторичной структуры, на разрушение которой при смешении требуются значительные энергозатраты. Степень развития вторичной структуры количественно характеризуется относительной разностью показателей абсорбции масла по методам ASTM D2414 и D3493. Способность модифицированного техуглерода снижать гистерезисные потери и интенсивность теплообразования особенно важна для массивных шин.

Целью данной работы является оценка эффективности новых марок модифицированного технического углерода европейского производителя на свойства протекторных резин сверхкрупногабаритных шин, где определяющим фактором является баланс между износом протектора и теплообразованием.

По информации разработчиков, технический углерод данных марок представляет собой высокоструктурный агент, обеспечивающий сверхвысокий уровень усиления, а также, в свою очередь, призван

увеличивать стойкость резиновой смеси к порезам, разрывам и истиранию и, таким образом, продлевать срок эксплуатации шин.

Исследования новых марок высокоусиливающего модифицированного технического углерода (образец № 1) и (образец № 2) проводились в сравнении с техническим углеродом марки ASTM N134 и ASTM N347 соответственно.

Сравнительная характеристика показателей технического углерода представлена в табл. 1.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика показателей технического углерода

Марка технического углерода	Внешняя поверхность (STSA), м ² /г	Адсорбция йода, мг/г	Адсорбция масла (OAN), см ³ /100г	Адсорбция масла сжатого образца (COAN), см ³ /100г
Техуглерод модифицированный (образец № 1)	140	165	132	105
Техуглерод по ASTM N134	129	142	127	101
Техуглерод модифицированный (образец № 2)	81	76	143	109
Техуглерод по ASTM N347	82	90	124	97

Из таблицы видно, что внешняя поверхность и адсорбция масла технического углерода модифицированного (образец № 1) выше, чем ASTM N134. Модифицированный технический углерод (образец № 2) имеет более высокую структуру, чем ASTM N347, что дает лучшую диспергируемость, увеличивает вязкость, модуль и теплопроводность.

Согласно информации европейского производителя технического углерода, резиновая смесь на основе 100% НК с применением модифицированного технического углерода (образец № 1) в сравнении с ASTM N134 имеет выше сопротивление истиранию (~ на 12–13%) и сопротивление раздиру (~ на 10%).

Проведены испытания опытного модифицированного технического углерода (образец № 1) в сравнении с ASTM N134 в действующих рецептурах протекторных резин для сверхкрупногабаритных шин. Смеси с опытным техническим углеродом по уровню упругопрочностных показателей, твердости близки серийным. Для опытной смеси наблюдается тенденция снижения гистерезисных потерь, теплообразования по Гудричу и тангенса δ при 60°C, 100°C (на приборе

RPA 2000). Отмечается стойкость к сопротивлению разрастания трещин и увеличение износостойкости опытных резин.

Испытания опытного модифицированного технического углерода (образец № 2) в сравнении с ASTM N347 проведены в действующих рецептурах протекторных резин для сверхкрупногабаритных шин. Для смеси, содержащей опытный образец технического углерода наблюдается снижение гистерезисных потерь, теплообразования по Гудричу и тангенса δ при 60°C (на приборе RPA 2000).

На основании полученных сравнительных испытаний следует, что применение новых марок модифицированного технического углерода позволяет достичь высоких результатов в износостойкости и износоустойчивости, и как следствие продление срока эксплуатации. Данные марки технического углерода могут также использоваться для изготовления легковых и легкогрузовых шин, от которых требуется повышенная долговечность.

Данная разработка имеет колоссальную актуальность, ведь современные шинные производители постоянно находятся в поисках новых, более эффективных усиливающих элементов, способных заметно увеличить качественные и эксплуатационные характеристики своей продукции.

Прокопчук Н.Р., Касперович О.М., Ленартович Л.А., Коновод Т.А.
(Кафедра полимерных композиционных материалов, БГТУ)

СМЕСИ ПОЛИОЛЕФИНОВ С ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТАМИ

В производстве изделий технического назначения в большом объеме применяются полиолефины, что обусловлено их достаточно высокими физико-механическими характеристиками и относительно небольшой стоимостью. Однако они имеют как положительные свойства, так и ряд недостатков. В настоящее время актуальной задачей является создание материалов с заданными свойствами. Большие возможности для улучшения эксплуатационных свойств полимерных материалов дает комбинирование пластмасс и каучуков. Смешение взаимно нерастворимых полимеров приводит к образованию гетерофазной системы, т.е. дисперсии одного полимера в матрице другого. Механические свойства гетерогенных смесей полимеров очень сложным образом зависят от большого числа факторов. В настоящее время широкое применение для модификации полимеров нашли термоэластопласты. Термоэластопласты (ТЭП) представляют собой полимерные материалы, обладающие в условиях эксплуатации высокоэластичными свойствами, характерными для эластомеров, а при повышенных температурах обратимо переходящие в пластическое или вязкотекучее состояние и перерабатываемые подобно термопластам. Они используются в различных отраслях промышленности, главным образом, из-за сочетания в себе технологичности термопластов и физических свойств вулканизированных резин [1].

Целью данной работы являлось исследование влияния термоэластопластов на технологические и эксплуатационные свойства полимерных композиций на основе полиолефинов. Исследования проводились на модельных полимерных смесях на основе полипропилена (ПП) марки 21030-16Н и полиэтилена низкого давления (ПЭНД) марки 273-83. В качестве технологических добавок применялись ТЭП типа СЭБС (TPE com 805.901.A30P Natural, TPE com 811.901.A65P Black, Ensoft SD 161-55A) и СБС (ДСТ-30, SX-400). В качестве образца сравнения использовались композиции, не содержащие добавок.

Образцы для испытаний получали методом литья под давлением на термопластавтомате BOY 22A (Dr. Boy, Германия). Испытания образцов типа 2 (лопатка, ГОСТ 11262-80) проводили согласно ГОСТ 11262-80 на тензомере T2020 DC10 SH (Alpha Technologies UK, США), количество образцов в каждом испытании 5 шт., и согласно ГОСТ 11645-73, используя измеритель показателя текучести расплава XNR-400.

На рисунке представлены значения относительного удлинения при разрыве, предела текучести и показателя текучести расплава в зависимости от содержания ТЭП в композициях ПЭНД.

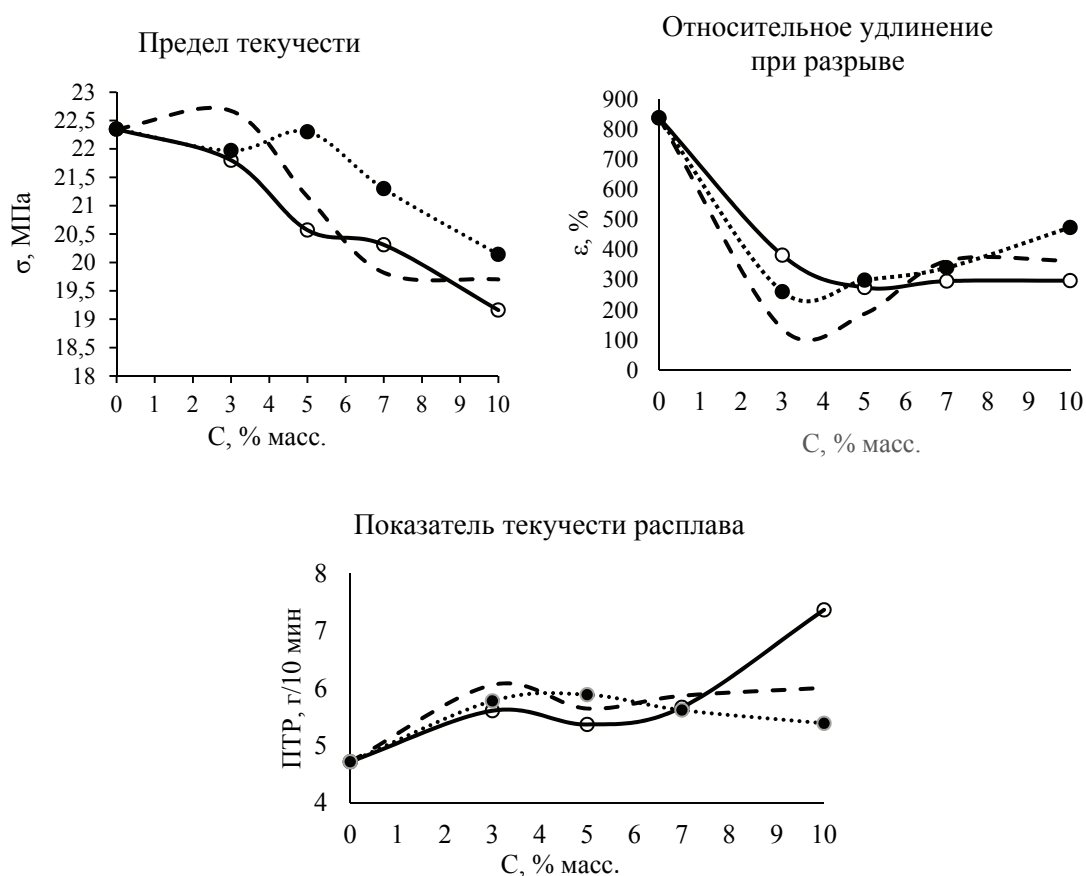


Рисунок 1 - Изменение деформационно-прочностных свойств композиций ПЭНД в зависимости от содержания ТЭП:
 • - TPE com Natural, ◦ - TPE com Black, - - - ДСТ-30

Из рисунка 1 видно, что использование ТЭП приводит к снижению предела текучести с увеличением его содержания в композиции. При использовании 10% масс. ДСТ-30 наблюдается наибольшее снижение предела текучести с 22,5 до 19,1 МПа, что свидетельствует о повышении деформируемости материала, о снижении напряжения сдвигового течения, когда атомы и сегменты цепей начинают проскальзывать друг относительно друга [2]. Необратимая пластическая деформация наблюдается при меньшей нагрузке, материал становится более пластичным и менее жестким. При использовании ТЭП происходит снижение относительного удлинения при разрыве и повышение ПТР композиций.

Агрегаты термоэластопласта увеличивают подвижность крупных элементов надмолекулярной структуры, способствуя лучшей дефор-

мируемости и эластификации полимерной матрицы. Таким образом, ТЭП оказывает пластифицирующее действие, использование ТЭП в относительно небольших количествах позволяет целенаправленно регулировать свойства композиций.

Подобные зависимости деформационно-прочностных характеристик и ПТР наблюдались и для ПП. Поскольку ПП имеет низкую стойкость к термоокислительной деструкции, то для композиций ПП+ТЭП было оценено влияние ТЭП, как термостабилизирующей добавки.

В ходе работы образцы подвергались ускоренному старению в термошкафу при температуре 150°C в воздушной среде.

Наиболее чувствительным критерием воздействия теплового старения является изменение относительного удлинения при разрыве, поэтому именно по этому показателю мы оценивали устойчивость композиций к тепловому старению.



Рисунок 2 - Изменение относительного удлинения при разрыве ПП в зависимости от содержания ТЭП TPE com Natural и продолжительности старения

Установлено (рис.2–3, что использование некоторых видов ТЭП, оказывает стабилизирующее действие. Для ТЭП TPEcom Natural, TPEcom Black уменьшение относительного удлинения при термоста- рении не столь значительно, как для чистого ПП. ТЭП марки TPEcom Black позволяет добиться максимального эффекта стабилизации. При введении его уже в количестве 5 мас. % достигается снижение показателя относительного удлинения всего на 43%. Причем после 96 часов старения относительное удлинение уменьшается всего на 0,5%. Для чистого ПП потеря свойств составляет 95,5%.

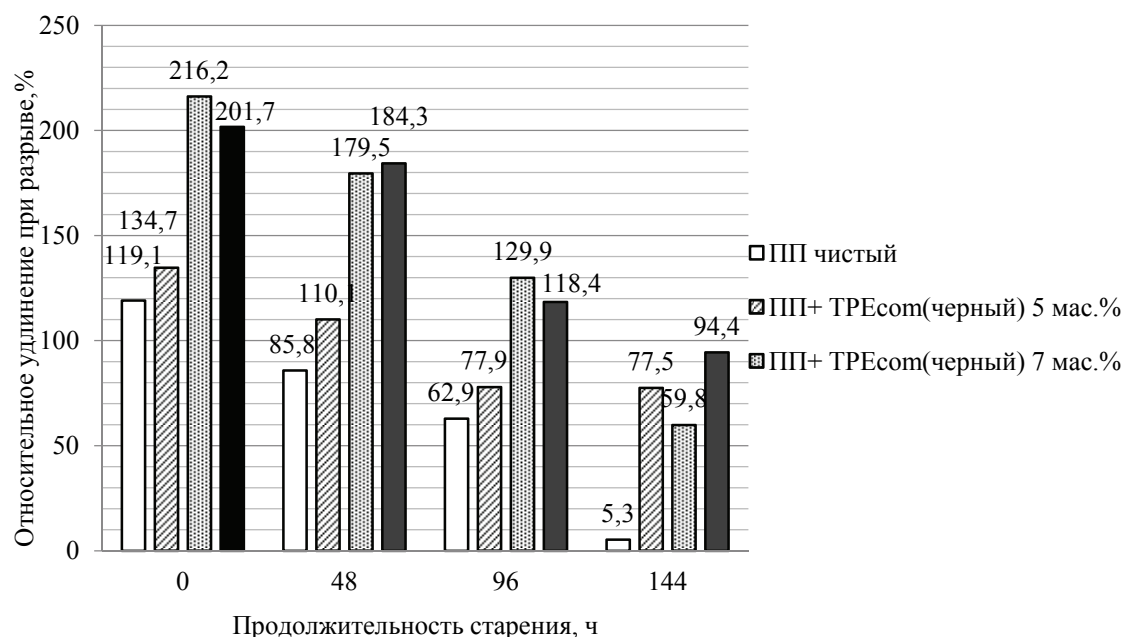


Рисунок 3 - Изменение относительного удлинения при разрыве ПП в зависимости от содержания ТЭП TPE com Black и продолжительности старения

Таким образом введение ТЭП в полиолефины способствует не только эластификации, улучшению формуемости композиции, повышению ее ПТР, но так же имеет термостабилизирующий эффект, что позволяет говорить о целесообразности дальнейших исследований с целью подбора типа ТЭП с оптимальным воздействием на матрицу базового полимера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Холден Д., Крихельдорф Х. Р., Куирк Р. П. Термоэластопласты. Санкт-Петербург: Профессия, 2011. 718 с.
2. Пол Д., Бакнелл К. Полимерные смеси. Том II: Функциональные свойства. Санкт-Петербург: Научные основы и технологии, 2009. 606 с.

Mustafayeva R.E.

rena-babaeva0@rambler.ru (Azerbaijan State Oil and Industry University,
Baku, Republic of Azerbaijan)

THE RESEARCH OF PROPERTIES ELASTOMER OF THE CONTAINING COMPOSITIONS

Chemical and physic-mechanical properties of polyurethane in many respects for example by variety of chemical bonds of various types in its structure, and actually represent the block of copolymers are defined alteration of sites of various chemical natures is carried out [1].

However, products on the basis of polyurethane along with the high durability and excellent wear resistance are characterized by narrow temperature intervals of use and rather high cost. Receiving high-adhesive polymeric composition on the basis of industrial polyessential-the polyoxypropylene glycol combined with 4,4'-difenilmetandiizotsionats and 5% solution of butyl rubber at the room temperature in toluene became an object of the real research.

The kinetics of sopolicondensation they polioxypropylenglykol and 4,4'-difenilmetandiizocionats received. It has been established that the reaction of education migration flows tint urethane polymerization based on accession to the nitrogen. That the combination of sooligomers with butyl rubber (isoprene and isobutylene copolymer) increases the elasticity of the system, relieves shrinkage and increases the thermo-chemical resistance it is shown.

For the purpose of obtaining highly adhesive and highly elastic composite material made of polyurethane sooligomers mixtures with butyl rubber (BC) with high rates of heat resistance, flexibility, chemical resistance to aggressive environment, resistance and water resistance has been studied. It is shown that mixing polyurethane copolymer with butyl rubber polymer formation occurs system, macromolecules which mechanically interacting among themselves form a so-called grid interpenetrating.

The specified composition is also resistant to aggressive environment, which makes their application perspective. Comparison of differential thermal analysis sooligomers and compositions sooligomer+butyl rubber, shows that the thermally of composition more stable than sooligomer. In the work solved an important scientific and technical challenge of improving the quality of adhesive compositions.

The study developed recommendations for improving the properties of adhesive compositions, competitive with respect to existing analogues

for recipe structure, technology access and use adhesive compositions. Received by the specified compositions can be used in the manufacture of polymer products for the oil and engineering industries.

REFERENCES

1. Kudryavtsev Y. V., Plate N. A., Litmanovich A. D., Macromolecular reactions in melts and polymer mixtures. Theory and Experiment Moscow: Nauka, 2008, 380 p.

¹Ерофеевская Л.А., ²Неустроева Н.И., ³Кычкин А.К., ⁴Кычкин А.А.
¹⁻²(Институт проблем нефти и газа СО РАН, г. Якутск)
³⁻⁴(Институт физико-технических проблем Севера СО РАН, г. Якутск)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ ХОЛОДНОГО КЛИМАТА

В настоящее время полимеры и материалы на их основе серьезно потеснили такие основные конструкционные материалы, как железобетон, металл, дерево [1]. В процессе эксплуатации полимерных материалов в зависимости от характера воздействия на них происходит постепенное их разрушение – деструкция [2]. В зависимости от воздействия различных факторов различают химическую, механическую, окислительную, термическую, фотохимическую, радиационную виды деструкций. В последнее время особое место в исследовательских работах занимает изучение процессов деструкции полимерных композиционных материалов (ПКМ) под влиянием бактериальных и мицелиальных форм микроорганизмов. Попадая в композит микробная клетка посредством ферментов взаимодействует с теми или иными важными составными его компонентами. В результате действия внеклеточных ферментов и метаболитов полимерный материал переводится в растворимое состояние, образуются низкомолекулярные продукты распада, которые доступны микроорганизмам в качестве источников энергии и питания [3]. Чаще всего микробиологические повреждения возникают под воздействием микроскопических грибов, изменяющих цвет и структуру полимера. А в тонких пленках – герметичность и прочность [4].

В настоящее время описано более 100 тысяч видов микроскопических грибов.

Они развиваются сапротрофно в почве, на увлажненных продуктах, плодах и овощах, на животных и растительных остатках, образуя бархатные, пушистые, ворсистые или паутинистые налеты всевозможных цветов и оттенков.

Цель настоящей работы заключается в исследовании влияния микроорганизмов на структуру и свойства ПКМ.

Материалы и методы. Материалом для исследований служили смывы и соскобы с базальто-пластиковой арматуры (БПА) и фрагменты пластиковых труб.

Для контроля отобраны на микробиологические исследования пробы воздуха, почвы, отвердителя, ускорителя, смолы (жидкой и отвердевшей форм), базальтового волокна.

Место отбора проб: Полигон климатических испытаний ИФПТС, г. Якутск, ул. Автодорожная, 20.

Микробиологические исследования проводили классическими методами.

Результаты и обсуждения.

Из представленных на исследования образцов выделено большое разнообразие спорообразующих анаэробных бактерий и микроскопических грибов. Из микроорганизмов-деструкторов ПКМ методом постановки биохимических тестов идентифицированы следующие виды грибов: *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus albus*, *Trichoderma viridans*, *Penicillium sp.*, *Fusarium roseum*. Из бактериальной группы выделены по крайней мере два вида спорообразующих бациллярных штамма *Bacillus atropheus* и *Bacillus subtilis*.

Penicillium – формирует на твердых питательных средах пушистые колонии зеленого цвета. Мириады его спор рассеяны повсюду. Главное место его обитания – почва. В процессе метаболизма выделяют ферменты, быстро и эффективно превращающие целлюлозу в растворимые сахара. Грибница пеницилла многоклеточная, состоит из ветвящихся нитей, разделенных перегородками на клетки. Плодоносящее тело имеет вид кисточек, расположенных на концах нитей грибницы.

Trichoderma – в начале роста формирует колонии с белой мицелиальной пленкой, с возрастом становятся волосистыми из-за образования скудных воздушных гиф. Конидиальные скопления (зоны конидиального спороношения колонии) изменяют размер от 2–5 мм до 1–3 см и более (сросшиеся пятна), в юности подушковидные, ватообразные-белые и беловатые, в зрелости превращаются в выпуклости и плесневидные скопления-зеленоватые, сине-, темно-голубовато-, изумрудно- и темно-зеленые с белым или желтым опушенным краем. Реверзум (обратная сторона колонии гриба при культивировании на твердой агаризованной среде) бесцветный. Размножение бесполое.

Aspergillus – формируют пушистые колонии различного цвета; имеют расчленённый мицелий и одноклеточный конидиеносец. При микроскопическом исследовании аспергилл расположение экзоспор напоминает собой струйки воды, выливаемой из лейки.

Практически все выделенные из исследуемых образцов плесневые грибы относятся к патогенным и условно-патогенным видам.

Однако, возможность использования плесневых грибов в качестве санитарно-показательных микроорганизмов, практически не рассматривается. Нормативов, касающихся частоты находок плесневых грибов на объектах внешней среды пока не существует.

Проведённые исследования показали, что плесени постоянно присутствуют в окружающей среде. Из проб воздуха и почвы, отобранных с территории полигона климатических испытаний нами также выделены патогенные виды плесневых грибов, которые вполне могут служить причиной биозаражения исследуемых образцов, выставленных на полигоне климатических испытаний.

Несмотря на то, что плесени, от части, являются «санитарами» природы, их широкое распространение, всё же, неизбежно ведет к повреждению предметов и объектов окружающей среды. Это определяет необходимость проведения дальнейшего анализа теоретического и практического опыта, с целью накопления фактического материала, для разработки способов борьбы с биозараженностью различных материалов, а также для выдачи оценки реальной значимости микологических исследований и определения круга объектов, на которые они должны распространяться.

Работа выполнена в рамках Проекта РФФИ № 18-29-05012 «Разработка научных основ для создания новых композиционных материалов под воздействием абиогенных и биогенных факторов в арктических и субарктических зонах РС (Я)».

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондалетова Л. И. Полимерные композиционные материалы (ч. 1): учебное пособие / Л. И. Бондалетова, В. Г. Бондалетов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. С. 5.
2. Высокомолекулярные соединения и их применение в строительстве: методические указания по дисциплине «Органическая химия» для бакалавров 1-го курса. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2011. 16 с.
3. Прикладная экобиотехнология: учебное пособие: в 2-х томах. – Т. 1. // А. Е. Кузнецов [и др.] – 2-е изд. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. – 2012. 629 с.
4. Семенов С. А., Гумаргалиева К. З., Заиков Г. Е. Биоповреждения материалов и изделий техники / Горение, деструкция и стабилизация полимеров, под ред. Заикова Г. Е. М: Научные основы и технологии, 2008, 422 с.

Гурина Г.И. канд. хим. наук, доцент, зав. каф. химии
gigurina@ukr.net (Харьковский национальный технический университет
городского хозяйства имени А.Н. Бекетова)

НАНОКОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ МОНТМОРИЛЛОНИТА

Перспективным направлением развития современной химии, физики и технологии композиционных материалов является создание новых наноматериалов с целью улучшения физико-механических, реологических, защитных и специальных свойств материалов и покрытий на их основе.

Интеркаляционным методом получены наноконпозиционные материалы с использованием слоистой неорганической матрицы монтмориллонита как основной минеральной составляющей бентонитовых глин. В качестве объектов исследования использованы глины Зикеевского, Черкасского и Григорьевского месторождений, бентонит марки SD-1. Проведена идентификация структуры исследованных образцов структуре монтмориллонита методом рентгенофазового анализа и ИК-спектроскопии.

