

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
РОССИЙСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

УСПЕХИ
В ХИМИИ И ХИМИЧЕСКОЙ
ТЕХНОЛОГИИ

Том XXXVIII

№ 12

Москва
2024

УДК 66.01-52
ББК 24. 35
У78

Рецензент:
Российский химико-технологический университет
имени Д. И. Менделеева

У78 **Успехи в химии и химической технологии:** сб. науч. тр. Том XXXVIII,
№ 12 (291). – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2024. – 172 с.

В сборнике "Успехи в химии и химической технологии» опубликованы статьи по актуальным вопросам в области синтеза и исследования свойств новых химических соединений и материалов, создания современных химических технологий и эффективных производств на их основе. Представленные в статьях результаты были предметом обсуждения на V Межвузовской конференции молодых ученых с международным участием "Новые материалы и химические технологии", проведенной в декабре 2024 года на факультете Физико-математических и естественных наук Российского университета дружбы народов (РУДН) и РХТУ имени Д.И. Менделеева при участии МГТУ имени Н.Э. Баумана.

Сборник находится в открытом доступе, научные статьи включены в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ) на платформе Elibrary.ru.

Материалы сборника представляют интерес для научно-технических работников, преподавателей, аспирантов и студентов химического профиля вузов, занимающимися исследованиями в области химии и химической технологии.

УДК 66.01-52
ББК 24. 35

Содержание

Аунг Наинг У, Бурлов И.Ю.

Исследование свойств композиционного вяжущего на основе сульфоалюмината кальция и портландцемента.....7

Казначеева А.А., Зверева О.В., Аверина Ю.М.

Оценка биотехнологического потенциала отработанной культуральной жидкости *Bifidobacterium bifidum*10

Нестерова А.В., Зубарев А.М., Меньшиков В.В.

Аппарат вихревого слоя, как аналог бисерной мельницы в производстве лакокрасочных материалов13

Мусина К.Р., Савинков С.В.

Возможности внедрения локальных установок по утилизации бытовых и производственных отходов.....16

Фионов Ю.А., Колимеева Д.П., Каштанова Н.А., Сыхраннова М.В., Фионова Е.А., Хайбуллин С.В., Жукова А.И.

Эффективный никелевый катализатор для получения водорода в процессе паровой конверсии глицерина19

Tewelde Tkabo, Джессу Лубо Ивон Седрик, Чередниченко А.Г.

Исследование адсорбции этанола активированным углем «ecosorb», модифицированного K_2CO_3 23

Буюклыу К. Л., Савинков С.В.

Современные способы получения и конструкции оборудования для производства биоразлагаемых полимерных материалов.....27

Зырянова Е.Д., Зубарев А.М., Меньшиков В.В.

Обзор программного обеспечения для проектирования и моделирования химико-технологических систем.....30

Башлыкова А.И., Манюкова И.И., Журавлева О.С.

Обзор направлений применения различных модификаций хитозана35

Никишина В.В., Журавлева О.С.

Анализ сред для имитационного моделирования в проектировании цепей поставок38

Рогачёва А.Р., Богомоллов Б.Б.

Роль стоимостного анализа в процессе бизнес-моделирования технологии электрофлотационной очистки сточных вод.....41

Рогачёва А.Р., Чекурова С.С., Журавлёва О.С.

Матрица взаимосвязи опасностей, угроз и рисков и механизмы управления ими в системе кадровой безопасности на примере химических предприятий.....46

Чекурова С.С., Аверина Ю.М., Богомолов Б.Б.

Разработка процедуры выбора эффективного материала в производстве композитных мембран49

Liangyue Cheng, Чередниченко А.Г.

Влияние электрического поля на процесс изомеризации 5-хлорурацила53

Чекурова С.С., Журавлева О.С. Аверина Ю.М., Рогачева А.Р.

Обеспечение информационной безопасности на примере нефтегазохимического комплекса55

Аверина Ю.М., Чекурова С.С.

SWOT-анализ развития мембранной технологии в России59

Маныч А.А., Богомолов Б.Б., Журавлева О.С.

Оптимизация процессов очистки от железа высокочистого моногидрата сульфата марганца62

Рогачёва А.Р., Богомолов Б.Б.