Разработана технология отбеливания комовой бентонитовой глины Григорьевского месторождения [1] и получены наполнители для композиционных материалов белого цвета для декоративных и защитных покрытий.

В качестве интеркалянтов при образовании гибридных наноконпозиционных материалов использованы растворы алкидных, эпоксидных, уралкидных, полиуретановых олигомеров, а для получения органо-бентонитов – четвертичные алкил аммонийные соли: алкилбензилдиметиламмоний хлорид с количеством атомов углерода (C_{10} - C_{17}) и (C_{16} - C_{18}) и диметилди-н-октадециламмоний хлорид. Факт интеркаляции диагностировали методом рентгенофазового анализа по увеличению величины параметра «с» кристаллической решетки неорганической матрицы, что соответствует росту межслоевых промежутков слоистой матрицы при интеркаляции, а также методом инфракрасной спектроскопии по смещению полос поглощения $\nu(\text{SiO})$, $\nu(\text{OH})$, $\nu(\text{NH})$ монтмориллонита и молекул-интеркалянтов.

Проведено измерение твердости покрытий с различным содержанием бентонитовых наполнителей и исследованы температурные зависимости изменения твердости покрытий в интервале температур от 20 до 180°C. Установлено увеличение твердости и теплостойкости покрытий при оптимальном наполнении олигомеров полученными наполнителями.

Потенциометрическим методом исследованы защитные свойства покрытий на основе стандартных грунтовочных составов марок ГФ-021 и ГФ-0119 и составов, в которых тальк и омиакарб были заменены новыми бентонитовыми наполнителями. Результаты исследований показали улучшение защитных свойств покрытий при использовании отбеленных бентонитовых наполнителей, что может быть связано с проведением стадий нейтрализации растворами с $\text{pH} \geq 7$.

С целью получения экологически чистых противокоррозионных пигментов на основе отбеленных бентонитов были проведены реакции интеркаляции монтмориллонитовых образцов водными и спиртовыми растворами органических красителей, а именно малахитовым зеленым и родамином С. Разработаны рекомендации по использованию новых противокоррозионных пигментов в составе противокоррозионных грунтовок, эмалей и грунт-эмалей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент на корисну модель № 114543, № заявки u 2016 09681 авторів Гуріна Г. І., Каратєєв А. М., Накостенко Н. О. Спосіб вибілювання бентоніту, Бюл. № 5 від 10.03.2017.

Соловьева О.Ю., Барина Е.А., Дмитриев И.Ю.
(ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет»)

**МОДИФИКАЦИЯ НАПОЛНЕННЫХ КОМПОЗИЦИЙ
НА ОСНОВЕ КАУЧУКА БНКС-28АМН
ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫМ ОЛИГОБУТАДИЕНОМ**

Известно [1; 2], что введение малеиновых групп в структуру полимеров и олигомеров позволяет получать соединения, способные проявлять полифункциональное действие в составе полимерных композиционных материалов, выполняя роль технологически активных добавок, компатибилизаторов, агентов сочетания, модификаторов адгезии и т.д. В связи с этим в настоящей работе исследовано влияние малеинизированного олигобутадиена СКДН-М, содержащего 19% малеиновых групп, на свойства наполненных композиций на основе бутадиен-нитрильного каучука БНКС-28АМН. Резины на основе бутадиен-нитрильных каучуков чрезвычайно широко применяются для изготовления изделий различного назначения и поиск возможностей улучшения их качества всегда является актуальной задачей.

Рецептура резиновых смесей, помимо каучука, включала серную вулканизирующую группу с сульфенамидным ускорителем, а также наполнители – технический углерод N 330 либо коллоидную кремнекислоту (ККН) Росил-175 в дозировке 50 мас. ч. Дозировка СКДН-М составляла 5,0 мас. ч. на 100 мас. ч. каучука. Средневязкостная молекулярная масса СКДН-М $\sim 10^3$ г/моль. При выборе типа модификатора предполагалось, что малеинизированный олигобутадиен потенциально может выполнять функцию временного пластификатора на стадии изготовления смесей, совулканизуясь в дальнейшем с каучуком, а также функцию агента сочетания между каучуком и наполнителем, благодаря наличию реакционноспособных малеиновых групп.

Резиновые смеси готовили на лабораторных вальцах. При этом варьировали последовательность введения наполнителя и олигомера: по первому варианту СКДН-М смешивали с каучуком и затем вводили наполнитель (режим 1); по второму варианту олигомер добавляли в смесь каучука и наполнителя (режим 2). В трехкомпонентные смеси вводили вулканизирующую группу. Для сравнения готовили смесь без олигомера и смесь с олигобутадиеном СКДН-Н (5 мас. ч. на 100 мас. ч. каучука), который вводился в смесь каучука и наполнителя по режиму 2. Корректировка состава вулканизирующей группы в смесях с олигобутадиенами не проводилась.

В таблице 1 приведены вязкоупругие свойства резиновых смесей, которые определяли на виброреометре RPA-2000 при температуре 100°C, частоте 0,1 Гц. Анализ полученных данных показывает, что при введении СКДН-М первоначально в каучук происходит увеличение модуля накопления смесей $G'_{0,98\%}$ и разности между значениями модуля накопления при малой (0,98%) и большой (100%) амплитудах деформации. В то же время при введении олигомера после наполнителя эти показатели, наоборот, уменьшаются, что является косвенным свидетельством повышения степени диспергирования наполнителя [3]. Характерно, что отмеченные эффекты в большей мере выражены в случае смесей с Росилом-175, о чем можно судить по величине Δ , равной отношению значения показателя смеси с олигомером к значению аналогичного показателя эталона.

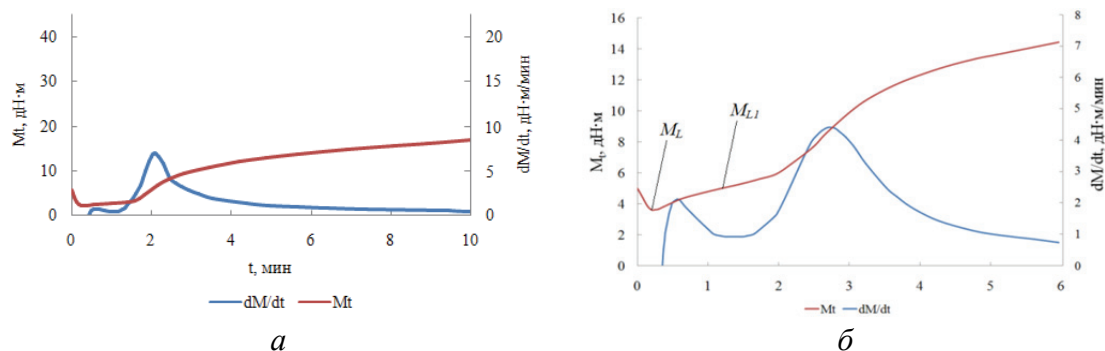
Таблица 1 – Влияние порядка введения СКДН-М на вязкоупругие свойства резиновых смесей на основе БНКС-28АМН

Показатель	Без олиго-мера (эталон)	Последовательность введения компонентов		
		Каучук + СКДН-М + наполнитель	Каучук + наполнитель + СКДН-М	Каучук + наполнитель + СКДН-Н
Резиновые смеси с техуглеродом N 330				
$G'_{0,98\%}$, кПа	266	293	240	248
$\Delta G'_{0,98\%}$	—	1,10	0,90	0,93
$(G'_{0,98\%} - G'_{100\%})$, кПа	204	234	182	192
$\Delta(G'_{0,98\%} - G'_{100\%})$	—	1,15	0,89	0,94
Резиновые смеси с Росилом-175				
$G'_{0,98\%}$, кПа	927	1284	729	1099
$\Delta G'_{0,98\%}$	—	1,39	0,79	1,19
$(G'_{0,98\%} - G'_{100\%})$, кПа	808	1143	616	958
$\Delta(G'_{0,98\%} - G'_{100\%})$	—	1,41	0,76	1,19

Объяснение, заключающееся в том, что лучшему диспергированию наполнителя во втором случае способствует его введение в более вязкую среду каучука, может быть принято во внимание только для техуглеродсодержащих смесей, поскольку резиновые смеси с Росилом-175, при изготовлении которых использовался нефункционализированный олигомер СКДН-Н, характеризуются более высокими значениями $G'_{0,98\%}$ и $(G'_{0,98\%} - G'_{100\%})$ по сравнению с аналогичной смесью, содержащей

СКДН-М. На основании этого можно сделать вывод, что при изготовлении смесей по режиму 2 СКДН-М в большей мере концентрируется на границе каучук – наполнитель по сравнению со смесями, изготовленными по режиму 1, при этом возрастает его роль как антифлокулирующего агента, способствующего разрушению агломератов частиц наполнителя за счет обеспечения повышенного уровня межфазного взаимодействия.

Кинетику вулканизации определяли на виброреометре MDR-2000 (температура испытания 143°C, амплитуда угловых колебательных движений $\pm 0,5^\circ$ (7%), частота 1,67 Гц). Ход реометрических кривых (рисунок 1, а, б), снятых при испытании смесей с техуглеродом N 330 и с Росилом-175, в области индукционного периода заметно различается: в случае смесей с ККН кривая « $M_t - t$ », описывающая изменение действительной части крутящего момента в процессе испытания, имеет участок, характеризующийся достаточно резким, практически скачкообразным, увеличением значений M_t , что, как известно, связано с перестройкой коагуляционно-флокуляционных структур, образуемых частицами ККН. Соответственно на дифференциальной кривой « $dM_t - dt$ » появляется дополнительный максимум, обозначенный нами как $R_{h\text{ ИП}}$ (максимум скорости изменения M_t в индукционном периоде). С учетом этих особенностей представлялось целесообразным ден показатель M_{LI} , определяемый по времени достижения показателем R_h минимального значения перед началом эффективного сшивания (рис. 1, б). Время достижения M_{LI} должно соответствовать затуханию процесса агломерации частиц ККН. По разности ($M_{LI} - M_L$) и значениям $R_{h\text{ ИП}}$ косвенно оценивали склонность частиц к агломерации в смесях с ККН в начальном периоде процесса вулканизации, которая, как видно из данных табл. 2, снижается при введении СКДН-М, в особенности при использовании режима смешения 1. В присутствии СКДН-М несколько увеличивается индукционный период вулканизации t_{SI} техуглеродсодержащих смесей, уменьшается максимум скорости сшивания в главном периоде, оцениваемый по величине $R_{h\text{ ОП}}$, и, судя по характеру изменения разности ($M_H - M_{LI}$), снижается степень химического сшивания, причем в большей мере для резин с техуглеродом. Основной причиной является взаимодействие олигомера с компонентами вулканизирующей группы. Исключение составляет смесь с Росилом-175, изготовленная по режиму 1. По-видимому, СКДН-М остается преимущественно в фазе каучука, оказывая на него структурирующее действие, в то время как компоненты вулканизирующей группы концентрируются вблизи высокополярной поверхности частиц ККН. В результате степень сшивания резин заметно возрастает.



a – смесь с техуглеродом N 330; *б* – смесь с Росилом-175

Рисунок 1 – Изменение M_t и dM/dt резиновых смесей на основе каучука БНКС-28АМН в процессе испытания на виброреометре MDR-2000

Таблица 2 – Влияние порядка введения СКДН-М на реометрические и вулканизационные характеристики резиновых смесей на основе каучука БНКС-28АМН

Показатель	Без олигомера (эталон)	Последовательность введения компонентов		
		Каучук + СКДН-М + наполнитель	Каучук + наполнитель + СКДН-М	Каучук + наполнитель + СКДН-Н
Резиновые смеси с техуглеродом N 330				
$M_L, \partial H \cdot м$	2,8	2,9	2,7	2,6
$(M_H - M_L), \partial H \cdot м$	17,5	11,1	11,0	11,8
$t_{SI}, мин$	4,2	6,2	7,0	5,5
$R_h \text{ ОП}, \partial H \cdot м/мин$	5,6	2,0	2,0	3,0
Резиновые смеси с Росилом-175				
$(M_{LI} - M_L), \partial H \cdot м$	6,7	5,1	2,0	2,2
$(M_H - M_{LI}), \partial H \cdot м$	2,7	14,0	2,5	3,0
$R_h \text{ ИП}, \partial H \cdot м/мин$	22,0	12,5	4,3	12,5
$R_h \text{ ОП}, \partial H \cdot м/мин$	0,8	2,0	0,5	0,8

Анализ деформационно-прочностных свойств резин, свулканизованных в режиме $143^\circ\text{C} \times 50 \text{ мин}$, показывает (табл. 3), что СКДН-М несколько снижает условное напряжение (f_{200}) в вулканизатах, содержащих техуглерод N 330, вследствие уменьшения степени сшивания, условная прочность при растяжении f_p и относительное удлинение при разрыве ϵ_p при этом увеличиваются.

Модификация малеинизированным олигобутадиеном резин с ККН приводит к росту условного напряжения f_{200} при растяжении независимо от порядка его введения; f_p и ϵ_p больше в том случае, когда СКДН-М вводится в смесь каучука и ККН.

Замена СКДН-М на СКДН-Н приводит к ухудшению деформационно-прочностных свойств вулканизатов.

Таким образом, согласно полученным данным использование ма- леинизированного олигобутадиена более эффективно в резиновых сме- сях с кремнекислотным наполнителем по сравнению со смесями, со- держащими технический углерод. Характер изменения свойств компо- зиций свидетельствует в пользу того, что СКДН-М в определенных условиях может выполнять функцию агента сочетания.

**Таблица 3 – Влияние порядка введения СКДН-М
на деформационно-прочностные свойства резин
на основе БНКС-28АМН при одноосном растяжении**

Показатель	Без олигомера (эталон)	Последовательность введения компонентов		
		Каучук + СКДН-М + наполнитель	Каучук + наполнитель + СКДН-М	Каучук + наполнитель + СКДН-Н
Резиновые смеси с техуглеродом N 330				
f200, МПа	12,6	11,2	11,1	9,4
fp, МПа	19,9	23,7	25,2	17,1
εp, %	300	420	440	430
Θ, %	8	12	12	11
Резиновые смеси с Росилом-175				
f200, МПа	5,4	6,4	6,0	3,5
fp, МПа	15,9	8,4	18,0	4,0
εp, %	600	320	640	390
Θ, %	29	27	25	24

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Карпов А. Г. Маслостойкий динамический термоэластопласт на основе бутадиен-нитрильного каучука и полипропилена : автореферат дис. ... канд техн. наук. Казань, 2008. 20 с.
- 2 Чернов К. А. Модификация каучука СКИ-3 и резиновых смесей на его основе полифункциональным кислородсодержащим олигоме- ром: автореферат дис. ... канд. техн. наук. Казань, 2005. 18 с.
- 3 Кандырин К. Л. Применение прибора RPA для оценки свойств наполненных резин / К. Л. Кандырин, А. С. Седов // Резиновая про- мышленность. Сырье. Материалы. Технологии: материалы XV меж- дунар. науч.-техн. конф. М.: НИИШП. 2009. С. 186–193.

**ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И АВТОМАТИЗАЦИЯ.
АППАРАТУРНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ПРОЦЕССОВ.
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ТЕПЛООБМЕННОЙ АППАРАТУРЫ
ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

УДК 66.023.2

В.К. Леонтьев, О.Н. Кораблева, А.А. Киселева
(Ярославский государственный технический университет,
Россия, г. Ярославль,
e-mail: leontievvk@ystu.ru)

**РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО
ГАЗОЖИДКОСТНОГО ЭЖЕКЦИОННОГО АППАРАТА**

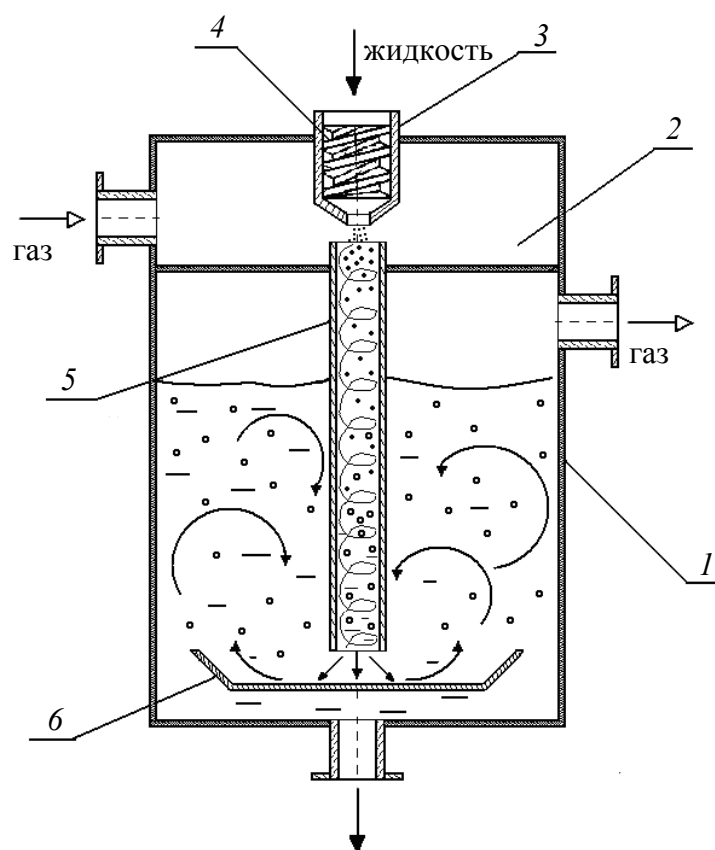
Для многих химических процессов в промышленности используются газожидкостные аппараты с эжекционным диспергированием газа. Эти аппараты показывают увеличение эффективности работы по сравнению с аппаратами с механическим перемешиванием на 15–20%. Одним из наиболее надежных и точных способов оценки эффективности газожидкостных аппаратов считается химический метод, основанный на определении эффективной поверхности контакта фаз, т. е. межфазной поверхности, действительно участвующей в массообменном процессе [1].

На практике, для интенсификации процесса смешения фаз часто используют удар потока о твердые преграды – отбойники, попеременное изменение формы и направления потока, закручивание потока, взаимную эжекцию и инверсию фаз, наложение пульсаций, эффективное распределение газожидкостного потока по всему рабочему объему аппарата. Известно множество распылителей, принцип действия которых основан на закручивании подаваемой в нее жидкости [2].

Для повышения турбулизации, т.е. интенсивного перемешивания в смесителе на кафедре «Химическая технология органических веществ» Ярославского Государственного технического университета была разработана новая конструкция газожидкостного эжекционного аппарата (рисунок 1).

Аппарат работает следующим образом. Жидкость под давлением подается в распылитель 3. Внутри распылителя жидкость закручивается

с помощью многозаходного шнека 4. Распыленная жидкость засасывает газ, поступающий в инжекционную камеру 2. Образовавшийся газожидкостный закрученный поток проходит через смеситель 5, где происходит интенсивное перемешивание газа с жидкостью. Закручивание способствует значительной интенсификации процесса смешения фаз. В смесителе может образовываться газожидкостной двухфазный поток с различным соотношением жидкости и газа. Двухфазный поток может быть с дисперсной жидкой, либо газовой фазой. При определенных условиях может происходить инверсия фаз в самом смесителе и газовая фаза становится дисперсной. Подобный режим работы наиболее эффективен ввиду того, что в момент инверсии наблюдается наибольшее значение коэффициента массопередачи. В смесителе происходит первая фаза контакта жидкости и газа, обусловленная развитой поверхностью распыленной жидкости. При выходе из смесителя газожидкостный поток с большой скоростью ударяется в диспергатор 6. При ударе газожидкостного потока о диспергатор газовые пузырьки дробятся. Происходит вторая стадия контакта газа с жидкостью [3].



1 – корпус аппарата, 2 – инжекционная камера,
3 – распылитель жидкости, 4 – многозаходный шнек,
5 – смеситель, 6 – диспергатор

Рисунок 1 – Конструкция газожидкостного смесителя

Интенсификацией процесса смешения фаз в смесителе связано с винтовым прохождением реакционной массы вдоль вертикального смесителя, что приводит к значительному увеличению напряжения сдвига на границе смешиваемых фаз. Это значительно улучшает процесс массопереноса за счет увеличения поверхности контакта и скорости ее обновления. Разработанная конструкция весьма перспективна для использования в нефтеперерабатывающей промышленности для использования в качестве газожидкостного реактора или абсорбера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леонтьев, В. К. Разработка конструкций газожидкостных эжекционных аппаратов / В. К. Леонтьев О.Н. Кораблева // Химическое и нефтегазовое машиностроение – 2016, №3, Стр. 8–10.
2. Д.Г. Пажи Основы техники распыливания жидкостей – М.: «Химия», 1984.
3. Патент на полезную модель №174136 РФ, МПК В01F 5/04 Аппарат для контакта газа с жидкостью / В. К. Леонтьев, О.Н. Кораблева, М.С.Игнатьева, Д.В. Макарец – заявл. 15.05.2017; опубл. 03.10.2017. Бюл. №28.

УДК

Нестеренко С. В., доцент кафедры химии ХНУГХ
(Украина, г. Харьков, Харьковский национальный
университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова
e-mail: nester.hnamg@gmail.com)

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВЫХ АУСТЕНИТНО-ФЕРРИТНЫХ СТАЛЕЙ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Металлоемкость теплообменников современных производств достигает почти 50% от веса всего эксплуатируемого оборудования. Поэтому, естественно, что в химической и нефтехимической промышленности широко используются пластинчатые теплообменники, металлоемкость и, соответственно, энергоемкость которых в 2-3 раза ниже традиционных кожухотрубчатых теплообменников. Коррозионные исследования показали, что при нагревании рабочих сред водой коррозионная стойкость теплопередающих пластин, изготовленных из стали AISI 304, AISI 316 зачастую определяется концентрацией ионов хлора в воде.

Целью данной работы является разработка методики оценки интенсивности питтингообразования при использовании аустенитно-ферритных сталей как материала теплообменных пластин.

Анализ причин разрушения пластин показывает, что основной является – щелевая и питтинговая коррозия, вызванная активацией металла в узком зазоре металл-металл пластинчатого теплообменника. Механизм возникновения и развития щелевой коррозии конструкционных материалов исследовали И.Л. Розенфельд и И.К. Маршаков (ИФХ РАН), согласно которым механизм возникновения и протекания коррозии с активацией через питтинг, язву или щель идентичен и определяется работой мощного гальванического элемента – анод – дно поражения, катод – пассивная поверхность, не подвергшаяся активации. Суть методики заключается в применении циклической вольтамперометрии для оценки склонности нержавеющей сталей к питтингообразованию в стандартной среде хлорида железа (6% раствор трехвалентного железа при 50 °С. Среда аналогична ASTM G-48.)

Типовая циклическая вольтамперограмма исследуемых сталей (табл. 1) в 6% растворе хлорида железа при 50 °С приведена на рисунке 1.

Результаты показали, что стали российского производства 12X18H10T, 10X17H13M2T, 0X23H28M3Д3T подвергается питтинговой коррозии в растворе хлорида железа (50 °С) при потенциале свободной коррозии так, как разность между PRE^* – показатель

стойкости к питтингообразованию потенциалом репассивации питтинга ($\varphi_{\text{рп}}$) и потенциалом свободной коррозии ($\varphi_{\text{св.к.}}$) меньше 0,05В ($\Delta\varphi = \varphi_{\text{рп}} - \varphi_{\text{св.к.}} < 0,05\text{В}$). Сталь X25H7AM4 не подвергается питтинговой коррозии в аналогичных условиях так, как разность между потенциалом репассивации питтинга ($\varphi_{\text{рп}}$) и потенциалом свободной коррозии ($\varphi_{\text{св.к.}}$) значительно больше 0,05В. Значения потенциалов (табл. 2) были вычислены из циклических вольтамперограмм, пример представлен на рисунке 1.

Таблица 1 – Химический состав исследуемых сталей

Марка стали	C	S	P	Cr	Ni	Mo	N	PRE*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
254 SMO	0.01	0.01	0.03	20	18	6.1	0.2	43
SAF-2507	0.02	0.01	0.03	25	7	4	0.27	43
AISI 304	0.08	0.03	0.045	19	9.3	-	-	-
AISI 316Ti	0.08	0.03	0.045	18.7	12	2.4	-	-
AISI 316L	0.03	0.015	0.02	16.5	15.3	2.7	-	-
ЭИ 448	0,1	0,02	0,035	13,3	13,2	2,4	-	-
ЭП 54	0,08	0,025	0,035	21,3	6,2	2,2	-	-
ЭИ 432	0,1	0,02	0,035	17,2	13,4	3,5	-	-

Таблица 2 – Параметры активации металлов в 6% растворе хлорида железа при 50°C. Среда аналогична ASTM G-48

Марка материала	$\varphi_{\text{св.кор}} (\text{В})$	$\varphi_{\text{рп.по}} (\text{В})$	$\Delta\varphi = \varphi_{\text{рп.по}} - \varphi_{\text{св.кор}} (\text{В})$
10X17H13M2T	0,23	0,09	-0,14
12X18H10T	0,17	0,06	-0,11
0X23H28M3ДЗТ	0,26	0,16	-0,10
X25H7AM4	0,38	0,58	0,20

$\varphi_{\text{св.кор.}}$ – потенциал свободной коррозии;

$\varphi_{\text{рп.по}}$ – потенциал репассивации.

При проведении эксперимента при снятии циклических вольтамперограмм было обнаружено наличие питтингов на образцах из сталей производства РФ-0X23H28M3ДЗТ, 10X17H13M2T, 12X18H10T. На сталях X25H7AM4 и Avesta 254SMO питтингов не было обнаружено. Указанное обстоятельство полностью подтверждает высокую коррозионную стойкость дуплексных сталей против локальных видов коррозии [1,2]. Микрофотографии шлифов указанных сталей при тестировании приведены на рис. 2.

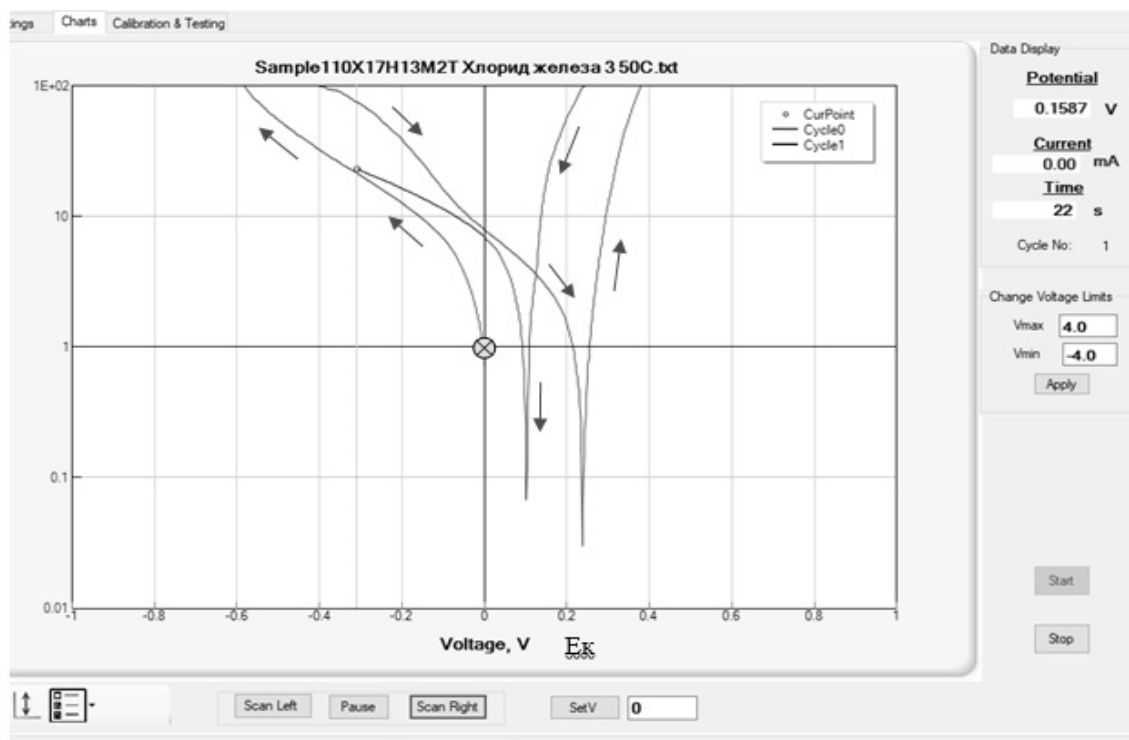
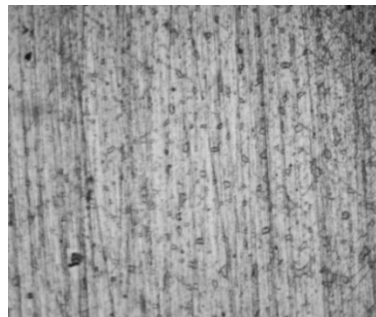


Рисунок 1 – Циклическая вольтамперограмма стали 10X17H13M2T в 6% растворе хлорида железа при 50 °C



a



б

a – сталь 10X17H13M2T $\times 200$; *б* – сталь X25H7AM4 $\times 200$

Рисунок 2 – Микрофотографии шлифов сталей после тестирования в 6% растворе хлорида железа при 50°C.

Необходимо отметить, что стали X25H7AM4 и Avesta 254SMO обладают высокой устойчивостью к точечной и язвенной коррозии в технологических средах сульфатных отделений, которые вызываются наличием активаторов коррозии (H_2S , HCN , HCNS , Cl^-). Указанное утверждение подтверждается значительной стойкостью пассивных пленок молибденосодержащих сталей [3,4].

Таким образом работоспособность теплообменников вообще, а пластинчатых в особенности, зависит во многом от конструкции, так

как коррозионные процессы в них протекают в узких зазорах при смыкании пластин по вершинам гофр, пластины имеют малую толщину гофрированной теплопередающей поверхности (0,6-1,0 мм), высокие остаточные напряжения деформации, что существенно повышает склонность к коррозионному растрескиванию. Стойкость металла зависит как от агрессивности нагреваемого или охлаждаемого продукта, так и от теплоносителя (хладоносителя). Разработанная методика прогнозирования питтингостойкости теплообменного оборудования в хлорид-содержащих средах дает возможность произвести экспресс-оценку коррозионной стойкости высоколегированных сталей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Jacques S. Corrosion resistance of duplex stainless steels in thermal desalination plants / Jacques S., Peultier J, Gagnepain J. C. and Soullignac P. // Corrosion Nace conference, March 16 – 20, 2008.

2. Korkhaus J. Application of corrosion-resistant steels in chemical industry / Korkhaus J. // Mater. of the Conf. “Stainless Steel World 99”. KCL Publishing BV, 1999. – Pp. 27 – 41. 3. Audoard J. P. Corrosion Performance And Field Experience With Super Duplex And Super Austenitic Stainless Steels In FGD Systems / Audoard J. P., Verneau M., Groski J. //12th International Corrosion Congress, Houston, USA, 1993.– Pp. 131–138.

3. Charles J. Some duplex applications. Test results and practical experience / Charles J., Verneau M., Audouard J.-P., Demars S. // Stainless Steel World 99 Conf. on Corrosion-Resistant Alloys (16–18 Nov. 1999, Hauge, Netherlands), 1999. – Pp. 473–485.

4. Sandvik, Corrosion Resistance Sandvik SAF 2205, <http://www.sandvik.com>

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ШАГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДА 3D-ПРИНТЕРА

Введение. При проектировании и разработке 3D-принтера важное место занимают вопросы разработки систем управления приводами его рабочих органов. На сегодняшний день в качестве приводов многих типов 3D-принтеров используются приводы, построенные на шаговых двигателях (ШД). Для синтеза необходимых алгоритмов управления движения приводов по предписанным программам (траекториям), в первую очередь, требуется наличие математической модели динамики шагового привода как объекта управления.

Математическая модель шагового двигателя. Для всех типов ШД с помощью электронного коммутатора вырабатываются импульсы напряжения, которые подаются на обмотки управления, расположенные на статоре ШД. При этом каждый импульс обеспечивает поворот ротора на определенный угол, зависящий от конструкции ШД.

Для синтеза законов управления рассмотрим ШД с зубчатым передаточным механизмом на валу двигателя. При помощи этого механизма вращательное движение ротора двигателя преобразуется в поступательное движение механизмов 3D-принтера (в конечном счете – его печатающей головки).

При действии единичного импульса на ШД с посаженной на валу его ротора шестерней с радиусом R , одиночный угловой шаг поворота ротора преобразуется в поступательное движение шестерни на расстояние равное:

$$L_{\text{ш}} = \Delta\alpha \cdot R, \quad (1)$$

где $\Delta\alpha$ – шаг поворота ротора ШД при подаче единичного импульса (градусы); $L_{\text{ш}}$ – величина линейного шага шестерни при действии одного импульса на ШД.

Так как в шаговом двигателе повороты осуществляются в дискретные моменты времени, то математическое описание положения можно описать следующим выражением:

$$\varphi_{k+1} = \varphi_k + n_k \cdot \Delta\alpha, \quad (2)$$

где φ_k – угловое положение ротора шагового двигателя в момент времени k ; n_k – количество управляющих импульсов подаваемых на шаговый двигатель в промежутке времени от k до $k+1$; φ_{k+1} – угловое положение ротора шагового двигателя в момент времени $k+1$.

Перейдем непосредственно к моделированию электродвигателя. Рассмотрим двухфазный шаговый электродвигатель с активным неявнополюсным ротором (рис. 1).

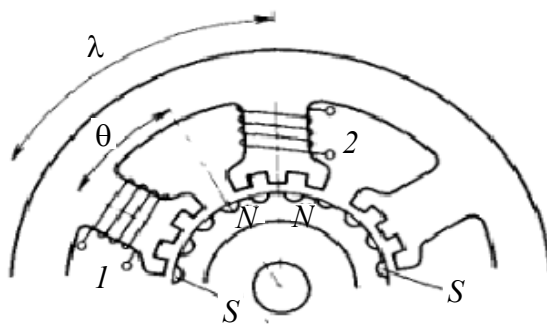


Рисунок 1 – Структура двухфазного шагового двигателя

Обмотку шагового двигателя представляют на схеме замещения последовательным соединением индуктивности и резистора. Кроме того, при вращении ротора в обмотках возникает ЭДС [1]. Следовательно, эквивалентная схема замещения ШД выглядит, как показано на рисунке 2.

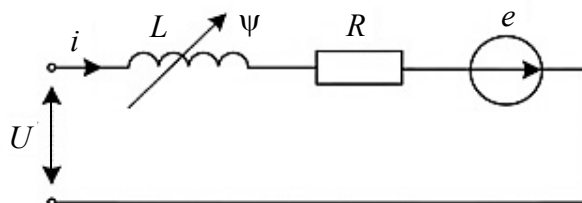


Рисунок 2 – Схема замещения обмотки шагового двигателя

Примем за начало отсчета угла положение, при котором ось полюса ротора совпадает с осью первой фазы. При этом $L_1 = L_2 = L$; $R_1 = R_2 = R$; $U_1 = U_2 = U$.

Для описания динамических режимов работы шагового двигателя необходимо составить уравнения электрического равновесия для напряжений контуров тока, уравнения моментов, действующих на ротор, а также уравнение электромеханического преобразования энергии. Тогда, исходя из законов Кирхгофа для заданной схемы замещения,

запишем уравнения электрического равновесия напряжений и ЭДС обмоток статора ШД:

$$\begin{cases} U = R \cdot I_1 + L \cdot \frac{dI_1}{dt} + M_{12} \cdot \frac{dI_2}{dt} - E_1 \\ U = R \cdot I_2 + L \cdot \frac{dI_2}{dt} + M_{12} \cdot \frac{dI_1}{dt} - E_2 \end{cases} \quad (3)$$

где U – напряжение фаз; R – активное сопротивление фаз; I_1, I_2 – токи фаз 1 и 2, соответственно; M_{12} – взаимная индуктивность обмоток фаз; E_1, E_2 – наведенные ЭДС в катушках фаз 1 и 2, соответственно.

Наведенная ЭДС в катушке фазы 1 определяется следующим выражением:

$$E_1 = \omega \cdot p \cdot \Psi_m \sin(p \cdot \theta), \quad (4)$$

где $\omega = d\theta/dt$ – угловая скорость вращения ротора; p – число зубцов ротора; Ψ_m – максимальное потокоцепление; θ – положение ротора.

Аналогично для фазы 2:

$$E_2 = \omega \cdot p \cdot \Psi_m \sin(p \cdot \theta - \lambda), \quad (5)$$

где λ – угол сдвига фаз.

Так как рассматривается двухфазный гибридный шаговый двигатель, то $\lambda = \pi/2$. Следовательно, взаимной индуктивностью между фазами можно пренебречь.

Исходя, из предыдущих выражений можно записать уравнения электрического баланса [2]:

$$\begin{cases} U = R \cdot I_1 + L \cdot \frac{dI_1}{dt} - \frac{d\theta}{dt} \cdot p \cdot \Psi_m \sin(p\theta) \\ U = R \cdot I_2 + L \cdot \frac{dI_2}{dt} + \frac{d\theta}{dt} \cdot p \cdot \Psi_m \cos(p\theta) \end{cases} \quad (6)$$

Электромагнитный момент, создаваемый обмотками фаз статора можно определить следующим выражением:

$$M_{эм} = -\Psi_m \cdot I_1 \cdot \sin(p\theta) + \Psi_m \cdot I_2 \cdot \cos(p\theta). \quad (7)$$

Для определения потокоцепления можно использовать уравнение движения ротора и паспортные данные на машину: момент удержания и номинальный ток обмоток. Примем то, что ротор находится в покое, а момент удержания – это максимальный момент, при ошибке равной шагу. Тогда:

$$\Psi_m = \frac{M_{ном}}{p I_{ном} \sqrt{2}}. \quad (8)$$

Уравнение моментов, действующих на ротор:

$$\frac{J_{\Sigma}}{p} \cdot \frac{d^2 \theta}{dt^2} + D \cdot \frac{d\theta}{dt} = M_{\text{эм}} - M_{\text{н}}, \quad (9)$$

где $J_{\Sigma} = J_r + J_{\text{н}}$ – суммарный момент инерции ротора двигателя и нагрузки, приведенный к валу ротора; D – коэффициент вязкого трения; $M_{\text{н}}$ – момент сопротивления нагрузки [3].

Тогда система уравнений математической модели шагового электропривода в динамическом режиме может быть записана в следующем виде:

$$\left\{ \begin{array}{l} U = R \cdot I_1 + L \cdot \frac{dI_1}{dt} - \frac{d\theta}{dt} \cdot p \cdot \Psi_m \sin(p\theta) \\ U = R \cdot I_2 + L \cdot \frac{dI_2}{dt} + \frac{d\theta}{dt} \cdot p \cdot \Psi_m \cos(p\theta) \\ \frac{J_{\Sigma}}{p} \cdot \frac{d^2 \theta}{dt^2} + D \cdot \frac{d\theta}{dt} = -\Psi_m \cdot I_1 \cdot \sin(p\theta) + \Psi_m \cdot I_2 \cdot \cos(p\theta) - M_{\text{н}} \\ \omega = \frac{d\theta}{dt} \end{array} \right., \quad (10)$$

Уравнения приведенной чуть выше системы являются нелинейными дифференциальными уравнениями, что создает трудности при аналитическом решении подобной системы. Следовательно, требуется их предварительная линеаризация или использование численных методов решения.

Если по обмоткам обеих фаз проходит постоянный ток I_0 , то положение равновесия здесь достигается при $\theta = \lambda/2$. Отклонение от положения равновесия обозначим δ . Оно является функцией времени t и в последующем анализе является малой величиной. Когда ротор поворачивается или колеблется, ток в обеих обмотках отклоняется от установившегося значения на i_1 и i_2 соответственно.

Предположим, что

$$\theta = \frac{\lambda}{2} + \delta, \quad \omega = \omega_0 + \varepsilon, \quad I_1 = I_0 + i_1, \quad I_2 = I_0 + i_2,$$

Тогда получим:

$$\left\{ \begin{array}{l} U = R \cdot I_0 + R \cdot i_1 + L \cdot \frac{di_1}{dt} - \frac{d\delta}{dt} \cdot p \cdot \Psi_m \sin\left(\frac{p\lambda}{2}\right) \\ U = R \cdot I_0 + R \cdot i_2 + L \cdot \frac{di_2}{dt} + \frac{d\delta}{dt} \cdot p \cdot \Psi_m \cos\left(\frac{p\lambda}{2}\right) \\ \frac{J_{\Sigma}}{p} \cdot \frac{d^2 \delta}{dt^2} + D \cdot \frac{d\delta}{dt} = -\Psi_m \cdot I_1 \cdot \left(\sin\left(\frac{p\lambda}{2}\right) + \cos\left(\frac{p\lambda}{2}\right) p\delta\right) - \\ - \Psi_m \cdot I_2 \cdot \left(p\delta \cdot \sin\left(\frac{p\lambda}{2}\right) + \cos\left(\frac{p\lambda}{2}\right)\right) - M_{\text{н}} \\ \varepsilon = \frac{d\delta}{dt} \end{array} \right. \quad (11)$$

Для удобства представим уравнения к виду, характерному для уравнений, описывающих систему в пространстве состояний. Введем переменные состояния: $x_1 = i_1$, $x_2 = i_2$, $x_3 = \varepsilon$ и $x_4 = \delta$. Система уравнений примет вид:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = -\frac{R}{L}x_1 + \frac{K_1}{U-R \cdot I_0}x_3 + \frac{U-R \cdot I_0}{L} \\ \dot{x}_2 = -\frac{R}{L}x_2 - \frac{K_1}{U-R \cdot I_0}x_3 + \frac{U-R \cdot I_0}{L} \\ \dot{x}_3 = -\frac{K_4 p}{J_\Sigma}x_1 + \frac{K_4 p}{J_\Sigma}x_2 - \frac{Dp}{J_\Sigma}x_3 - \frac{K_3 p}{J_\Sigma}x_4 \\ \dot{x}_4 = x_3 \end{cases}, \quad (12)$$

или в векторно-матричной форме:

$$\begin{cases} \dot{X} = AX + BU \\ Y = CX \end{cases}$$

где $X = [x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4]^T$ – вектор переменных состояния, $Y = [M_H \ 0 \ 0 \ 0]^T$ – вектор возмущающего воздействия, $U = [0 \ 0 \ U \ U]^T$ вектор входных сигналов [3].

Заключение. Была разработана математическая модель, которая учитывает электромагнитную и механическую части гибридного шагового двигателя, и проведена процедура предварительной линеаризации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники: Электрические цепи: Учебник для студентов электротехнических, энергетических и приборостроительных специальностей вузов.–7-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 2008. – 528 с.
2. Анкуда, М. А. Математическая модель гибридного шагового двигателя для привода 3D-принтера / М. А. Анкуда, С. Е. Жарский // Химическая технология и техника : тезисы докладов 82-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 1-14 февраля 2018 г. / Белорусский государственный технологический университет. – Минск : БГТУ, 2018. – С. 96.
3. Кенио, Т. «Шаговые двигатели и их микропроцессорные системы управления»/ Т. Кенио.–М.: Энергоатомиздат, 1987.–200с.
4. Филипс Ч. Системы управления с обратной связью / Ч. Филипс, Р. Харбор. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2001. – 616 с]

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА ШИН

Задачей стендовых испытаний (как и других видов испытаний) является прогнозирование надежности шин в реальных условиях эксплуатации. Если испытания не дают объективной информационной оценки фактического поведения шин, это приводит к неправильным выводам при решении вопросов конструкции и технологии производства.

Используемый на ОАО «Белшина», испытательный стенд предназначен для испытания серийно выпускаемых пневматических шин на выносливость при заданной скорости 10 – 250 км/ч, радиальной нагрузке 2 – 50 кН, давлении воздуха в шине 0,01 – 0,6 МПа, углах схода (развала) 20' – 30'. Он состоит из бегового барабана, каретки (для вставки шины), электрического гидроусилителя (управляемого гидростанцией) и автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора, связанного со стендом кабелем интерфейса связи RS 485.

При открытии ограждения 1 или 2 в каретку вручную загружается шина, закрывается ограждение, подается питание на привод (М1) (лампочка HL3 горит), при аварии привода загорается лампочка, при этом микроконтроллер снимает управляющее воздействие на привод и передает соответствующее сообщение на АРМ оператора. При нормальной работе привода сигнал с датчика скорости передается на вход контроллера, где происходит вычисление скорости вращения бегового барабана (также этот сигнал используется для вычисления пройденного пути). Полученное значение сравнивается с заданным и при необходимости микроконтроллер вычисляет новое управляющее воздействие на электропривод (М1).

Сигнал, поступающий от тензодатчика, выводится на дисплей АРМ оператора, микроконтроллер сравнивает нагрузку с заданной и при необходимости рассчитывает управляющее воздействие на гидростанцию (М2), управляя перемещением штока гидроцилиндра (ЭГУ) и связанной с ним кареткой с установленной испытуемой шиной, тем самым, прижимая последнюю к беговому барабану, и замыкая контур регулирования.

Концевой выключатель «Исходное положение» срабатывает, когда каретка находится на максимальном удалении от бегового барабана.

Положение концевого выключателя «Разрыв шины» вручную выставляет оператор в зависимости от диаметра и типа испытуемой шины. Сигнал от концевых выключателей поступает на вход микроконтроллера, где полученная информация обрабатывается и учитывается при работе привода (М2). Эти концевые выключатели служат для предохранения от повреждений механизмов стенда и самой шины при возникшей во время работы неисправности или если по каким-либо причинам микроконтроллер не успеет среагировать на разрушение шины.

Информация о давлении сжатого воздуха из полости шины формируется датчиком давления и выводится на дисплей АРМ оператора. При работе с управляемым давлением микроконтроллер сравнивает код давления с заданным значением и при необходимости по алгоритму управления давлением выдает управляющее воздействие на насос (М3), то есть формирует сигналы «Накачка» или «Сброс».

Для измерения и управления углом «развала» (20' – 30') сигнал от датчика угловых перемещений поступает на порт микроконтроллера. Полученный цифровой сигнал передается на АРМ оператора, где преобразуется в физическую величину и выводится на дисплей. Одновременно микроконтроллер сравнивает сигнал нагрузки с заданным АРМ оператора значением и при необходимости по алгоритму управления гидроприводом рассчитывает управляющее воздействие. ЭУГ управляет перемещением штока гидроцилиндра и связанной с ним ступицей с установленной испытуемой шиной, тем самым, поворачивая шину под нужным углом к беговому барабану, и замыкая контур регулирования. Аналогично происходит измерение и управление углом «Схода» (используется датчик угловых перемещений).

Измерение динамического радиуса происходит с помощью преобразователя угловых перемещений. Ступица, на которой находится диск с шиной, закреплена с измерительной линейкой. В измерительную линейку встроен датчик перемещения. При перемещении ступицы с шиной происходит вращение датчика. Сигнал от датчика поступает на вход микроконтроллера, где преобразуется и передается по запросу в АРМ оператора. По команде оператора происходит включение тормоза.

Канал измерения температуры окружающего воздуха. В качестве датчиков используются полупроводниковые преобразователи температуры установленные в защитных кожухах на расстоянии 0.3 м от ступицы. Диапазон измерения температуры от -5°C до $+50^{\circ}\text{C}$. Микроконтроллер периодически опрашивает полупроводниковый датчик температуры. Считываемое значение передается по ПЛС в АРМ оператора и записывается в протокол испытаний с заданной в программе испытаний периодичностью опросов.

Каналы измерения температуры воздуха внутри шины предназначен для измерения температуры внутри полости шины во время испытаний. Диапазон измерения температуры от -5°C до $+125^{\circ}\text{C}$. Микроконтроллер периодически опрашивает полупроводниковый датчик температуры. Считываемое значение передаётся на АРМ оператора и записывается в протокол испытаний с заданной периодичностью опросов.

Канал изменения продольной силы предназначен для измерения продольной силы и последующего расчета коэффициента сопротивления качению шины. Измерение продольной силы осуществляется при помощи тензодатчиков, установленных в специальных углублениях каретки. При изменении значения продольной силы, действующей на тензодатчики, изменяется значение электрического сигнала на выходе датчиков. Далее сигнал попадает на вход микроконтроллера, где обрабатывается и выводится на дисплей АРМ оператора.

Таким образом, информационное обеспечение испытательного стенда шин включает следующие контуры измерения и контроля: скоростью вращения бегового барабана; пройденного шиной пути; радиальной нагрузкой приложенной к шине; динамического радиуса; давления воздуха в шине; температуры окружающего воздуха; температуры воздуха в шине; угла схода; угла развала; продольной силы приложенной к шине. Также предусмотрены системы аварийной сигнализации: открытого ограждения; питания привода; авария привода; исходного положения; разрыва шины. Кроме того, предусмотрены контуры автоматического регулирования: скоростью вращения бегового барабана; радиальной нагрузкой приложенной к шине; давления воздуха в шине; углом «схода и углом «развала».

Информационное обеспечение испытательного стенда шин дает взвешенную и объективную информационную оценку поведения шин, приближенную к реальным дорожным условиям, тем самым являясь полезным инструментом для прогнозирования показателей надежности шин в реальных условиях эксплуатации.

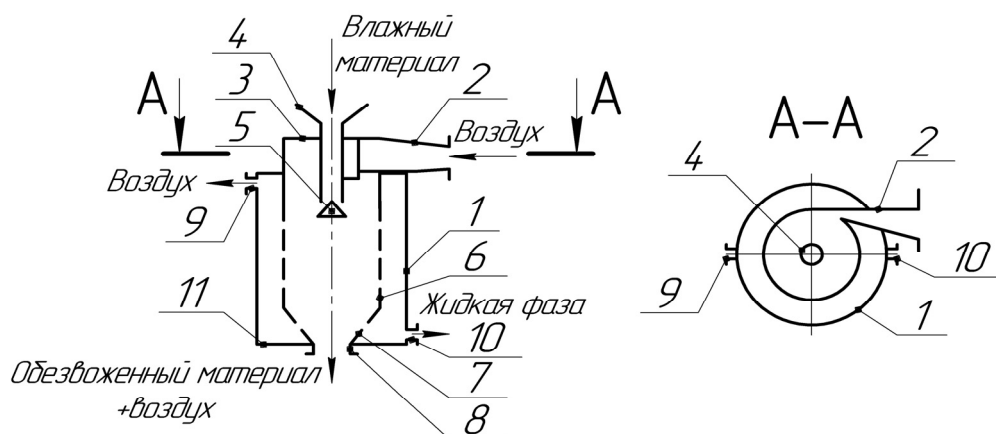
ГАЗОЦЕНТРОБЕЖНОЕ ОБЕЗВОЖИВАНИЕ ЗЕРНИСТОГО МАТЕРИАЛА

Сушка является широко распространённым процессом в химической, пищевой и других родственных отраслях промышленности. Во многих случаях она является конечной стадией производства различных веществ. Так как этот процесс является весьма энергоемким, то влагу из материала в начале процесса стремятся удалить другими, более дешевыми способами, например в сгустителях, фильтрах, центрифугах, и только потом оставшуюся влагу удаляют сушкой. Однако и в этом случае требуется большое количество тепла, которое будет расходоваться на испарение влаги, а также на ненужный нагрев всего материала.

Физико-механически связанную влагу, которая свободно удерживается на поверхности твердых частиц влажного материала за счет адгезии, некоторые исследователи предлагают удалять с поверхности частиц, за счет срыва газовым потоком [1,2]. Чтобы осуществить срыв капель влаги с поверхности частиц газовым потоком, необходимо создать достаточно высокую разность скоростей между газом и частицами, что практически осуществить весьма сложно.

Учитывая вышеизложенное, нами исследовалась возможность удаления влаги с поверхности крупнодисперсных частиц (кристаллы солей) более простыми способами. Для этого была предложена идея аэродинамического воздействия на частицы вихревым воздушным потоком с целью придания частицам вращательного движения с высокой угловой скоростью. В этом случае поверхностная влага будет срываться с поверхности частиц. Проблему отделения сорвавшихся с поверхности частицы капель от газового потока предлагается решать с использованием газоцентробежных разделителей суспензий.

Для того что бы частица, попавшая в газовый поток, приобрела вращательное движение, необходимо, что бы она получила импульс в виде пары сил. Такой импульс, чаще всего может возникнуть из-за несимметричного воздействия на частицу газового потока или касательного удара. Кроме того, вращение может быть обусловлено несовпадением центра тяжести частицы с центром приложения силы и аэродинамического сопротивления, что существенно для частиц неправильной формы. Приведенные факторы, заставляющие частицы вращаться, при движении в газовом потоке, могут действовать в любой комбинации и заставлять вращаться частицы в любом направлении.



1 – корпус; 2 – тангенциальная улитка; 3 – крышки; 4 – патрубок;
 5 – конический отбойник; 6 – перфорированный рабочий элемент;
 7 – коническая часть рабочего элемента; 8 – разгрузочный патрубок;
 9 – патрубок удаления воздуха; 10 – патрубок удаления влаги; 11 – днище
Рис. 1 – Газоцентрибежный влагоотделитель

Для осуществления нового способа газоцентрибежного вихревого обезвоживания был разработан влагоотделитель который представлен на рис.1. В разработанном аппарате удаление поверхностной влаги с поверхности частиц осуществляется следующим образом. Воздух через улитку подается тангенциально в перфорированный рабочий элемент 6 и приобретает вихревое движение. Влажный материал подаваемый через патрубок 4, ударяется о конический отбойник 5 и разлетаясь в стороны попадает в вихревой газовый поток. Здесь материал диспергирует на отдельные частицы, которые вовлекаются газовым потоком в вихревое движение. За счет центробежных сил, возникающих при вихревом движении, частицы будут отбрасываться к стенке. При движении к стенке на частицу будет воздействовать высокоградиентный газовый поток. Большое различие скоростей газа по обе стороны частицы заставляет её вращаться. Достигнув стенки частицы имеют довольно высокую скорость и ударяются о неё под углом, за счет чего получают дополнительный импульс для вращения. Скорость вращения может достичь несколько десятков тысяч оборотов в минуту. При таких скоростях влага находящаяся на поверхности частиц и макропорах преодолевая силы поверхностного натяжения будет срываться с поверхности частиц в виде мельчайших капель и уноситься газовым потоком. При движении в вихревом газовом потоке частицы постоянно соударяются между собой. Соударение влажных частиц между собой, а также удары о стенку способствуют срыву влаги с поверхности. Обдув частиц высокоскоростным потоком, особенно при ударном торможении, также способствует удалению влаги с поверхности частиц.

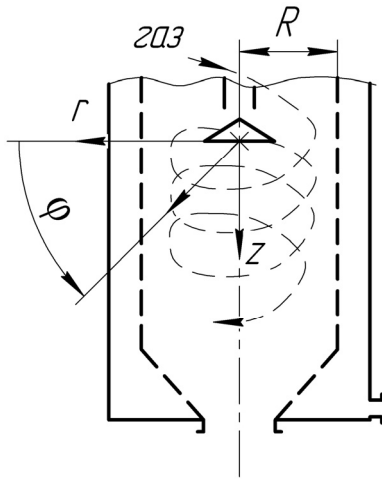


Рисунок 2 – Схема движения газа в перфорированном элементе

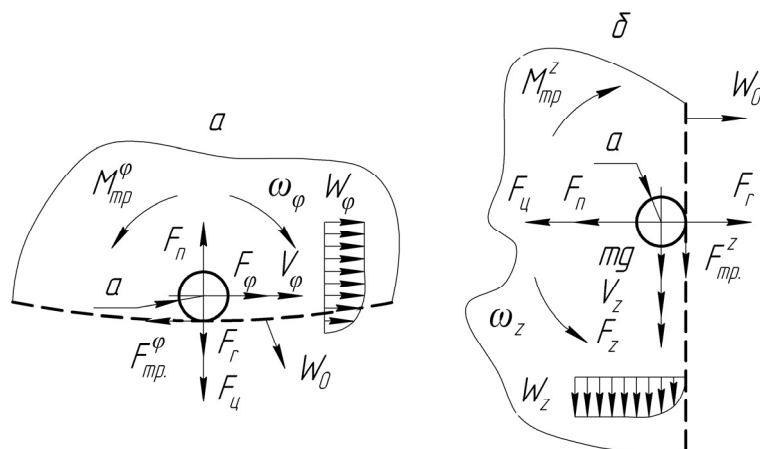
Следует отметить, что частицы достигнув стенки, не перемещаются по ней, а движется вдоль стенки скачками [4]. и таким образом пока они опускаются в низ совершают множество ударов о стенку. Достигнув нижней части конуса 6 обезвоженные частицы через патрубок 7 выводятся из аппарата. При вихревом движении газового потока у стенки создается зона повышенного давления. Поэтому воздух вместе с каплями жидкости достигнув перфорированного корпуса проходят через отверстия, и далее в осадительной камере влага отделяется от газового потока и через патрубок 10 выводится из аппарата, а воздух поднимается вверх и выходит через патрубок 9.

Рассмотрим движение твердых частиц в закрученном потоке газа. Принимаем, что частицы имеют сферическую форму радиуса a , плотность ρ_a , и массу m , объем V момент инерции I . Скорость частицы обозначим через v , а скорость газового потока через w . Гидродинамика установившегося движения закрученного газового потока внутри цилиндра радиуса R описывается уравнениями Навье-Стокса и неразрывности в цилиндрической системе координат r, ϕ, z . Схема движения газа и расположение системы координат представлены на рисунке 2. Для осесимметричных закрученных потоков внутри цилиндра радиальная составляющая скорости w_r незначительна, и, как правило, в расчетах не учитывается, а профиль осевой составляющей скорости считаем постоянным по длине цилиндра

Напишем в цилиндрической системе координат уравнения движения твердой частицы под воздействием закрученного газового потока [3].

$$\left\{ \begin{array}{l} m \left(\frac{dv_r}{dt} - \frac{v_\phi^2}{r} \right) = F_r - F_n, \\ m \left(\frac{dv_\phi}{dt} + 2 \frac{v_\phi v_r}{r} \right) = F_\phi - F_{TP}^\phi, \\ m \frac{dv_z}{dt} = mg + F_z + F_{TP}^z - F_A, \\ I \frac{\partial \omega_\phi}{\partial t} = M_{TP}^\phi, \quad I \frac{\partial \omega_z}{\partial t} = M_{TP}^z. \end{array} \right.$$

Входящие в систему уравнений силы, изображены на рис. 3 и описаны в работе [4].



a – касательные составляющие;
 b – нормальные и осевые составляющие действующих сил
Рисунок 3 – Схема действующих сил на частицу

Расчет движения частиц по указанной математической модели позволяет рассчитать их траектории, характер движения и оценить эффективность процесса обезвоживания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Филиппов В.А. Технология сушки и термоаэроклассификация углей. – М.: Недра, 1987 г., 287с.
2. Кваша В.Б., Чижов В.В., Айнштейн В.Г. Срыв влаги с поверхности частиц в инжекторном слое // Инженерно-физический журнал. – 1976, – т. XXX, № 3.
3. Кутепов А. М., Латкин А. С. Вихревые процессы для модификации дисперсных систем. – М.: Наука, 1992. – 250 с.
4. Волк, А. М., Терешко Е. В. Анализ сил, действующих на твердую частицу в сплошном потоке// Труды БГТУ. – 2015. – № 6: Физ.-мат. науки и информатика. – С. 10–14.

Д.И. Мисюля, ст. науч. сотрудник,
канд. техн. наук, доцент;

dzmitry.misiulia@belstu.by;

В.В. Кузьмин, доцент, канд. техн. наук;

Д.Ю. Мытько, магистрант
(БГТУ, г. Минск)

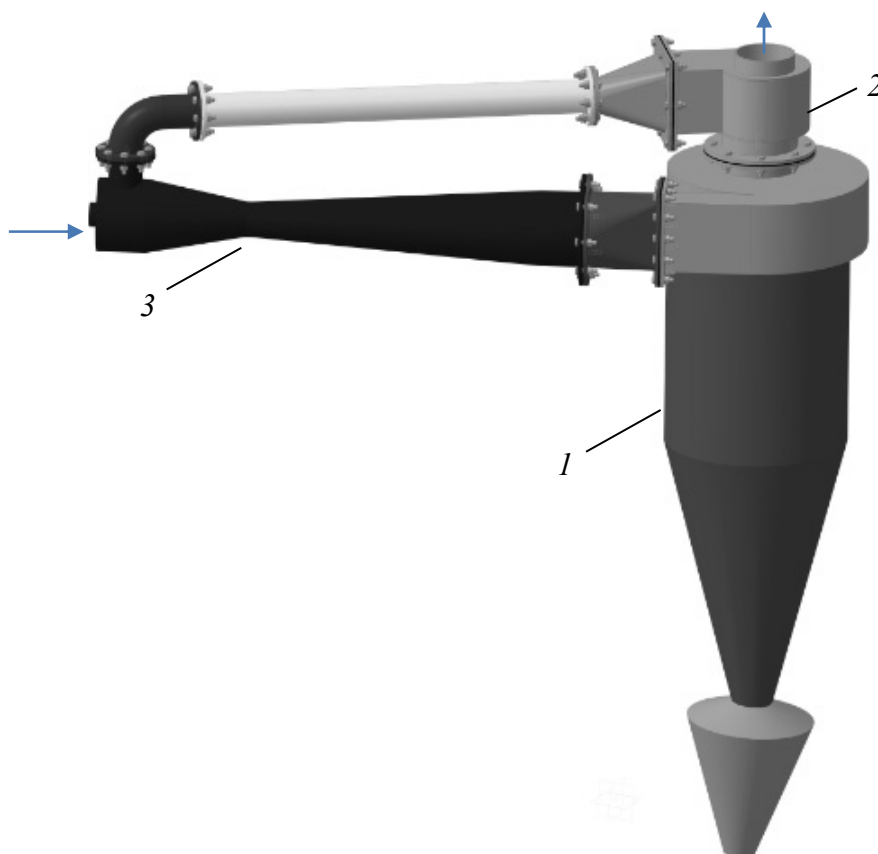
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ГАЗОВ В ЦИКЛОНАХ С ПОМОЩЬЮ ЧАСТИЧНОЙ РЕЦИРКУЛЯЦИИ ПОТОКА

Как известно [1, 2], применение частичной рециркуляции потока в циклонах повышает эффективность улавливания дисперсных частиц.

На основании глубокого анализа существующих циклонов с рециркуляцией потока, распределения скоростей и давлений в нем, а также траекторий движения дисперсных частиц разработана новая конструкция циклона с рециркуляционным контуром, представленная на рисунке.

Разработанный циклон с рециркуляционным контуром состоит из высокоэффективного циклона 1, к выхлопной трубе которого присоединена улитка 2 с коаксиально расположенной выхлопной трубой меньшего диаметра. Улиточный выход соединяется с трубой Вентури 3 с помощью рециркуляционной трубы с переходниками.

Принцип работы разработанного циклона следующий. Запыленный газовый поток подается в центральное отверстие трубы Вентури 3 и далее во входной патрубок циклона 1. В циклоне твердые частицы под действием центробежных движутся к стенкам циклона и далее поступает в нижерасположенный бункер. Однако весьма мелкие твердые частицы следуют за потоком воздуха и поступают в выхлопную трубу циклона, где они движутся в основном в пристеночной области. Далее часть уже очищенного газового потока в выхлопной трубе с наибольшим содержанием неуловленных мелких частиц поступает в кольцевой зазор между выхлопной трубой циклона и выхлопной трубой улитки, откуда он направляется по рециркуляционной трубе обратно в трубу Вентури и далее на повторное улавливание. Для увеличения интенсивности циркуляции служит труба Вентури. Подача мелкой неуловленной фракции частиц обратно в циклон повышает концентрацию частиц в циклоне, их вероятность столкновения и образования агломератов. В результате более высокая эффективность сепарации будет достигнута. Очищенный вихревой газовый поток выходит через выхлопную трубу улитки 2, в которой может быть установлен лопастной раскручиватель [3], позволяющий снизить потери давления в выхлопной трубе.



1 – высокоэффективный циклон; 2 – улитка с коаксиальной
выхлопной трубой; 3 – труба Вентури

**Рисунок – Разработанная конструкция прямоточного циклонного
пылеуловителя для очистки газов, выходящих из стекловаренной печи**

Разработанный для очистки газов циклон с рециркуляционным контуром обеспечит высокоэффективное улавливание не только крупных частиц, но также и мелких, что позволит в некоторых случаях отказаться от второй ступени очистки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Paiva, J. Impact of particle agglomeration in cyclones / J. Paiva, R. Salcedo, P. Araujo // Chemical Engineering Journal. – 2010. – Vol. 162 (3). – С. 861–876.
2. Alves, A. Cyclone optimization including particle clustering / A. Alves, J. Paiva, R. Salcedo // Powder Technology. – 2015. – Vol. 272. – С. 14–22.
3. Misiulia, D. Geometry optimization of a deswirler for cyclone separator in terms of pressure drop using CFD and artificial neural network / D. Misiulia, K. Elsayed, A.G. Andersson // Separation and Purification Technology. – 2017. – Vol. 185. – P. 10–23.
4. Misiulia, D. Effects of deswirler position and its centre body shape as well as vortex finder extension downstream on cyclone performance / D. Misiulia, S. Antonyuk, A.G. Andersson, T.S. Lundström // Powder technology. – 2018. – Vol. 336. – P. 45–56.

**КОМПЛЕКСНАЯ ОЧИСТКА ГАЗА
В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПРОЦЕССАХ**

В технологических процессах и агрегатах, где обработка материалов проводится открытым пламенем, температура в зоне горения достигает полторы тысячи градусов. Это, например, сжигание топлива в котельных установках, производство стекла в ваннных печах и керамических изделий в туннельных. Из-за наличия в топливе таких компонентов, как сера и окисления азота, содержащегося в воздухе, с выхлопными газами в атмосферу выбрасывается значительное количество оксидов серы и азота. Первые, превращаясь в кислоту, выпадают в виде кислотных дождей. Вторые создают аналогичный эффект и в дополнении к этому являются катализаторами в процессе разложения озона.

Существуют методы отдельной очистки газов от оксидов серы (десульфуризация) и оксидов азота (денитрификация).

Методы десульфуризации разделяются на газофазные (сухие), смешанные (полусухие) и жидкофазные (мокрые). Первые из них — это чисто адсорбционные, а остальные — абсорбционные. Причем каждый процесс может быть регенерационным и нерегенерационным, каталитическим и некаталитическим. Но в общем случае подтверждение имеет тот факт, что степень очистки сухих способов не превышает 35%, полусухих составляет 35–75%, а мокрых превышает 75%.

Процессы денитрификации также можно разделить на сухие и мокрые. Особенностью первых является то, что они предназначены для избирательной очистки только от NO_x с образованием молекулярного азота. К основным методам этой группы относится селективное каталитическое восстановление аммиаком. Мокрые, которые можно назвать абсорбционно-окислительными, используются для одновременной очистки дымовых газов от SO_2 и NO_x . На выходе получается конечный продукт, пригодный для дальнейшего использования.

Большинство способов, предназначенных для совместной очистки выхлопных газов от оксидов серы и азота, основано на совмещении известных технологий поэтапной очистки от каждого из них в отдельности.

Одним из способов комбинированной очистки от SO_2 и NO_x является абсорбционный (мокрый), основанный на использовании в каче-

стве абсорбента карбоната натрия. Причем для улучшения абсорбции монооксида азота в водный раствор абсорбента вводят хелатный комплекс двухвалентного железа. В результате на выходе получается сульфат натрия и выделяется молекулярный азот. Стадия регенерации абсорбент проводится при его кипении.

Недостаток этого метода заключается в том, что даже при небольших отклонениях от технологического регламента могут протекать побочные реакции с образованием нежелательных продуктов.

Интересным методом, позволяющим удалять из газов оксиды азота и серы при их совместном присутствии, является СОЖ (совместная очистка жидкофазная). Процесс осуществляется в среде водного раствора аммиачных солей ортофосфорной кислоты в присутствии гомогенного катализатора ИК-27. На выходе получается элементарная сера и аммофоска. Процесс сам по себе сложен, слабо изучен, требует значительного количества разнообразного технологического оборудования.

К мокрым способам очистки можно отнести и известняковый. Очистка от SO_2 здесь осуществляется суспензией $Ca(OH)_2$ с рециклом последней, а от NO_x и SO_2 – раствором карбамида с его рециклом и возвратом аммиака на стадию очистки. Отработанные абсорбционные растворы могут быть утилизированы с получением сульфата аммония или гипса. Последнее в совокупности со сложностью технологической схемы, включающей несколько абсорберов и реакторов, и представляется основным недостатком рассмотренного процесса.

В этой связи предпочтительным выглядит чисто карбамидный метод очистки. Этот процесс не требует предварительной подготовки газов. На выходе образуется N_2 , CO_2 , H_2O и сульфат аммония $(NH_4)_2SO_4$. Причем степень очистки газов от оксидов азота превышает 95%, а оксидов серы достигает 100%. Для реализации этого используются простые по конструкции распылительные абсорберы. Карбамидный раствор может циркулировать по замкнутому контуру без снижения степени очистки до концентрации 350 г/л. Такой насыщенный раствор предполагается использовать в качестве жидких удобрений, минуя сложные стадии сушки и гранулирования.

Технический и технико-экономический анализ рассмотренных методов очистки дымовых газов от оксидов серы и азота показал, что наиболее предпочтительным из них является карбамидный. Именно ориентируясь на его использование планируется развернуть научные изыскания по оптимизации аппаратного оформления и компоновке технологической схемы в целом.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ ПРИВОДА
ВИБРОВАЛКОВОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ**

Введение. Современная отечественная и мировая промышленность не стоит на месте, она ежегодно стремится перейти на более высокие уровни технологичности и производительности.

На сегодняшний день среди всего многообразия известных различных способов переработки, как материалов химического комплекса, так и строительных материалов в дисперсное состояние наиболее распространенным и простым остается механическое измельчение. Процессы дробления, измельчения и помола исходного сырья и полуфабрикатов являются одними из самых энергоёмких. Согласно известным данным [1, 2] на них расходуется до 100 кВтч/т. При этом на расход электроэнергии значительно влияет увеличением дисперсности полученного продукта.

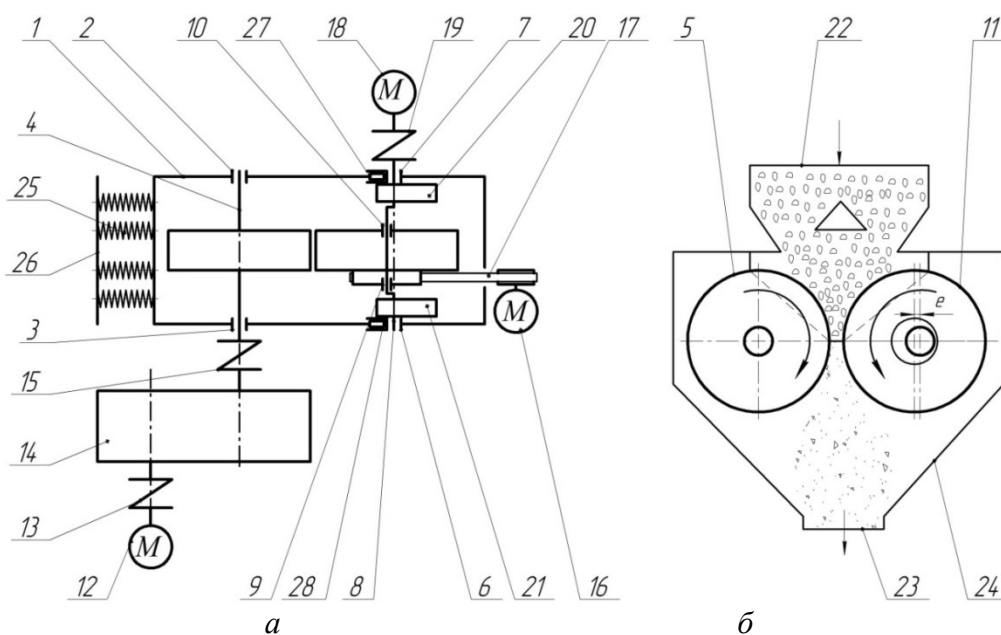
Сокращение расходов на процессы измельчения напрямую влияют себестоимость продукции, а это один из ключевых показателей конкурентоспособности продукции.

Согласно многочисленным и всесторонним исследованиям процесса измельчения материалов и изменения их физико-химических свойств показали, что с ростом тонкости помола измельчение затрудняется, затраты энергии увеличиваются, а при определенных граничных условия для определенных материалов дальнейшее измельчение становится невозможным [3, 4].

Основная часть. Одной из важнейших характеристик, как вибровалкового измельчителя, так и любых машин, является энергия, затрачиваемая на процесс дезинтеграции материалов. Расход энергии идет не только на дезинтеграцию материала в виде образования новых поверхностей, но и на пластические и упругие деформации материала, образование дефектов, внешнее трение и тд.

Вибровалковый измельчитель (рисунок 1) состоит из рамы 1, на которой в соответствующих опорах 2, 3 посредством цапф вала 4 смонтирован ведущий валок 5, а в опорах 6, 7 установлен эксцентриковый вал 8, опирающийся на опоры 9, 10 эксцентрикового валка 11. Привод ведущего валка 5 осуществляется от электродвигателя 12 через муфту 13, редуктор 14 и муфту 15, а ведомого валка – от электродвигателя 16 через ременную передачу 17. Вибрационное воздействие

подается на эксцентриковый вал 8 при помощи электродвигателя 18 через муфту 19. На эксцентриковом вале 8 установлены дебалансы 20 и 21 для уравнивания системы. Для загрузки и выгрузки материала предусмотрены устройства, выполненные в виде люков 22, 23 в бункере 24. Эксцентриковый вал 8 устанавливается в опорах 6, 7 имеет эксцентриситетом e относительно центральной оси эксцентрикового вала 11.



a – вид сверху, b – вид сбоку
Рисунок 1 – Схема вибровалкового измельчителя

Мощность привода вибровалкового измельчителя, затрачиваемую на дезинтеграцию материалов можно определить согласно выражению [5]:

$$N_{\text{вви}} = \frac{N_{\text{изм1}} + N_{\text{изм2}} + N_{\text{виб}} + N_{\text{тр}}}{\eta}, \quad (1)$$

где $N_{\text{изм1}}$ – мощность, затрачиваемая на создание раздавливающе-сдвиговых деформаций материалов ведущим валком, Вт; $N_{\text{изм2}}$ – мощность, затрачиваемая на создание раздавливающе-сдвиговых деформаций эксцентриковым валком, Вт; $N_{\text{виб}}$ – мощность, затрачиваемая на привод эксцентрикового вала с дебалансами, Вт; $N_{\text{тр}}$ – мощность, необходимая на преодоление сил трения в подшипниковых узлах валков, Вт.

Мощность, затрачиваемая на создание раздавливающе-сдвигового воздействия на ведущем валке, $N_{\text{изм1}}$ зависит от крутящего момента $M_{\text{кр1}}$, и определяется согласно выражению:

$$N_{изм1} = M_{кр1} \omega_{вв} = P_p \sin \alpha_H R \omega_{вв}, \quad (1)$$

где P_p – раздавливающе-сдвиговое усилие, МПа; α_H – нейтральный угол, рад; R – радиус вала, м; $\omega_{вв}$ – угловая скорость ведущего вала, об/мин.

Аналогичным образом рассчитывается мощность на эксцентриковом валке $N_{изм2}$:

$$N_{изм2} = M_{кр2} \omega_{эв} = P_p \sin \alpha_H R_{e2} \omega_{эв}. \quad (2)$$

где R_{e2} – значения радиуса эксцентрикового вала при максимальном усилии, в положении соответствующем минимальному зазору b_{min} , м; $\omega_{эв}$ – угловая скорость эксцентрикового вала, об/мин.

Мощность, затрачиваемая на привод эксцентрикового вала с дебалансами, $N_{виб}$:

$$N_{вви} = N_{кол} + N_{раз} + N_{тр\ эв}, \quad (3)$$

где $N_{кол}$ – мощность, необходимая для сообщения измельчаемому материалу вибраций, Вт; $N_{раз}$ – мощность, необходимая для разгона эксцентрикового вала с дебалансами, Вт; $N_{тр\ эв}$ – мощность, необходимая на преодоление сил трения в опорах, Вт.

Мощность на сообщения измельчаемому материалу вибраций определяется по формуле:

$$N_{кол} = \frac{e^2 \omega_{кол\ эв}^2}{2} k_p, \quad (4)$$

где e – величина эксцентриситета, м; $\omega_{кол\ эв}$ – угловая скорость колебательного движения эксцентрикового вала, об/мин; k_p – коэффициент плотности материала.

Мощность, необходимую для разгона эксцентрикового вала с дебалансами:

$$N_{раз} = \frac{J \omega_{кол\ эв}^2}{75t} = \frac{me \omega_{кол\ эв}^2}{75t}, \quad (5)$$

где J – момент инерции, м⁴; t – время разгона эксцентрикового вала с дебалансами, $t = 2$ с;

Мощность, необходимую на преодоление трения в цапфах $N_{тр\ эв}$:

$$N_{тр\ эв} = f_{п\ эв} F_{виб} r_{п} \omega_{кол\ эв}, \quad (6)$$

где $f_{п\ эв}$ – коэффициент трения качения подшипников; $F_{виб}$ – вибрационное усилие, Н; $r_{п}$ – радиус цапфы вала, м;

Мощность, необходимая на преодоление сил трения в подшипниковых узлах валков $N_{тр}$, зависит от момента трения $M_{тр}$ в опорах валков:

$$N_{\text{тр}} = N_{\text{тр}1} + N_{\text{тр}2} = f_{\text{п}} r_{\text{п}1} \omega_{\text{вв}} \sqrt{P_{\text{р}}^2 + G_{\text{вв}}^2} + f_{\text{п}} r_{\text{п}2} \omega_{\text{эв}} \sqrt{P_{\text{р}}^2 + G_{\text{эв}}^2}, \quad (7)$$

где $P_{\text{рез}1}$ и $P_{\text{рез}2}$ – результирующая сила от максимального усилия $P_{\text{р}}$ и силы тяжести валков $G_{\text{вв}}$ и $G_{\text{эв}}$, Н; $f_{\text{п}}$ – коэффициент трения качения подшипников; $r_{\text{п}1}$ и $r_{\text{п}2}$ – радиусы цапф валов, м.

Вывод. Таким образом, использование предлагаемой конструкции вибровалкового измельчителя позволяет разрушать материал, как с изотропной, так и с анизотропной структурой со значительной экономией электроэнергии. Представленные выражения показывают целесообразность использования вибровалкового измельчителя с разными угловыми скоростями валков и различной частотой колебаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богданов В.С., Шарапов Р.Р., Фадин Ю.М. Оптимизация процесса помола в производстве цемента / Междунар. конгресс производителей цемента сб. докл. БГТУ им. В.Г. Шухова (Белгород 9-12 октября 2008г): Изд-во Европейский технич. ин-т, 2008. – С. 20–39.
2. Пироцкий В.З. Технологическая оптимизация процесса измельчения и свойств цементов / -М.: НИИЦемент. 1989. – Вып. 36. –С. 85-91.
3. Сиденко, П.М. Измельчение в химической промышленности / П.М. Сиденко. – М.: Химия. – 1977. – 368 с.
4. Селективное разрушение минералов / В.И. Ревнивцев [и др.]; под. Ред. В.И. Ревнищева. – М.: Недра, 1988. – 287с.
5. Романович А.А., Мещеряков С.А. Определение потребляемой мощности привода пресс-валкового измельчителя // Инновационные материалы, технологии и оборудование для строительства современных транспортных сооружений: сб. докладов Междунар. Науч. -практ. Конф. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2013, – Т. II. –С. 185–189.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ
СТАЦИОНАРНОГО ПОТЕНЦИАЛА ПОДЗЕМНЫХ
СООРУЖЕНИЙ ОТ ВЛАЖНОСТИ ГРУНТОВ**

Подземные трубопроводы, в соответствии с нормативными документами, для защиты от электрохимической коррозии имеют изоляционное покрытие и катодную защиту.

Общепризнанным в мировой практике критерием защиты является минимальный защитный потенциал, который принимают равным $U_{\text{защ. min}} = -0,85$ В (по медносульфатному электроду сравнения). Этот критерий ввел в практику электрохимической защиты подземных стальных трубопроводов Роберт Кюн еще в 1928 г. Однако опыт эксплуатации показал, что несмотря на катодную защиту, подземные трубопроводы в местах дефектов изоляционного покрытия имеют коррозионные повреждения. Выяснение причин коррозии катодно защищенных подземных трубопроводов и поиск оптимальных критериев защиты имеют важное значение для обеспечения надёжной и безотказной работы трубопроводов [1].

Почва представляет собой многофакторную коррозионную среду, и необходимо планомерное изучение влияния каждого из внешних факторов на величину защитного потенциала. Это поможет разработать систему общей оценки коррозионной опасности почвы в месте прохождения подземного трубопровода и подобрать оптимальные критерии его защищённости.

В настоящее время многие исследователи занимаются поиском оптимальных критериев защиты подземных металлических сооружений. Необходимость повышения энергоэффективности промышленности заставляет крупнейшие трубопроводные компании изучать данный вопрос.

Например организацией ОАО «АК «Транснефть» был принят стандарт РД-91.020.00-КТН-149-06 «Нормы проектирования электрохимической защиты магистральных трубопроводов и сооружений НПС» где в качестве критерия защищённости для грунтов с УЭС более 300 Ом·м принята величина $U_m = -0,75$ В.

В ОАО «Газпром» после проведения лабораторных исследований в высокоомных грунтах был принят нормативный документ Р Газпром 9.2-005-2009 «Критерии защищённости от коррозии для участков

газопроводов, проложенных в высокоомных (скальных, песчаных, многолетнемерзлых) грунтах», где рекомендованы новые значения защитного поляризационного потенциала. [2].

Постановка цели и задач эксперимента. Исследование изменения стационарного потенциала при сезонных колебаниях влажности во время эксплуатации трубопровода имеет важное значение для определения минимального защитного потенциала.

В данном эксперименте была использована модель, так как проводить измерения на действующих трубопроводах невозможно, ввиду их постоянной поляризации токами катодной защиты. Также на действующих трубопроводах сложно повлиять на влажность, которая является переменным внешним фактором [3].

Настоящая работа направлена на определение зависимости изменения стационарного потенциала от влажности почвы.

Достижение поставленной цели эксперимента осуществлялось выполнением следующих задач:

- изучение методики определения стационарного потенциала и составление плана проведения эксперимента;
- подготовка установки и образцов для проведения эксперимента;
- непосредственное измерение стационарного потенциала образца в грунтах различной влажности
- обработка экспериментальных данных.

Подготовка образцов и экспериментальной установки

Объектом исследования являются стальные пластины, изолированные лентой ПВХ с трёх сторон. Лицевая сторона зачищена до металлического блеска.

Для достоверности полученных результатов достаточным является проведение однофакторного эксперимента по [3] в стандартных естественных грунтовых условиях без необходимости параллельных образцов.

Описание установки. Лабораторная установка для определения стационарного потенциала металла состоит из керамической емкости с почвой, в которой установлен образец – электрод в виде стальной пластины и медно-сульфатный электрод сравнения (МСЭ).

Для измерения стационарного потенциала металла используется мультиметр цифровой.

Общий анализ полученной информации.

- Экстремум функциональной зависимости

Для каждой почвы, в зависимости от ее влагоемкости и засоленности выявлен стационарный потенциал, отвечающий определенному содержанию влаги. При этом график данной зависимости имеет

экстремум. Максимальное значение стационарного потенциала зафиксировано при влажности близкой к пределу водопоглощаемости почвы.

Многочисленные исследователи отмечают, что максимальная коррозионная активность почв находится вблизи максимума их водопоглощаемости [4].

Тот факт, что и зависимость скорости коррозии от влажности и зависимость стационарного потенциала от влажности имеет экстремум, близкий к пределу водопоглощаемости, подтверждает связь скорости коррозии со стационарным потенциалом подземного металлического сооружения.

– Величина $\Delta\varphi_{\text{ст}}$

Разница между максимальным и минимальным зафиксированным значением стационарного потенциала составила более 0,2 В, что позволяет сделать вывод, что и минимальный защитный потенциал может изменяться в установленных пределах.

– Анализ кривых поляризации

Анализируя полученные в результате экспериментов графики поляризации стальных образцов в почве, можно заметить следующее:

В начальный период времени кривая потенциал – время в эксперименте с образцом №2 изменялась более резко чем в эксперименте с образцом №1.

Причиной данного различия является повышенная концентрация Cl^- и SO_4^{2-} в солончаковых грунтах, данные ионы легко диффундируют через оксидную плёнку, что приводит к её разрушению.

В тех случаях, когда концентрация этих ионов невелика, происходит постепенное понижение величины потенциала. При достаточно большом содержании Cl^- и SO_4^{2-} в почве разблагораживание потенциала происходит значительно быстрее [4].

– Максимальные значения

Для песчаного грунта в эксперименте № 1 максимальный стационарный потенциал составил -0,679 В, что соответствует минимальному фактическому защитному потенциалу -0,779 В. Таким образом для подземного сооружения в грунте этого типа, с представленным химическим составом, даже при сезонном колебании значения влажности, величины защитного потенциала равного -0,78 В будет достаточно для надёжной катодной защиты от коррозии.

Для грунта в эксперименте № 2 максимальный стационарный потенциал составил -0,746 В, что соответствует минимальному фактическому защитному потенциалу -0,846 В. Данное значение на 0,063 В больше чем для первого типа грунта и практически соответствует установленному НТД минимальному пределу в -0,85 В [5].

Заключение. В результате проделанной работы было изучено влияние влажности на величину стационарного потенциала.

– Было установлено, что при изменении влажности почвы стационарный потенциал может изменяться в широких пределах (0,2 В).

– Анализ полученных данных показал, что максимальное значение стационарного потенциала находится при влажности близкой к пределу водопоглощаемости почвы.

– Рассмотрев максимальные значения стационарного потенциала можно сделать вывод, что для определённых типов грунтов величина минимального защитного потенциала может быть уменьшена.

Для электрохимической защиты подземных сооружений изучение кривых катодной поляризации стали в почвах представляет большой интерес, так как они дают количественные данные о том потенциале, до которого нужно поляризовать трубу для получения требуемой защиты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Об оценке технического состояния подводных переходов магистральных трубопроводов. Вегера А.И., Липский В.К., Кульбей А.Г., Васильев Г.Г. // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В: Промышленность. Прикладные науки. 2006. № 3. С. 137–142.

2. Концепция повышения энергоэффективности: новый подход к проектированию электрохимической защиты подземных трубопроводов в районах дальнего востока. А.Р. Бакиров, А.Е. Кутырев // Горный информационно-аналитический бюллетень. Отдельный выпуск № 4. Электрификация и энергоэффективность. М.: Изд-во МГГУ. 2011. – № 4 С. 62–71.

3. ГОСТ Р 50.1.040-2002 Статистические методы. Планирование экспериментов. Термины и определения. – М.: Госстандарт России, 2002. – 36 с.

4. В.В. Притула., Подземная коррозия трубопроводов и резервуаров. М.: Акела, 2003, 225 с.

5. ГОСТ Р 51164-98. Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии. -М. ВНИИгаз, 1999. –52 с.

ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ ПОЛИДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ДИНАМИЧЕСКИХ КЛАССИФИКАТОРАХ

Ежегодно во многих отраслях промышленности Республики Беларусь, в том числе и в химической, механической переработке подвергаются миллионы тонн сыпучих материалов. После их измельчения, как основной стадии переработки, в конечном продукте содержатся частицы, не всегда удовлетворяющие требованиям эффективного протекания последующих технологических процессов. Измельчение же частиц сверх требуемой степени приводит к резкому возрастанию затрат энергии. Поэтому практически во всех технологических линиях по производству полидисперсных материалов, прежде всего в системах измельчения, устанавливают специальные аппараты (классификаторы), назначение которых состоит в разделении исходного материала в простейшем случае на две фракции с преимущественным содержанием мелких и крупных частиц.

На кафедре МиАХиСП УО БГТУ постоянно ведутся работы в области совершенствования оборудования и процесса разделения полидисперсных материалов [1]. Несмотря на удовлетворительные результаты, с точки зрения эффективности процесса разделения, существует ряд нерешенных вопросов при исследовании воздушного разделения измельченного материала на фракции. Увеличение эффективности разделения приводит или к усложнению конструкции оборудования, или к повышению удельных энергозатрат при эксплуатации. Однако чтобы быть конкурентоспособными на мировом рынке производственного оборудования необходимо добиваться высокой эффективности работы классифицирующего оборудования без усложнения конструкций. Поэтому необходимо концентрировать усилия, в первую очередь, на оптимизации непосредственно процесса классификации путем его физико-математического моделирования.

Использование результатов математического моделирования, экспериментальных исследований, масштабного перехода на основе теории подобия совершенно необходимо при разработке новых технических решений. Для достижения уровня зарубежных фирм в изучении и изготовлении классифицирующего оборудования необходимо также компьютерных приложений, позволяющих ускорить процесс разработки импортозамещающего оборудования, путем проведения теоретических исследований, которые довольно сложно реализовать

на практике. Существующие методики расчета в ряде случаев позволяют достаточно точно определить граничный размер разделения классификатора, однако не в состоянии учесть влияние изменения конструктивных и режимных параметров на эффективность процесса и вид кривой разделения. Для известных типов классификаторов показатели эффективности разделения принимаются на основании эксплуатационных данных, для новых типов или новых условий работы такие данные могут быть получены только в результате специальных экспериментальных исследований [2].

До недавнего времени изучение поведения газожидкостных систем было ограничено экспериментальными методами, но в связи с быстрым ростом производительности компьютерных систем стало возможным анализировать и рассчитывать подобные процессы даже на персональных компьютерах. Поэтому целью работы было создание универсальной математической модели процесса классификации полидисперсных материалов, позволяющей определять граничный размер разделения в динамических классификаторах с учетом изменения как их конструктивных (соотношение геометрических размеров вращающейся корзины и корпуса, расстояние между лопатками), так и технологических параметров (частота вращения корзины, скорость воздушного потока, гранулометрический состав материала).

Рассмотрим движение твердых частиц в закрученном потоке газа. Принимаем, что частицы имеют сферическую форму диаметром d , плотность ρ_a , и массу m , объем V . Скорость частицы обозначим через v , а скорость газового потока через w . Гидродинамика установившегося движения закрученного газового потока внутри цилиндра радиуса R описывается уравнениями Навье-Стокса и неразрывности в цилиндрической системе координат r, φ, z . Профиль осевой составляющей скорости считаем постоянным по длине цилиндра.

Запишем в цилиндрической системе координат уравнения движения твердой частицы под воздействием закрученного газового потока [3].

$$\begin{cases} m \left(\frac{dv_r}{dt} - \frac{v_\varphi^2}{r} \right) = F_r, \\ m \left(\frac{dv_\varphi}{dt} + 2 \frac{v_\varphi v_r}{r} \right) = F_\varphi \\ m \frac{dv_z}{dt} = -mg + F_z + F_A, \end{cases} \quad (1)$$

В уравнение движения входят следующие силы [4].

1. Сила воздействия внешних силовых полей – сила тяжести

$$\vec{F}_g = mg \quad (2)$$

2. Сила гидродинамического воздействия $\vec{F} = F_r \vec{e}_r + F_\phi \vec{e}_\phi + F_z \vec{e}_z$ потока, движущегося с некоторой скоростью относительно частицы, будет

$$\vec{F} = \zeta \frac{1}{8} \rho_f |\vec{w} - \vec{v}| (\vec{w} - \vec{v}) \pi d^2. \quad (3)$$

Коэффициент сопротивления ζ зависит от режима движения частицы, определяется числом Рейнольдса $Re_a = |\vec{w} - \vec{v}| \frac{d}{\nu}$ и может быть определен по формуле [4] $\zeta = 24(1 + 0,17 Re_a^{2/3}) / Re_a$.

3. Нормальная составляющая учитывает силы, действующие по нормали к поверхности

$$F_N = F_\Pi - F_r.$$

4. Величина центробежной силы будет $F_\Pi = m \frac{v_\phi^2}{r}$.

Полученный анализ сил позволил рассчитать траекторию движения твердых частиц в газовых потоках. Программа расчета составлена в системе MATHCAD.

Апробация полученной математической модели проводилась на примере расчета граничного размера разделения в типовом воздушном динамическом классификаторе, выпускаемым крупнейшим отечественным производителем классифицирующей техники. Были приняты следующие геометрические параметры классификатора: диаметр цилиндрической корзины – 650 мм; высота корзины – 650 мм; диаметр корпуса – 1100 мм. Расход газа рассчитывался при условии транспортирования частиц материала диаметром до 1,5 мм. Скорость витания при этом составила 3 м/с. При апробации разработанной модели определялась требуемая частота вращения ротора классификатора для достижения граничных размеров частиц в пределах от 100 мкм до 10 мкм. Полученные данные представлены в виде графической зависимости (рисунок 1). Сравнение расчетных данных показало хорошую сходимость с экспериментальными, предоставленными заводом-изготовителем.

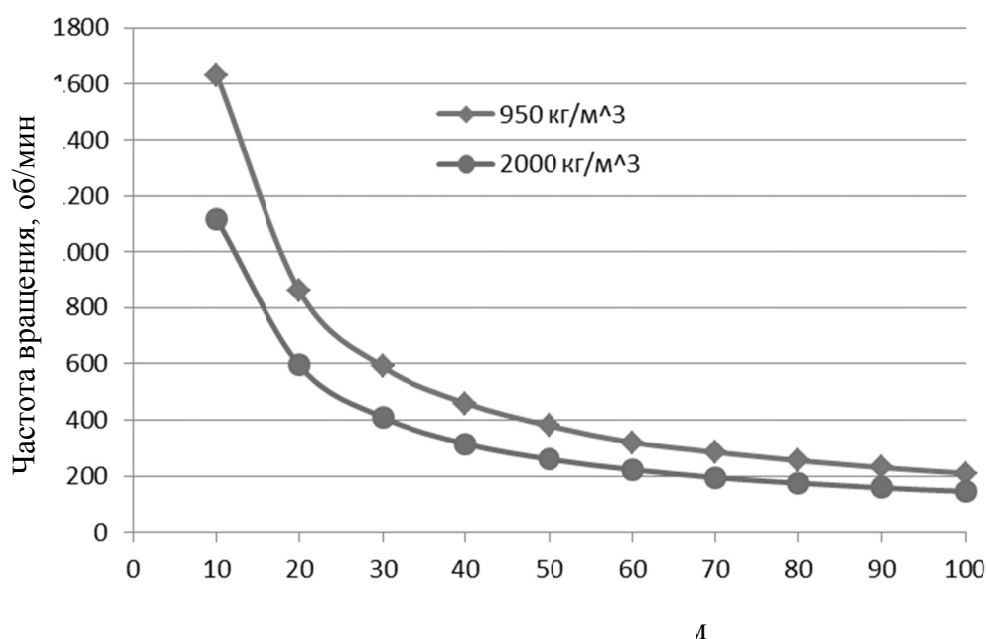


Рис. 1 – Изменение граничного размера разделения от частоты вращения ротора

Таким образом, разработана математическая модель процесса классификации полидисперсных материалов, позволяющая определить необходимую частоту вращения ротора динамического воздушного классификатора для достижения требуемого граничного размера разделения, учитывающая важнейшие конструктивные и технологические параметры классифицирующего агрегата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дорогокупец, А.С. Влияние технологических параметров динамического классификатора на аэродинамику и эффективность классификации измельченного продукта в среднеходной мельнице / А.С. Дорогокупец, П.Е. Вайтехович, В.С. Францевич // Вестник ПГУ. Сер. В, Промышленность. Прикладные науки. – 2013. – Новополюцк. – № 11. – С. 44–51.
2. Андреев Андрей Александрович. Разделение угольной пыли в динамическом сепараторе с предвключенным направляющим аппаратом: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.14 Иваново, 2006. – 124 с.
3. Кутепов, А. М., Латкин, А. С. Вихревые процессы для модификации дисперсных систем. – М.: Наука, 1992. – 250 с.
4. Волк, А. М., Терешко, Е. В. Анализ сил, действующих на твердую частицу в сплошном потоке// Труды БГТУ. – 2015. – № 6: Физ.-мат. науки и информатика. – С. 10–14.

**МАТЕРИАЛИЗАЦИЯ ЦИФРОВОЙ СРЕДЫ
В УСЛОВИЯХ ФОРМИРОВАНИЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ.
ТЕХНОЛОГИЯ «ЧР».**

Мировая экономика вступила в эру информационных технологий. Это предполагает выстраивание архитектуры соответствующего общественно-экономического уклада, в котором нематериальные активы и информация будут доминировать над традиционной сферой материального производства. Способна ли будет новая архитектура повысить качество управления ресурсами, обеспечить новые рабочие места и занять ниши на мировых рынках. Обусловленность такой альтернативы просматривается в Декрете Президента Республики Беларусь от 21 декабря 2017г. №8 «О развитии цифровой экономики». Очевидно, что новая архитектура должна строиться на основе децентрализованных связей субъектов хозяйствования и формировать новые рыночные механизмы. Этот посыл важен для химической и нефтехимической отрасли страны, являющейся знаковым игроком на рынке.

Новая архитектура должна иметь строгие принципы управления любыми процессами. Такими обладает DApp архитектура в основе которой лежат следующие принципы:

– *Паритетность*. Все элементы системы имеют одинаковый вес в принятии управленческих воздействий.

– *Консенсус*. Механизм приведения разнородных и разнонаправленных интересов в единое управляющее воздействие.

– *Гарантия качества*. Гарантирует отсутствие искажений и неточности в консенсусе.

– *Самоорганизация системы*.

На основе DApp архитектуры построены такие системы как BitCoin, Ethereum, Блокчейн и др.

Особенность DApp системы в том, что она функционируют ТОЛЬКО в цифровом контуре, в котором гарантировано отсутствие искажений Консенсуса. Математика не терпит ошибок!

Взаимодействие цифрового контура с реальной средой должно строиться на базе:

– юридически значимых IT документов. Согласно Декрету №8 таковым является «Умный контракт» (Смартконтракт), способный выполнять юридически значимые действия.

– юридически значимых виртуальных ценностей цифрового контура, способного отождествляться в материальной среде.

Юридически значимые действия – это действия предполагающие ответственность сторон и правовые последствия за их совершение.

На данный момент времени ЭТО трудновыполнимо, так как все процессы в цифровом контуре – это математические процессы, сведённые в компьютерную программу. За работу программы никто не согласится отвечать «де-юре» даже IT разработчики, являясь по сравнению с юристами представителями иной сферы знаний. Есть ли решение этой проблемы? Такое решение на наш взгляд имеется.

Для этого необходимо внедрять ИНФОРМАЦИОННЫЕ КОНТРАКТЫ (не следует их путать с «умными контрактами»). Как отмечено выше, согласно Декрету №8 «Умный контракт» это программа, выполняющая ЮРИДИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫЕ действия. Однако на том уровне реализации, на котором в техническом плане созданы «умные контракты» сейчас невозможно нести ответственность за действия программы, написанной не ЮРИСТОМ (ответственным лицом), а программистом, который может допустить искажения и неоднозначность в написанном юристом тексте. Безусловно, в среднесрочной перспективе появится новая специальность вроде «юридический программист». Однако сегодня по причине отсутствия соответствующей специализации существует некоторая сложность реализации отдельных положений Декрета №8.

Имея многолетнюю практику создания IT проектов для Вооружённых Сил РБ со слабой формализацией постановочных задач, наше предприятие разработало технологию «Честного решения» (ЧР). Эта программа позволяет юристу, не владеющему ремеслом инженера-программиста, готовить контракты и иные юридически значимые документы для цифрового контура. При этом Искусственный Интеллект ЧР будет ОДНОЗНАЧНО ПОНИМАТЬ написанное. Таким образом, ЮРИСТ и ИИ на математическом уровне ПОНИМАЮТ друг друга одинаково. Это позволяет ПЕРЕНЕСТИ юридический контент в ЦИФРОВОЙ с одинаковой релевантностью между человеком и ИИ. «Де-факто» Декрет №8 закрепил «Информационный контракт» как основу функционирования децентрализованных систем на территории РБ. А технология ЧР позволяет юридическую фабулу претворить в технически работающую систему.

Рано или поздно «смарт-контракты» займут своё место в цифровой экономике. Реализация IT проекта по адаптации смарт-контракта в нефтехимической отрасли, с последующим распространением на другие сферы экономической деятельности обеспечат Республике значительные преимущества, а именно:

- создание информационно-правовой среды нового технологического уклада;
- обеспечить прозрачность и контролируемость процессов в цифровом контуре;

– обеспечить защиту рынка от несанкционированного вывоза капиталов;

– свести инфляционные процессы внутри цифрового контура к нулю и создать условия для роста экономики.

Практическая реализация проекта по переносу цифровой сущности в материальную среду уже имеет место. Для этого наиболее подходят RFID технологии, позволяющие на базе криптомеханизмов «вынуть» цифровую сущность из криптоконтура и привязать его к физическому объекту¹.

Примером такого взаимодействия является автоматизированная система учёта материальных ценностей, разработанная ООО «Форт-айти». Она внедрена и применяется для учёта материально технических активов в ведущих банках страны (БелВЭБ и Белгазпромбанк). На её платформе создана система идентификации для УП «Крипто-тех» Минфина РБ. Что позволяет система:

– провести качественную первичную привязку цифровых тегов к строгой системе учёта МТЦ;

– получать информацию о наличии МТЦ в помещении групповым способом;

– гарантировать что данные из цифровой системы и реального мира синхронизированы с минимальными искажениями;

– в десятки раз ускорять процедуру учёта МТЦ.

Все эти элементы позволяют окупать данные системы за одну, две инвентаризации, так как вложения на один объект учёта составляют в среднем 1,75 BYN. А затраты на проведение инвентаризации имеющимися средствами составляют 1,50 BYN.

ЛИТЕРАТУРА

1. <https://cryptorussia.ru/zametki/obshchaya-teoriya-decentralizovannyh-prilozheniy>. Общая теория децентрализации.

2. <https://youtu.be/saPGTljk-j4>. Информационный контракт.

3. Маниш Бхуптани, Шахрам Морадпур. RFID-технологии на службе вашего бизнеса = RFID Field Guide: Deploying Radio Frequency Identification Systems / Троицкий Н. – М.: «Альпина Паблишер», 2007. – 290 с. – ISBN 5-9614-0421-8.

4. <https://www.youtube.com/watch?v=ar2hBIqDGIA&feature=youtu.be>. Описание технологии «Честное решение».

5. <https://www.youtube.com/watch?v=nj1bK3aiT1c&feature=youtu.be>. Описание технологий Semantic machine и Object logic.

¹ RFID — технология радиочастотной идентификации, использующая радиочастотное электромагнитное излучение для прочтения информации с небольшого устройства (метки) в которую эта информация была ранее внесена методом того же электромагнитного излучения.

**СИСТЕМА УЧЁТА ПРОДУКЦИИ, ОБОРУДОВАНИЯ,
МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ
РАДИОЧАСТОТНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ (RFID)****1. Технология радиочастотной идентификации (RFID)**

Радиочастотная идентификация – это технология, использующая радиочастотное электромагнитное излучение для прочтения информации с небольшого устройства – метки (или в других источниках тэга – “tag”), в которое она была ранее записана методом того же электромагнитного излучения.

Задачей метки является хранение информации об идентифицируемом объекте с возможностью её дистанционного считывания. Метка может содержать любую информацию в цифровой форме. Объём записываемой в неё информации, определяется характеристиками интегральной микросхемы метки. Тип и структура записываемой информации не стандартизованы и определяются пользователем и/или разработчиком системы. Это могут быть следующие параметры объекта: его уникальный ID, тип, вес, стоимость, местоположение и пр.

При использовании пассивных меток в защищённом исполнении не сложно выполнить все требования по взрывобезопасности в нефтехимической промышленности. Такие метки обладают стойкостью к воздействию агрессивных сред. Сами метки (пассивного типа) в отличие от штрих-кодов не утрачивают своих функций в процессе эксплуатации, если не подверглись процессу физического разрушения. В мировой практике имеются примеры использования RFID-технологии для контроля над износом эксплуатируемого оборудования, в частности буровых труб. Для контроля качества поставляемой нефтехимической продукции и защиты от контрафактных поставок могут использоваться метки с поддержкой блокчейн-технологии.

Наличие дорогостоящего оборудования, расходных материалов, требующих систематического учёта и контроля за их перемещением, ставит RFID технологию на одно из первых мест в сфере первичного учёта и делает её неотъемлемой частью автоматизированных ERP систем управления предприятием.

2. Целесообразность внедрения автоматизированной системы учёта материальных ценностей

Первичный учёт материальных ценностей (МТЦ) самая рутинная и затратная работа для сервисных, ремонтных, обслуживающих

организаций, подразделений КИПиА. Большие затраты времени, недостоверность учёта, путаница в артикулах, местах нахождения, накопленные ошибки учёта – это факторы влияющие на технологические процессы производства. Персональная ответственность за сохранность и рациональное использование материальных ресурсов – одна из важнейших функций руководителя предприятия. Без действенного контроля за учётом, движением и использованием МТЦ сложно правильно выстроить логистику, сформировать складские запасы, организовать закупки и сбыт, предотвратить утрату активов.

Практика внедрения системы учёта МТЦ показывает, что она оправдывает и окупает себя уже в течении 2–2,5 лет. Только по прямым затратам рабочего времени, требуемого для физической инвентаризации МТЦ в расчёте на 5000 объектов учёта, экономия времени составляет в среднем до 6 рабочих смен. Так, например, комиссия в составе 3-х человек, за 8 часов может сличить 270–300 объектов учёта. Для 5000 объектов учёта потребуется от 12 до 16 рабочих смен. В итоге, нередко, происходит формальное обследование. Потеряно рабочее время и нет уверенности в достоверности результатов учёта.

Сквозная автоматизация процесса учёта обеспечивает его достоверность, отслеживание перемещения, постановку и снятие с учёта, упрощает работу. После внедрения автоматизации, инвентаризация например 5000 объектов (базовый стандарт) двумя специалистами проводится за 5–6 рабочих смен, включая составление отчёта.

Наличие автоматизированной системы учёта МТЦ в организации (предприятии) обеспечивает их прозрачную передачу от одного материально-ответственного лица (МОЛ) другому, от одного руководителя другому, а также, от главного бухгалтера, сдающего свои полномочия, другому, заступающему на эту должность.

3. Результаты внедрения системы RFID инвентаризации

Система внедрена и активно используется в следующих организациях: ОАО «Банк БелВЭБ», Республиканском Научно-Техническом унитарном предприятии «Криптотех», Минфина РБ, ОАО «Белгазпромбанк». Проводятся работы по внедрению системы в логистических и транспортных компаниях.

4. Предлагаемая технология для создания системы

Технологическую основу проекта составляет программно-технический комплекс по учету материальных ценностей на основе RFID-технологии (шифр – «ФОРТ-МТЦ») являющейся собственностью ООО «Фортайти».

Комплекс состоит из следующих основных компонентов:

- Сервер, на котором установлены базы данных и сервер приложений «ФОРТ-МТЦ»;

- Мобильные комплекты, состоящие из мобильного персонального компьютера типа планшет, на котором установлено мобильное приложение «ФОРТ-МТЦ» и RFID-считывателя.

- Комплект расходных материалов (несколько типов радиомаркеров – RFID-меток) предназначенных для различных условий эксплуатации.

- При необходимости, устройства для программирования RFID-меток и выполнения на них печати (RFID-принтеры).

На этапе постановки на учёт к объекту прикрепляется RFID-метка, которая становится его неотъемлемой частью, и позволяет контролировать объект на протяжении всего его “жизненного” цикла. RFID-метка содержит уникальный идентификатор, который “жёстко” привязывается к учитываемому объекту.

Особенности применяемого оборудования и ПО.

- В используемых метках и оборудовании для считывания RFID меток согласно их техническим характеристикам драгоценных металлов не содержится.

- Гарантийный срок службы RFID-меток неограничен (для пассивных меток), если иное не обусловлено их физическим износом из-за среды эксплуатации.

- Сроки поставки оборудования и меток в рамках проекта не превышают 3-х месяцев.

- По желанию пользователя RFID-метки могут быть перезаписываемыми. Однако, если на метку установлена команда «Заблокировать», то ее перезаписать невозможно. В этом случае, для перемаркировки нужна новая метка.

- Взаимодействие «ФОРТ-МТЦ» с комплексами «1С: Предприятие», продуктами компании «Системные Технологии» и др. осуществляется методом создания шлюза для интегрирования данных из блока сбора информации. Так как для большинства субъектов хозяйствования конфигурация ERP-систем настраивается индивидуально, работа по сопряжению с ними «ФОРТ-МТЦ» осуществляется специалистами разработчика и компанией обслуживающей ERP.

5. Технические требования предъявляемые к системе

Внедрение комплекса у пользователя требует выполнения ряда технических требований к аппаратному и программному окружению:

- операционная система Microsoft Server 2008 R2 и выше;
 - СУБД MS SQL Server 2008 R2 Standard и выше;
 - Internet Information Server IIS 7.5, не ниже;
 - набор библиотек .Net4 Framework (в составе ОС), не ниже.
- Размещение серверной части может быть виртуализировано.

Для стационарных рабочих мест рекомендуется:

- операционная система MS Windows 7 и выше;
- ПО для работы с мобильным персональным компьютером (планшетом), обычно предоставляется производителем планшета;
- интернет-браузер, работающий по стандарту HTML 4.0 и поддерживающий технологию AJAX (например, Internet Explorer 8, Mozilla Firefox 15.0.1 и выше).

Рекомендуемые технические характеристики мобильного персонального компьютера (планшета):

- диагональ экрана 7–10.1 дюйма;
- ОЗУ 1ГБ, не менее;
- Flash 16 ГБ, не менее;
- наличие интерфейса Bluetooth 2.1, не ниже;
- операционная система ОС Android 4.2, не ниже.

Рекомендуемые технические характеристики RFID-считывателя:

- поддержка стандарта считывания ISO15693;
- передача данных по протоколу Bluetooth 2.1, не ниже.

Примечание: Возможность обмена информацией между планшетом и стационарными вычислительными системами по протоколу Wi-Fi определяется корпоративной политикой безопасности пользователя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маниш Бхуптани, Шахрам Морадпур. RFID-технологии на службе вашего бизнеса = RFID Field Guide: Deploying Radio Frequency Identification Systems / Троицкий Н. – М.: «Альпина Паблишер», 2007. – 290 с. – ISBN 5-9614-0421-8.

2. <https://www.gs1.org/standards/epc-rfid>. GS1 organization. Официальный сайт (англ.).

3. <http://www.xerafy.com/en/application/energy-oil-gas>. Xerafy Ltd. Официальный сайт (англ.).

4. <https://www.turck.de/en/oil-and-gas-65.php>. Hans Turck GmbH & Co. KG. Официальный сайт (англ.).

АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ВИСБРЕКИНГА

Висбрекинг – процесс однократного термического крекинга тяжелого остаточного сырья, проводимый в мягких условиях. Типичное сырье висбрекинга – мазуты, получаемые при атмосферной перегонке нефти, или вакуумные гудроны.

Для висбрекинга гудрона условия процесса такие: температура 460–500 °С; давление 1,4–3,5 МПа. Длительность пребывания сырья в зоне реакции определяется с помощью уравнения скорости реакции первого порядка. Требуемый объем реакционной зоны, т. е. того участка змеевика, где температура сырья превышает 399 °С, составляет 3,6–4,8 м³ на каждые 1000 м³ перерабатываемого жидкого сырья в сутки.

Каталитический крекинг – термokatалитическая переработка нефтяных фракций с целью получения компонента высокооктанового бензина, легкого газойля и непредельных жирных газов. Каталитический крекинг – один из важнейших процессов, обеспечивающих глубокую переработку нефти.

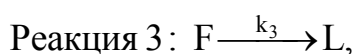
Решить их эффективно можно путем установки системы оптимизации печей. Такая система обеспечит точное реагирование температуры на выходе каждой печи. Совместно с этой системой рекомендуется установка специальных контрольно-измерительных приборов, гарантирующих корректное измерение параметров, характеризующих работоспособность оборудования для приближающего отказа. Для моделирования процессов при риформинге приходится учитывать процессы гидродинамики, массообмена и химической кинетики.

Для моделирования реакторов каталитического риформинга используют работы Crane [3], который применял сосредоточенное математическое представление реакции, которые происходят. Эти представления записаны в терминах изомеров одного и того же характера (парафины, нафтенy, или ароматические). Оригинальная модель Crane включает 53 химические реакции, которые суммируются.

Некоторые авторы идут на упрощение и модификации с целью упрощения и выделения целевых параметров процесса реформинга. Помимо расчета риформинга состав, профили температуры и давления вдоль системы реакторов, модель разработана может быть

использован для анализа другие аспекты каталитического риформинга. Turpin [4] предложил использовать для расчета глобальные и водородные материальных балансы, сравнение экспериментальных и расчетных концентраций [1].

Химические процессы, протекающие в реакторе каталитического крекинга, являются сложными и сопровождаются рядом одновременно протекающих химических реакций. Согласно редуцированной модели реактора, эти реакции можно разделить на три вида:



где F – это сырье (гидроочищенный вакуумный дистиллят, иначе газойль), G – целевой продукт (бензин), L – легкие газы (в частности кокс). Первая реакция желаемая, так как бензин является целевым продуктом. Реакции 2 и 3 являются побочными, т.е. нежелательными реакциями.

Лифт-реактор считается реактором идеального вытеснения, так как соотношение длины реактора к его диаметру велико, а реакция протекает в течение нескольких секунд.

Ниже приведена математическая модель реактора на основе материальных и тепловых балансов.

Материальный баланс по сырью:

$$\frac{dy_f}{dz} = -R_1^0 \cdot t_c \cdot [\text{COR}] \cdot \Phi_0 \cdot y_f^2 \cdot \exp \frac{-E_f}{R \cdot T_0 \cdot (1 + \theta)} \cdot \exp(-\alpha \cdot t_c \cdot z),$$

Материальный баланс по выходному продукту:

$$\begin{aligned} \frac{dy_g}{dz} = & -R_1^1 \cdot t_c \cdot [\text{COR}] \cdot \Phi_0 \cdot y_f^2 \cdot \exp \frac{-E_f}{R \cdot T_0 \cdot (1 + \theta)} \cdot \exp(-\alpha \cdot t_c \cdot z) - \\ & - R_2^0 \cdot t_c \cdot [\text{COR}] \cdot \Phi_0 \cdot y_g^2 \cdot \exp \frac{-E_g}{R \cdot T_0 \cdot (1 + \theta)} \cdot \exp(-\alpha \cdot t_c \cdot z), \end{aligned}$$

где y_f – массовая доля газойля в парах в реакторе; Z – безразмерная переменная длины; R_1^0 – постоянная скорости реакции образования газойля; R_1^1 – постоянная скорости реакции образования газолена; R_2^2 – постоянная скорости реакции получения углерода; COR – массовое соотношение катализатора к нефти; Φ_0 – активность катализатора

во входе в реактор; E_f – энергия активации для крекинг газойля; T_0 – температура сырья при поступлении в реактор; θ – безразмерная переменная температуры; t_c – время нахождения катализатора в реакторе; α – коэффициент старения катализатора; y_g – массовая доля газойля в парах в реакторе; E_g – энергия активации для крекинг газойля.

Тепловой баланс:

$$\frac{d\theta}{dz} = \frac{\lambda \cdot \Delta H_f \cdot F_0}{T_0 \cdot (F_s \cdot C_{ps} + \lambda \cdot F_0 \cdot C_{p0} + (1 - \lambda) \cdot F_D \cdot C_{pD})} \cdot \frac{dy_f}{dz},$$

где λ – массовая доля газойля в сырье; ΔH_f – теплота реакции крекинга газойля; F_0 – подача сырья (нефть + пар) в реактор; F_s – скорость циркуляции катализатора; C_{ps} – теплоемкость катализатора; C_{p0} – теплоемкость газойля; C_{pD} – теплоемкость пара; F_D – скорость подачи пара.

Регенератор можно представить в виде реактора идеального смешения. Ниже представлена модель регенератора:

Материальный баланс по коксу:

$$\frac{d}{dt}(W \cdot C_{RC}) = F_s \cdot (C_{SC} - C_{RC}) - k \cdot y_\infty \cdot C_{RC} \cdot W$$

Материальный баланс по кислороду:

$$\frac{d}{dt}(W_a \cdot y_\infty) = R_A \cdot (y_i - y_\infty) - \frac{1 + 1.5 \cdot \sigma}{M_C(1 + \sigma)} k \cdot y_\infty \cdot C_{RC} \cdot W$$

Тепловой баланс:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \cdot [T_{rg} \cdot (W \cdot C_{ps})] = & T_{ri} \cdot F_s \cdot C_{ps} + T_a \cdot F_a \cdot C_{pa} - T_{rg} \cdot (F_s \cdot C_{ps} + F_a \cdot C_{pa}) - \\ & - (\Delta H_{CO} + \frac{\sigma}{1 + \sigma} \Delta H_{CO_2}) \frac{k \cdot y_\infty \cdot C_{RC} \cdot W}{M_C}, \end{aligned}$$

где W – масса катализатора в регенераторе; W_a – масса воздуха в регенераторе; C_{RC} – массовая доля кокса в восстановленном катализаторе; R_A – подача воздуха в регенератор; k – коэффициент выжигания кокса; C_{SC} – массовая доля кокса в использованном катализаторе; y_∞ – мольная доля кислорода в регенераторе; σ – соотношение CO_2/CO в дымовых газах; M_C – молярная масса кокса; T_{rg} – температура катализатора на выходе из регенератора; T_{ri} – температура на выходе из реактора; T_a – температура воздуха, подаваемого в регенератор; F_a – массовый расход воздуха в регенератор; C_a – теплоемкость воздуха; ΔH_{CO} – тепло, выделяемое при образовании CO ; ΔH_{CO_2} – тепло, выделяемое при образовании CO_2 .

Ввиду сложности процессов в реакторе, передаточные по каналам управления описываю передаточными функциями первого порядка:

$$W(s) = \frac{k_m}{T_s \cdot s + 1},$$

где k_m – коэффициент усиления; T_s – временная постоянная [2]

Обычно используют следующие каналы управления: температура использованного катализатора – температура в реакторе; температура использованного катализатора – температура в регенераторе; расход сырья – температура в реакторе; расход сырья – температура в регенераторе; расход использованного катализатора – температура в реакторе; расход использованного катализатора – температура в регенераторе; расход воздуха – температура в регенераторе.

Больше внимание уделяется в системах управления на идентификации коэффициентов передачи каналов k_m поскольку в реальных объектах всегда наблюдается изменение сырья, условий эксплуатации. Во многих случаях предлагают комплексные решение по построению и идентификации системы управления

ЛИТЕРАТУРА

1. Технология, экономика и автоматизация процессов переработки нефти. – М.: Химия, 2005. – 670с.
2. Гаврилов А.И., Пашаева Б.А. Интеллектуальная система управления каталитическим крекингом нефти// Интеллектуальные системы: Труды девятого международного симпозиума/ Под ред. К.А.Пупков 2010. – С. 637-641.
3. Krane, H. G. , Groh , A. B. , Shulman , B. D. , Sinfeit , J. H. Reactions in catalytic reforming of naphthas // In: Proceedings of the Fifth World Petroleum Congress , May 30, 1959, Sec. III, pp. 39 – 51.
4. Turpin, L.E. Cut benzene out of reformat. Hydrocarbon Process., 1992 p. 81 – 92 .
5. Быстров А.И.1, Низамова Г.И., Журавлева Н.А., Доломатов М.Ю. Многофакторная математическая модель процесса висбрекинга. // Нефтепереработка и нефтехимия. научно-технические достижения и передовой опыт 2016, № 8, С. 9-12

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КОЛОННЫ К-102

Среди нормируемых показателей качества нефтепродуктов, относящихся к выходным координатам колонны, основными являются следующие: температуры 98% отбора фракции 140–180° ($T_{98}^{(1)}$), температуры 98% отбора фракции 180–230° ($T_{98}^{(2)}$) и температуры 50% отбора фракции 230–360° ($T_{98}^{(3)}$). Текущие значения этих параметров измеряются специальными анализаторами, входящими в состав измерительного комплекса колонны. Требования, предъявляемые к этим температурам имеют вид:

$$T_{98\min}^{(1)} \leq T_{98}^{(1)} \leq T_{98\max}^{(1)}; T_{98\min}^{(2)} \leq T_{98}^{(2)} \leq T_{98\max}^{(2)}; T_{50\min}^{(3)} \leq T_{50}^{(3)} \leq T_{50\max}^{(3)}. \quad (1)$$

Применительно к данным выходным координатам математическая модель колонны примет следующий вид:

$$\begin{aligned} \hat{T}_{98}^{(1)} = & m_{11}(t_{B1} - \bar{t}_{B1}) + m_{12} \ln P_K + m_{13} \left(\frac{d_{W1}W_1}{d_F F} - \frac{\bar{W}_1}{\bar{F}} \right) + \\ & + m_{14} \left(\frac{d_{W1}W_1}{d_F F} - \frac{\bar{W}_1}{\bar{F}} \right)^2 + m_{15} \left(\frac{Q_1}{Q_F} - \frac{\bar{Q}_1}{\bar{Q}_F} \right) + m_{16} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \hat{T}_{98}^{(2)} = & m_{21}(t_{B2} - \bar{t}_{B2}) + m_{22} \ln P_K + m_{23} \left(\frac{d_{W2}W_2}{d_F F} - \frac{\bar{W}_2}{\bar{F}} \right) + \\ & + m_{24} \left(\frac{d_{W2}W_2}{d_F F} - \frac{\bar{W}_2}{\bar{F}} \right)^2 + m_{25} \left(\frac{d_{W1}W_1}{d_F F} - \frac{\bar{W}_1}{\bar{F}} \right) + \\ & + m_{26} \left(\frac{Q_2}{Q_F} - \frac{\bar{Q}_2}{\bar{Q}_F} \right) + m_{27} \left(\frac{Q_1}{Q_F} - \frac{\bar{Q}_1}{\bar{Q}_F} \right) + m_{28} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned}
\hat{T}_{50}^{(3)} = & m_{31}(t_{B3} - \bar{t}_{B3}) + m_{32} \ln P_K + m_{33} \left(\frac{d_{W3}W_3}{d_F F} - \frac{\bar{W}_2}{\bar{F}} \right) + \\
& + m_{34} \left(\frac{d_{W3}W_3}{d_F F} - \frac{\bar{W}_3}{\bar{F}} \right)^2 + m_{35} \left(\frac{d_{W2}W_2}{d_F F} - \frac{\bar{W}_2}{\bar{F}} \right) + m_{36} \left(\frac{d_{W1}W_1}{d_F F} - \frac{\bar{W}_1}{\bar{F}} \right) + \\
& + m_{37} \left(\frac{Q_3}{Q_F} - \frac{\bar{Q}_3}{\bar{Q}_F} \right) + m_{38} \left(\frac{Q_2}{Q_F} - \frac{\bar{Q}_2}{\bar{Q}_F} \right) + m_{39} \left(\frac{Q_1}{Q_F} - \frac{\bar{Q}_1}{\bar{Q}_F} \right) + m_{310} \quad (4)
\end{aligned}$$

где: $\hat{T}_{98}^{(1)}$, $\hat{T}_{98}^{(2)}$, $\hat{T}_{50}^{(3)}$ – оценки истинных температур. $T_{98}^{(1)}$, $T_{98}^{(2)}$, $T_{50}^{(3)}$; величины m_{ij} ; $i = 1, 2, 3$, $j = \overline{1, n_i}$ ($n_1 = 6, n_2 = 8, n_3 = 10$) – настраиваемые коэффициенты; P_K – давление в колонне; t_{B1}, t_{B2}, t_{B3} – температуры на перетоке в отпарные секции К-103/1, К-103/2, К-103/3, соответственно; F – нагрузка колонны по сырью; W_1, W_2, W_3 – отборы фракций 140–180, 180–230, 230–360°C, соответственно; $d_F, d_{W1}, d_{W2}, d_{W3}$ – удельные плотности поступающей нефти, фракций 140–180°C, 180–230°C, 230–360°C, соответственно; Q_F – количество тепла, поступающее в единицу времени с нефтью; Q_1, Q_2, Q_3 – количество тепла, отводимое в единицу времени с помощью верхнего, 1-го и 2-го циркуляционных орошений, соответственно.

$$Q_F = h(t_F, d_F) d_F F, \quad (5)$$

$$Q_i = [h(t_{i1}, d_{si}) - h(t_{i2}, d_s)] d_{si} S_i, \quad i = 1, 2, 3, \quad (6)$$

где t_{i1}, t_{i2} – температуры жидкости i -го циркуляционного орошения, измеряемые соответственно при выходе из колонны и при входе в колонну после теплообменника, d_{si} – удельная плотность жидкости, S_i – расход циркуляционного орошения; $h(t, d)$ – удельное теплосодержание углеводородов, находящихся в жидкой фазе с плотностью d при температуре t , и которое рассчитывается по формуле:

$$h(t, d) = (0.403 + 0.405 \cdot 10^{-3} t^2) \cdot d^{-0.5}. \quad (7)$$

Величины, помеченные чертой сверху, в уравнениях (2), (3), (4) имеют среднестатистические значения, определяемые по экспериментальным данным, как средние значения соответствующих параметров.

Введем следующие обозначения:

$$\hat{y}_1 = \hat{T}_{98}^{(1)}, \hat{y}_2 = \hat{T}_{98}^{(2)}, \hat{y}_3 = \hat{T}_{50}^{(3)} \quad (8)$$

$$\left. \begin{aligned} X_1 &= t_{B1} - \bar{t}_{B1}; & X_2 &= \ln P_K; & X_3 &= \frac{d_{W1}W_1}{d_F F} - \frac{\bar{W}_1}{\bar{F}}; \\ X_4 &= \frac{Q_1}{Q_F} - \frac{\bar{Q}_1}{\bar{Q}_F}; & X_5 &= t_{B2} - \bar{t}_{B2}; & X_6 &= \frac{d_{W2}W_2}{d_F F} - \frac{\bar{W}_2}{\bar{F}}; \\ X_7 &= \frac{Q_2}{Q_F} - \frac{\bar{Q}_2}{\bar{Q}_F}; & X_8 &= t_{B3} - \bar{t}_{B3}; & X_9 &= \frac{d_{W3}W_3}{d_F F} - \frac{\bar{W}_3}{\bar{F}}; \\ X_{10} &= \frac{Q_3}{Q_F} - \frac{\bar{Q}_3}{\bar{Q}_F}. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

С учетом обозначений (8) и (9) уравнения математической модели (2), (3), (4) примут вид:

$$\hat{T}_{98}^{(1)} = m_{11}X_1 + m_{12}X_2 + m_{13}X_3 + m_{14}X_3^2 + m_{15}X_4 + m_{16} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \hat{T}_{98}^{(2)} &= m_{21}X_5 + m_{22}X_2 + m_{23}X_6 + m_{24}X_6^2 + \\ &+ m_{25}X_3 + m_{26}X_7 + m_{27}X_4 + m_{28} \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \hat{T}_{50}^{(3)} &= m_{31}X_8 + m_{32}X_2 + m_{33}X_9 + m_{34}X_9^2 + m_{35}X_6 + m_{36}X_3 + \\ &+ m_{37}X_{10} + m_{38}X_7 + m_{39}X_4 + m_{310} \end{aligned} \quad (12)$$

в соответствии с принятой ранее классификацией координат, характеризующих протекание процесса ректификации нефти, на выходные, управляющие и возмущающие, введем следующие определения. Принимаем в качестве вектора выходов вектор

$$y = (y_1, y_2, y_3) = (T_{98}^{(1)}, T_{98}^{(2)}, T_{50}^{(3)}), \quad (13)$$

вектора управления – вектор

$$u = (u_1, u_2, \dots, u_6) = (W_1, W_2, W_3, S_1, S_2, S_3), \quad (14)$$

вектора возмущений – вектор

$$\omega = (\omega_1, \omega_2) = (F, t_K), \quad (15)$$

вектора режимных параметров – вектор

$$r = (r_1, r_2, \dots, r_9) = (t_{B1}, t_{B2}, t_{B3}, t_{11}, t_{21}, t_{31}, t_{12}, t_{22}, t_{32}) \quad (16)$$

С учетом принятых обозначений (8), (9) вектор X входных координат объекта, включающий в себя вектор управления u , возмущений ω и режимных параметров r можно представить в следующем виде:

$$X(u, \omega, r) = (X_1, X_2, X_3, X_4, \dots, X_{10}) \quad (17)$$

С учетом принятых обозначений модель процесса ректификации, представленную уравнениями (2)–(7), а также уравнениями (10)–(12) можно записать в виде:

$$\hat{Y}_i = m_i^T \varphi_i(X), \quad i = 1, 2, 3, \quad (18)$$

где φ_i – вектор-функции, которые будем считать известными; $m_i = (m_{i1}, \dots, m_{in_i})$ – вектор подстраиваемых коэффициентов.

Для определения векторов m_i ($i = 1, 2, 3$) в модели (18) необходимы измеренные значения векторов y (13), u (14), ω (15), r (16) в установившемся режиме работы колонны.

Для этой цели были использованы данные измерений величин технологических параметров, являющихся компонентами векторов y , u , w , r за 1 сутки непрерывного измерения с дискретностью 6 секунд. Из этого массива необходимо выбрать данные, соответствующие установившемуся режиму работы колонны. Эту задачу можно решить, выбрав необходимые интервалы времени между измерениями с учетом динамических свойств основных каналов управления колонной.

Предварительно при обработке экспериментальных данных были определены динамические свойства данных каналов. При этом установлено, что величины постоянных времени T и времени запаздывания τ примерно одинаковы для каждого канала. Для них были получены следующие оценки: $10' \leq T \leq 20'$ и $25' \leq \tau \leq 35'$.

Поэтому из указанного массива были выбраны данные, измеренные с дискретностью 30 минут. Кроме того, между измерениями векторов u , ω , r и вектора y принят временной интервал, равный 30 минут. Всего было выбрано данных 48 измерений векторов y , u , ω , r .

С использованием данных по формуле (7) рассчитано удельное теплосодержание нефти (h_F), циркуляционных орошений на выходе и на входе в колонну (h_{ij}), по формулам (5) и (6) – количество тепла, поступающего в единицу времени в колонну (Q_F) и количество тепла, отводимого с помощью верхнего (Q_1), 1-го (Q_2) и 2-го (Q_3) циркуляционных орошений.

На основании исходных данных по соотношениям (9) были рассчитаны для всех точек измерений значения компонента вектора входных координат X ($X_1 - X_{10}$). По данным с использованием метода наименьших квадратов определены для уравнений математической модели (10), (11), (12) значения подстроечных коэффициентов m_{ij} . Таким образом, математическая модель статики процесса ректификации имеет вид:

$$\hat{y}_1 = -0.051652X_1 + 45.876X_2 - 10644X_3 - \\ -1051100X_3^2 - 8.6466X_4 + 170.1 \quad (19)$$

$$\hat{y}_2 = -0.49071X_5 + 7.8907X_2 + 4884.8X_6 + 327040X_6^2 + \\ + 432.59X_3 - 55.74X_7 + 374.76X_4 + 255.43 \quad (20)$$

$$\hat{y}_3 = -0.070238X_8 + 24.395X_2 + 377.25X_9 + 84989X_9^2 - 528.9X_6 + \\ + 392.18X_3 - 17.534X_{10} - 21.685X_7 + 415.13X_4 + 304.16 \quad (21)$$

Оценка на адекватность уравнений (19), (20), (21) дала положительный результат. Это означает, что полученная математическая модель может быть использована как для расчета статических режимов работы колонны, так и для прогнозирования значения ее выходных координат по измеренным значениям входных координат.

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ОБЪЕКТОВ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ НА ПРИМЕРЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ

Основными формами представления объектов с распределенными параметрами, как и в случае объектов с сосредоточенными параметрами, являются представление в виде дифференциальных уравнений в частных производных, представление в виде передаточных функций, представление в виде временных характеристик, представление в виде частотных характеристик.

Особенностью распределенных систем является наличие пространственных составляющих в сигнале входа и выхода.

Как известно, в сосредоточенных системах импульсная переходная функция характеризует реакцию системы на единичный идеальный импульс, переходная характеристика характеризует реакцию системы на единичную ступенчатую функцию, а комплексная передаточная функция – реакцию системы на гармоническое входное воздействие. В распределенных системах к временным входным воздействиям, рассмотренным выше, необходимо добавить пространственную форму.

В настоящей работе в качестве объекта управления выступает температурное поле многослойной пластинки, которая представлена на рисунке 1.

Управляющим воздействием служит тепловой поток, распределенный по поверхности, а функцией выхода – температурное поле $T(x, y, z, t)$. Поверхности S_3 , S_5 , S_4 теплоизолированы, а поверхности S_2 , S_6 поддерживаются при постоянной температуре.

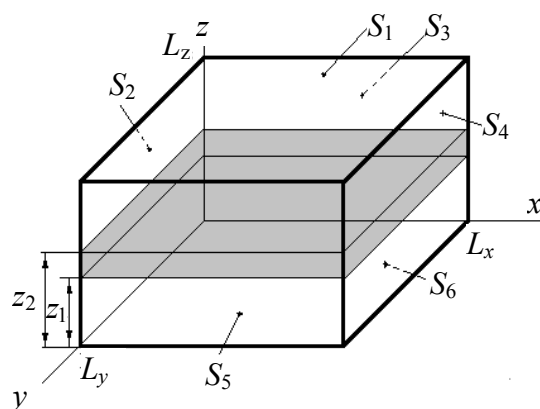


Рисунок 1 – Объект управления

При описании объектов с распределенными параметрами можно выделить три подхода:

1. Представление в форме дифференциальных уравнений в частных производных. Уравнение Фурье можно записать в виде:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right), \quad (1)$$

$$0 < x < L_x, 0 < y < L_y, 0 < z < L_z,$$

где $T(x, y, z, t)$ – фазовая переменная; x, y, z , – пространственные координаты; a – заданный коэффициент; L_x, L_y, L_z – заданные числа.

Граничные и начальные условия для уравнения (1) имеют вид:

$$T(0, y, z, t) = T(x, 0, z, t) = T(L_x, y, z, t) = T(x, L_y, z, t) = 0$$

$$\frac{\partial T(x, y, 0, t)}{\partial z} = 0, \quad T(x, y, L_z, t) = U(x, y, t), \quad T(x, y, z, 0) = 0. \quad (2).$$

Общий способ решения – использование приближенных численных методов. Наиболее широко распространены методы сеток.

Основная идея метода сеток – аппроксимация искомой непрерывной функции совокупностью приближенных значений, рассчитанных в некоторых точках области – узлах. Совокупность узлов, соединенных определенным образом, образует сетку. Сетка, в свою очередь, является дискретной моделью области определения искомой функции.

Общий алгоритм метода сеток:

1. Построение системы в заданной области (дискретизация задачи);

2. Получение системы алгебраических уравнений относительно узловых значений (алгебраизация задачи);

3. Решение полученной системы алгебраических уравнений.

Наиболее часто используют 2 вида метода сеток:

– метод конечных элементов.

– метод конечных разностей.

В методе конечных разностей используются, как правило, регулярные сетки, шаг которых постоянен либо меняется по несложному закону. Расстояние между соседними узлами – шаг сетки.

В методе конечных элементов исходная область определения функции разбивается с помощью сетки, в общем случае неравномерной, на отдельные подобласти – конечные элементы. Искомая непрерывная функция аппроксимируется кусочно-непрерывной, определенной на множестве КЭ. Практически МКЭ применяют в виде специальных программных систем, например, PDE Toolbox/MATLAB.

2. Определение реакции системы на входной сигнал, представленный в виде комбинации дельта функций в пространственной и временной областях

$$\omega(x, t) = \delta(x - \mu) \cdot \delta(t - \tau), \quad (3)$$

где x, μ – заданные точки пространства; t, τ – временные независимые переменные.

Реакция объекта на входное воздействие $\omega(t, x)$ представляется в виде функции Грина $G(x, t, \mu, \tau)$ или импульсной переходной функцией.

Реализация данного подхода сопряжено с определенными трудностями при использовании распространенных математических пакетов.

3. Определение реакции объекта на собственные вектор-функции оператора объекта. В этом случае распределенный объект (систему) структурно можно представить бесконечной совокупностью независимых условно сосредоточенных контуров. Передаточная функция каждого условно сосредоточенного контура может быть представлена в виде отношения аналитических целых функций.

Разложим входное воздействие $U(x, y, t)$ в ряд Фурье. Учитывая граничные условия (2), входное воздействие может быть представлено в виде:

$$U(x, y, t) = \sum_{\eta, \gamma=1}^{\infty} C_{\eta, \gamma}(t) \cdot \sin(\psi_{\eta} \cdot x) \cdot \sin(\tilde{\phi}_{\gamma} \cdot y),$$

$$\text{где } \psi_{\eta} = \pi \cdot \frac{\eta}{x_L}; \quad \tilde{\phi}_{\gamma} = \pi \cdot \frac{\gamma}{y_L}.$$

Передаточная функция объекта по η, γ ($\eta, \gamma = \overline{1, \infty}$) моде входного воздействия:

$$\begin{aligned} W_{0, \eta, \gamma}(p) &= \frac{\bar{H}_{\eta, \gamma} \left(x, y, z = z^*, p \right)}{\bar{C}_{\eta, \gamma}(p) \cdot \sin(\psi_{\eta} \cdot x) \cdot \sin(\tilde{\phi}_{\gamma} \cdot y)} = \\ &= \frac{\exp\left(\beta_{\eta, \gamma} \cdot z^*\right) + \exp\left(-\beta_{\eta, \gamma} \cdot z^*\right)}{\exp(\beta_{\eta, \gamma} \cdot z_L) + \exp(-\beta_{\eta, \gamma} \cdot z_L)}, \quad (\eta, \gamma = \overline{1, \infty}), \end{aligned}$$

$$\text{где } \beta_{\eta, \gamma} = \left(\frac{p}{a} + \psi_{\eta}^2 + \tilde{\phi}_{\gamma}^2 \right)^{1/2}, \quad (\eta, \gamma = \overline{1, \infty}).$$

Таким образом, рассматриваемый распределенный объект может быть представлен в виде совокупности передаточных функций $W_{0,\eta,\gamma}(p)$ ($\eta, \gamma = \overline{1, \infty}$).

В зависимости от особенностей теплового объекта и необходимости в определении выходных параметров объекта управления с учетом влияния входного или входных воздействий можно воспользоваться любым из представленных выше способов описания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рапопорт Э. Я. Оптимальное управление системами с распределенными параметрами. – М.: Высшая школа, 2009. – 677 с.

АЛГОРИТМЫ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

Формирование изображений включает следующие подэтапы: настройка системы, в том числе подбор освещения рабочей сцены; аналоговые преобразования видеосигнала; ввод изображения в компьютер или другое решающее устройство; предварительная обработка оцифрованного изображения и сжатия информации в целях облегчения дальнейших этапов технического зрения [1].

Настройка СТЗ. Алгоритмы автоматизированной настройки системы очень сильно зависят от используемой аппаратуры, а также от конкретного вида рассматриваемой сцены. В ряде современных систем применяется управляемая подстройка интенсивности источников света и/или их пространственной направленности, которая осуществляется в контуре обратной связи по специальным программам до удовлетворения выбранных критериев зрительного восприятия [2].

Автоматизация настройки видеосистемы предусматривает также наведение видеосенсора на нужный объект – выбор поля зрения, фокусировку и диафрагмирование объекта. При рассмотрении сцен с изолированными объектами определяется такое расположение камеры и такие параметры оптического тракта, при которых объекты полностью попадают в заданную рамку; в других случаях эту рамку можно наложить на нужный фрагмент сцены, «привязывая» её к некоторым характерным точкам.

Аналоговые преобразования. Алгоритмы аналоговых преобразований видеосигнала на стадии формирования изображения в СТЗ, как правило, реализуются аппаратными средствами и служат для обеспечения требуемых электрических характеристик сигнала.

Ввод изображения в компьютер. В общем случае под изображением рабочей сцены будем понимать двумерную функцию $g(x, y)$, где g – яркость соответствующей точки сцены (x, y) . Вместо исходного изображения $g(x, y)$ в память компьютера вводится массив значений $G(i, j)$, задаваемый на целочисленной решетке $i = \overline{0, N_x}$, $j = \overline{0, N_y}$, показывающей всю область $X \times Y$ или её некоторую подобласть. Значение G в узловой точке представляет усредненную яркость g элемента изображения в окрестности этой точки.

После квантования функция $G(i, j)$ принимает целочисленные значения: $G(i, j) = k$ при $T_{k-1} \leq G(i, j) < T_k$, $k \in [0, k_{\max}]$, где T_k – значение k -го порогового уровня. В случае $k_{\max} = 1$ оцифрованное изображение называется *бинарным* (двухградационным), в случае $k_{\max} > 1$ – *полутоновым* (многоградационным).

Для автоматического выбора порога бинаризации T чаще всего строят гистограмму яркости (показывающая, какое число n пикселей картинной плоскости имеют данную яркость), после чего ищут минимум гистограммы на впадине между двумя основными её пиками, отвечающими яркостям фона и объектов (см. рисунок, а).

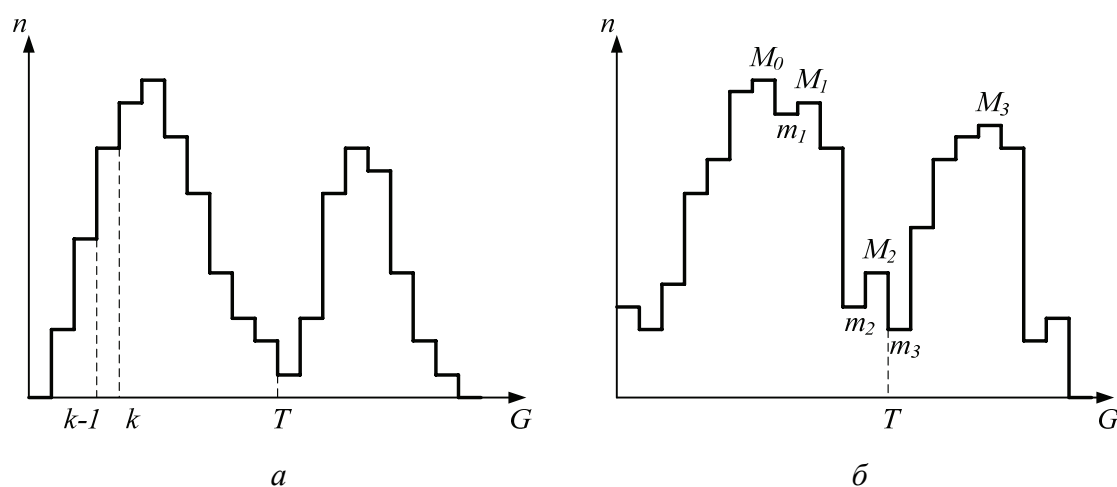


Рисунок 1 – Определение порога бинаризации по гистограммам яркости

Однако вследствие неидеальной контрастности реальная гистограмма редко бывает бимодальной: наряду с двумя основными пиками она имеет множество дополнительных отражающих, наличие теней и бликов, шумов и неоднородной чувствительности видеосенсора (см. рисунок, б).

Бинаризация изображения с глобальным порогом осуществляется по формуле [3]:

$$G(i, j) = \begin{cases} 1, & G(i, j) \geq T \wedge |G(i, j)| \leq \varepsilon; \\ 0. & \end{cases} \quad (1)$$

где ε – дополнительный порог по градиенту.

Бинаризация изображения с локальным порогом осуществляется по формуле:

$$G(i, j) = \begin{cases} 1, & G(i, j) > \bar{G}(i, j) - D(i, j); \\ 0. & \end{cases} \quad (2)$$

где $D(i, j) = 0,5[G(i, j) - G(i-1, j) + G(i, j) - G(i+1, j)]$, а $\bar{G}(i, j)$ – среднее значение яркости на выбранном окне.

Если разбить всё поле зрения на подобласти, в которых легко выбрать локальные пороги, то далее можно провести пространственную интерполяцию порога бинаризации через центры таких подобластей. Это даёт переменный (динамический) порог для всего поля зрения в целом.

Предварительная обработка изображения. Эта группа операций направлена на облегчение дальнейших этапов технического зрения и проводится в целях коррекции различных искажений, улучшения контрастности, удаления шумов и т. п.

Традиционным методом фильтрации изображений в целях выделения полезной информации из «зашумленной» картины является использование Фурье-преобразования, которое основано на хорошо исследованном теоретическом аппарате и позволяет применять современные средства, как цифровой (например, быстрое Фурье-преобразование), так и аналоговой реализации.

Дискретное Фурье-преобразование, реализуемое программным путем, дает спектр $\Gamma(l, m)$ функция яркости $G(j, k)$ в соответствии с формулой:

$$\Gamma(l, m) = \frac{1}{n_x n_y} \sum_{j=0}^{n_x-1} \sum_{k=0}^{n_y-1} G(j, k) \exp \left[-2\pi i \left(j \frac{l}{n_x} + k \frac{m}{n_y} \right) \right]. \quad (3)$$

Обозначив Фурье-преобразование F , определим обратное образование F^{-1} и получаем

$$G(j, k) = \sum_{l=0}^{n_x-1} \sum_{m=0}^{n_y-1} \Gamma(l, m) \exp \left[2\pi i \left(j \frac{l}{n_x} + k \frac{m}{n_y} \right) \right]. \quad (4)$$

Введем функцию $H(l, m)$, задающую линейный пространственный фильтр. Произведение спектра $\Gamma(l, m)$ и этой функции определит Фурье-образ на выходе фильтра $\Gamma_0(l, m) = \Gamma(l, m) \times H(l, m)$, откуда получаем выходную функцию яркости следующего вида:

$$G_0(i, j) = F^{-1} \{ \Gamma_0(l, m) \} = F^{-1} \{ \Gamma_0(l, m) H(l, m) \} = G(i, j) * h(i, j), \quad (5)$$

где $h(i, j) = F^{-1} \{ H(l, m) \}$, а символом $*$ обозначена операция свёртки.

Поскольку программная реализация алгоритмов, базирующихся на Фурье-преобразованиях, требует сравнительно больших вычислительных

затрат, ниже представлено более простое преобразование. Так, преобразование Адамара имеет спектр (при $n_x = n_y = n$)

$$\Gamma_1(l, m) = \frac{1}{n} \sum_{l=0}^{n-1} \sum_{k=0}^{n-1} G(j, k) (-1)^{\alpha_{jk}(l, m)}, \quad (6)$$

где $\alpha_{jk}(l, m) = \sum_{v=0}^{n-1} [\beta_v(j)\beta_v(l) + \beta_v(k)\beta_v(m)]$, а коэффициенты $\beta_v(q)$ равны либо 0, либо 1 в соответствии со значением v -го разряда числа q , представленного в двоичной системе счисления.

Перечисленные выше алгоритмы фильтрации и сглаживания, устраняя высокочастотные шумы, одновременно приводят к потере мелких деталей изображения и к размыванию границ объектов, что напоминает эффект расфокусировки. Стремясь ослабить это нежелательное побочное явление, обращаемся к выборочным усреднениям, пользуясь следующими методами:

1) Провести усреднение не по всем элементам выбранного окна, а лишь по тем, которые лежат вблизи границы между фоном объектом; как модификация такого метода применяется усреднение по элементам, находящимся по ту сторону от границы, что и рассматриваемый пиксель;

2) При усреднении учитывают только те пиксели выбранного окна, яркость которых отличается от яркости рассматриваемого элемента не более чем на заранее заданное значение;

3) В выбранном окне выделяют подмножество элементов, лежащих по разные стороны от рассматриваемого пикселя и дающих минимальный разброс значений яркости, и усреднение проводят только по этому подмножеству.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мошкин, В.И. Техническое зрение роботов / А.А. Петров, В.С. Титов, Ю.Г. Якушенков. — Москва: Под общ. ред. Ю.Г. Якушенкова. — М.: Машиностроение, 1990. — 272 с.
2. Shirai Y. Robot vision // Robotics. 1986. V. 2. N. 3. P. 175–203.
3. Келли, Р.Б. Три алгоритма технического зрения для задачи взятия деталей из бункеров / Р.Б. Келли, Э.А.Ш. Мартииш, Дж.Р. Берк, Ж.Д. Дессимос: Пер. с англ. ТИИЭР. 1983. Т.71. № 7. С. 23–44.

М. Ю. Подобед, Д. С. Карпович,
(УО «Белорусский государственный технологический университет»,
г. Минск, Беларусь)

А. Рассылкин
(Таллинский технический университет (TalTU),
г. Таллин, Эстония)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫМИ ПРОЦЕССАМИ

При решении задач управления рассматривать объект в виде системы с сосредоточенными параметрами не всегда корректно. Параметры объекта (температура, влажность, концентрация и др.) под влиянием как внешних, так и внутренних факторов характеризуются пространственной протяжённостью как по площади, так и по высоте помещения, а управляемая величина зависит не только от времени, но и от распределённости по пространственной области.

Рассмотрим задачу автоматического управления температурой в химическом аппарате. Пространственное и временное распределение температурного поля $\theta(x, t)$, которое зависит от времени t и вектора пространственных координат x . В силу простоты реализации и большой распространённости рассмотрим вариант сосредоточенного управления путем граничного управления плотностью внешнего теплового потока.

Целью системы автоматического управления является получение с определенной точностью в некоторый конечный момент времени t заданное распределение температурного поля $\theta(x, t)$ в контрольных точках пространства помещения после воздействия внешнего возмущения или смены температурного режима.

Интеграция информации с n точек измерения в систему каскадного сосредоточенного управления. В теории управления распределёнными системами для этих целей предлагают использовать переходные ξ -блоки, преобразующие значения функции $\theta(x, t)$ в одной или n фиксированных точках и формирующие соответствующий сосредоточенный сигнал обратной связи. При нескольких точках измерения в качестве сосредоточенного выхода могут рассматриваться интегральные оценки функции состояния распределенной системы, например, среднее ее значение или соотношения, характеризующие реальный результат измерения функции состояния в окрестности точки расположения соответствующих датчиков.

На данный момент в системах управления применяется метод обработки сигналов обратных связей по нескольким каналам путем

усреднения значений. Системы с усреднением температуры имеют следующие преимущества по отношению к САУ с контролем температуры в одной точке аппарата (представление аппарата в качестве объекта со средоточенными параметрами):

- 1) Способны контролировать локальные изменения температур на конкретных точках;
- 2) Уменьшено влияние на показания температуры в аппарате от различных видов нагрузки (в сравнении с системами контроля температуры по вытяжному воздуху);
- 3) Частичная компенсация влияния запаздывания для аппаратов больших размеров;

Недостатками подобных систем являются:

- 1) Возможны такие режимы работы, при которых на части рабочих мест в аппарате возможен локальный недогрев, а на другой части – перегрев, в то время как усреднённое значение температуры останется в допустимом диапазоне;
- 2) При большом количестве установленных в аппарате датчиков температуры воздуха, чувствительность системы управления снижается.

Критический анализ систем управления с усреднением значений температур по нескольким каналам показал, что, несмотря на простоту, данный метод не всегда может адекватно оценивать распределённое температурное поле. Поэтому целесообразно предусмотреть селекцию сигналов обратных связей, которая могла бы решить следующий ряд задач:

- 1) Обеспечение непрерывного мониторинга температурного поля в аппарате;
- 2) Осуществление управления с учетом не только усреднённого значения температуры в аппарате, но и с учетом значений отклонений температур от среднего;
- 3) Реализация гибких правил усреднения в зависимости от параметров объекта;
- 4) Улучшение динамических характеристик системы;
- 5) Практическая реализация и простота.

Рассмотрим аппарат с четырьмя распределёнными по площади точками. На каждом рабочем месте установлено по одному датчику измерения температуры, которые формируют четыре выходных значения (Y_1, Y_2, Y_3, Y_4).

В связи с большим количеством каналов измерения температуры и неопределенности правил селекции результирующего сигнала обратной связи, целесообразным видится возможность синтеза блока селекции функционирующего по гибким правилам нечеткой логики.

Реализация блока нечеткой селекции (БНС). В контур системы автоматического управления температурой встраивается блок нечеткой селекции (БНС), на вход которого подаются сигналы от датчиков температур на рабочих местах в помещении. Обработывая входные сигналы по нечеткому алгоритму, БНС формирует эквивалентный выходной сигнал обратной связи, который подается на вход регулятора температуры. БНС состоит из следующих основных элементов: блоки вычисления сигналов рассогласований по каждому каналу обратной связи, блока фазификации, блока агрегатирования, блока активации, блока аккумуляции, блока дефазификации.

В БНС вычисляются сигналы рассогласований ($\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$) между заданными (задание 1, задание 2, ..., задание n) и действительными значениями температур ($T_1, T_2, \dots, T_n$) в точках для каждого канала обратной связи.

Вычисленные сигналы рассогласования для всех каналов обратных связей подвергаются фазификации (вычислению соответствия между численными значениями сигналов рассогласования и значением функций принадлежности соответствующего ей терма входной лингвистической переменной). Далее, по заранее определенным правилам нечеткого вывода в БНС происходит процедура определения истинности каждого из правил нечеткого вывода (агрегатирование), и нахождения степени истинности каждого из подзаключений правил нечеткого вывода (активация). На стадии аккумуляции происходит нахождение функции принадлежности для выходной лингвистической переменной “эквивалентный сигнал рассогласования”, которое преобразуется в четкий выходной сигнал (дефазификация) ($\varepsilon_{ЭKB}$).

При первом приближении передаточную функцию в рассматриваемом помещении по каналу “температура агента – температура в аппарате” можно аппроксимировать в виде апериодического звена первого порядка с запаздыванием. Для системы управления с усреднением значения температуры общий выходной сигнал запишется:

$$Y = \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4}{4}$$

или в общем виде

$$Y = \frac{1}{n} \sum_{n=1}^n Y_n$$

Эквивалентная передаточная функция для системы с усреднением в общем виде запишется:

$$W_{ЭKB} = \frac{1}{n} \sum_{n=1}^n W_n$$

Для системы управления с блоком нечеткой селекции выходной сигнал в общем виде запишется:

$$Y = \frac{h1 \cdot Y1 + h2 \cdot Y2 + h3 \cdot Y3 + h4 \cdot Y4}{4}$$

где $h1, h2, h3, h4$ – весовые коэффициенты, формируемые БНС индивидуально для каждого сигнала обратной связи.

Эквивалентная передаточная функция для системы с БНС в общем виде запишется:

$$W_{\text{ЭКВ}} = \frac{1}{n} \sum_{n=1}^n h_n W_n$$

В последней формуле весовой коэффициент h_n представляет собой числовой коэффициент, отображающий важность (значимость) n сигнала обратной связи в формировании эквивалентного сигнала $\varepsilon_{\text{ЭКВ}}$.

Выходной сигнал БНС является обобщенной характеристикой, усреднением значений температуры по рабочим местам в помещении.

При значениях входных сигналов рассогласований в БНС, для которых функция принадлежности $\mu=1$, значение эквивалентного сигнала рассогласования можно описать при помощи традиционной математики. После расчёта всех возможных комбинаций входных значений сигналов рассогласований в БНС можно сформировать перечень возможных значений эквивалентного сигнала рассогласования и соответствующих им термов. При наличии четырех значений входных в БНС сигналов рассогласования по каналам обратных связей, описываемых тремя термами “отрицательный”, “нормальный”, “положительный”, необходимо девять термов, чтобы описать всевозможные значения эквивалентного выходного сигнала рассогласования. По аналогии с входными сигналами рассогласований, целесообразно применить термы треугольной формы и аналогичные области изменения.

Самым простым принципом формирования правил нечеткого вывода эквивалентного рассогласования на основании “усреднения значений сигналов рассогласований в точках с $\mu=1$ ”. Такие системы автоматического управления позволяют существенно ускорить процесс перехода при смене температурных режимов в помещении с прекомфортный / нормальный, в сравнении с классическими системами с усреднением температуры.

Проанализируем поведение температур в точках измерения при смене режимов работы прекомфортный/нормальный. При смене режима начинают экспоненциально увеличиваться температуры во всех точках

помещения, спустя какое-то время в одной или нескольких точках значение функции принадлежности сигнала рассогласования к терму “нормальный” будет близко к 1. Для того, чтобы избавиться от колебаний температуры в данный момент, необходимо искусственно увеличить инерционность системы, путем смещения эквивалентного сигнала рассогласования до ближайшего меньшего терма. Для этого необходимо модифицировать правила нечеткого вывода, в которых один из сигналов рассогласования достигает “нормального” значения, а все остальные еще “отрицательный” или “положительный”. Система автоматического управления с БНС (без колебаний) позволяет снизить уровень перерегулирования практически до 0, сохранив при этом время переходного процесса на среднем уровне между системы с усреднением и системы с БНС ($\mu = 1$).

При приближении значения функции принадлежности одного сигнала рассогласования к терму “отрицательный” или “положительный”, в то время как значения функций принадлежности других сигналов рассогласований советуют терму “нормальный”, целесообразно сместить эквивалентный сигнал рассогласования до ближайшего большего или соответственно меньшего терма.

Так же применение БНС позволяет при помощи весовых коэффициентов увеличить или уменьшить значимость значений сигналов обратных связей от некоторых обратных связей.

Путем вариаций правил нечеткого вывода и изменений весовых коэффициентов для значений температуры в каждой точке помещения можно уменьшить, присущие системе с усреднением недостатки, и расширить функциональные возможности системе управления с большим количеством датчиков в канале обратной связи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шеври Ф. Нечеткая логика / Ф. Шеври, Ф. Гели. – [б. м. : б. и.], 2009. – 32 с. – (Серия “Техническая коллекция Schneider Electric”; вып. 31).

Научное издание

НЕФТЕХИМИЯ – 2018

МАТЕРИАЛЫ I МЕЖДУНАРОДНОГО НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ФОРУМА ПО ХИМИЧЕСКИМ ТЕХНОЛОГИЯМ И ПО НЕФТЕГАЗОПЕРЕРАБОТКЕ

В 2-х частях

Часть 1

В авторской редакции

Компьютерная верстка:

А. А. Селиванова, О. Ю. Шантарович, Е. В. Ильченко

Подписано в печать 23.11.2018. Формат 60×84¹/₁₆.

Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать ризографическая.

Усл. печ. л. 18,89. Уч.-изд. л. 19,50.

Тираж 200 экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение:

УО «Белорусский государственный технологический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/227 от 20.03.2014.

Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.



ООО «ФОДИС»



Учреждение образования
"Белорусский государственный
технологический университет"

Официальный партнер проекта Fodis

Совместная научно-исследовательская
и образовательная деятельность
в рамках государственно-частного партнёрства
по практическому внедрению инновационных технологий Fodis



Fodis®

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ
ТЕХНОЛОГИЙ FODIS:

- Нефтехимия
- Атомная промышленность
- Электроэнергетика
- Машиностроение
- Деревообработка
- Промышленный сектор



амкор-эластомер

Производство резинотехнических изделий

info@elastomer.by

elastomer.by



ЗАО "АМКОДОР-ЭЛАСТОМЕР"- ЭТО:

ПОЛНЫЙ ЦИКЛ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ ОТ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОТОТИПА ДО СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

ФОРМОВЫЕ ИЗДЕЛИЯ:

- Армированные манжеты
- Шарниры различной конфигурации
- Кольца, втулки
- Пластины и уплотнители
- Резиновые, металлоармированные виброизоляторы для мобильной техники
- Резиновые, металлоармированные демпферы, амортизационные подушки
- Напольные покрытия, ковры
- Резиновые напольные покрытия для ферм
- Детали интерьера кабины

НЕФОРМОВЫЕ ИЗДЕЛИЯ:

- Профили монолитные, металлоармированные, дублированные, с применением пористых резин
- Рукава низкого давления
- Шланги поливочные

РЕЗИНОВЫЕ СМЕСИ

Система менеджмента качества
сертифицирована на соответствие
Стандарту ISO 9001:2015

НОВОЕ КОМПЛЕКСНОЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЕ
АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

ДВЕ ЛИНИИ РЕЗИНОСМЕЩЕНИЯ

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ УЧАСТОК

ЛИНИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ПАТРУБКОВ
И РУКАВОВ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

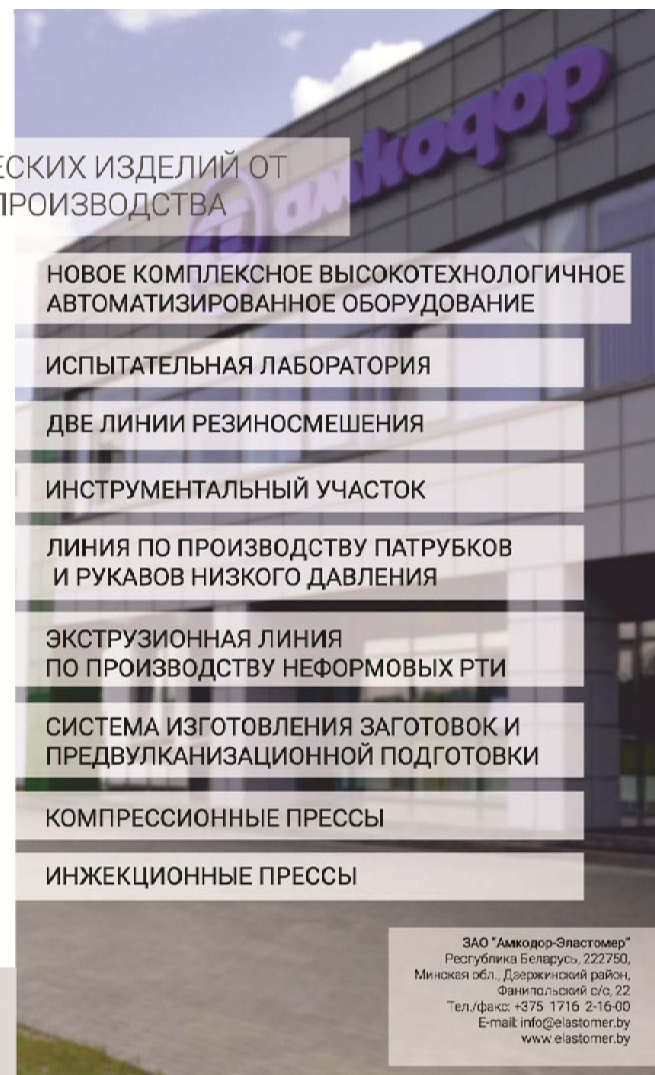
ЭКСТРУЗИОННАЯ ЛИНИЯ
ПО ПРОИЗВОДСТВУ НЕФОРМОВЫХ РТИ

СИСТЕМА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАГОТОВОК И
ПРЕДВУЛКАНИЗАЦИОННОЙ ПОДГОТОВКИ

КОМПРЕССИОННЫЕ ПРЕССЫ

ИНЖЕКЦИОННЫЕ ПРЕССЫ

ЗАО "Амкордор-Эластомер"
Республика Беларусь, 222750,
Минская обл., Дзержинский район,
Фанитольский с/с, 22
Тел./факс: +375 1716 2-16-00
E-mail: info@elastomer.by
www.elastomer.by



ТЕХНОЛОГИИ



Используемое оборудование позволяет производить продукцию по **ВСЕМ** имеющимся в мире композитным технологиям для полимеров



DIEFFENBACHER