Структурное моделирование проектирования узла электрофлотации системы водоочистки.....65

Стародубцева Н.Ю., Зверева О.В., Соловьева О.Р.

Современные приборы для мониторинга водных объектов69

Рогачёва А.Р., Богомолов Б.Б.

Моделирование бизнес-процесса проверки качества воды в технологии флотационной очистки сточных вод73

Верхососова А.И., Аверина Ю.М., Зверева О.В.

Анализ перспективности широкого применения альтернативных видов топливных ресурсов на территории России.....76

Аверина Ю.М., Рой К.О., Журавлева О.С.

Применение метода анализа иерархий при организации производства эфирных масел..80

Галиева Д.Д., Агапов А.А.

Анализ эффективности организации цепей поставок по добыче лития и его соединений в России82

Ващук В.Р., Манюкова И.И., Журавлева О.С.

Изучение возможности решения проблем в лесопромышленном комплексе Ханты-Мансийского автономного округа – Югры86

Кривошеина Н.С., Богомолов Б.Б.

Алгоритм выбора антикоррозионного покрытия для резервуаров хранения нефти и нефтепродуктов89

Верхососова А.И., Аверина Ю.М., Зверева О.В. Анализ источников антропогенного загрязнения атмосферного воздуха диоксидом углерода.....	93
Сазонов И.А., Башлыкова А.И., Савинков С.В. Влияние цифровизации на производительность труда в лабораторных условиях.....	96
Верхососова А.И., Аверина Ю.М., Зверева О.В. Основные направления применения химических технологий в строительной отрасли ..	99
Покровский С.Я., Зверева О.В., Пигас А.В. Анализ способов определения и контроля выбросов цементных производств.....	102
Habte H.H., Курочкин А.В., Маркова Е.Б., Чередниченко А.Г. Катализаторы на основе редкоземельных элементов в производстве олефинов: оценка $KLuMo_2O_8$ для эффективной конверсии пропана	105
Соловьева О.Р., Зверева О.В., Стародубцева Н.Ю. Сравнительный анализ технологий регенерации катализаторов в нефтехимии	109
Ходжаев Р.Р., Рылов В.А., Манюкова И.И., Журавлева О.С. Аппроксимация контура пропускания интерференционного фильтра для вычисления статических характеристик абсорбционных газоанализаторов.....	112
Курочкин А.В., Маркова Е.Б., Чередниченко А.Г. Синтез и изучение железосодержащих катализаторов на основе Al_2O_3 и Zn_2SiO_4 в реакции крекинга пропана	115
Новикова Т.Д., Криворотова С.А., Зверева О.В. Современной состояние рынка детского питания в России.....	118
Лавданский А.М., Аверина Ю.М. Роль стандартизации организационных и технологических процессов в бизнес – системе ювелирного производства	122
Хвостова П.Е., Никонов Р.А., Ахмина П.В., Скворцова Л.Г., Крючкова Т.А., Шешко Т.Ф., Чередниченко А.Г. Влияние состава сложных оксидов $Gd(K)Fe_{1-x}Co_xO_3$ на их кислотно-основные свойства.....	125
Криворотова С.А., Зверева О.В., Новикова Т.Д. SWOT-анализ развития модели энергосервиса в бюджетных организациях	130
Селиванова М.М., Смирнова С.С., Курочкин А.В., Зайцева Ю.М., Маркова Е.Б. Синтез и изучение аэрогелевых катализаторов Al_2O_3 в реакции крекинга пропана.....	133
Ищенко Н.А., Манюкова И.И., Журавлева О.С. Изучение эффективных способов очистки воды с применением катионов металлов.....	136
Харламов С.М., Маркова Е.Б., Чередниченко А.Г. Перспективы технологии синтеза «легких олефинов» на основе дегидрирования пропана.....	138

Пигас А.В., Зверева О.В. Покровский С.Я.

Сравнительный анализ порошковых лакокрасочных материалов142

Тотомир К.Ю., Шерварли С.А., Крючкова Т.А., Шешко Т.Ф., Чередниченко А.Г.

Влияние природы носителя на каталитические свойства $GdFeO_3$ в углекислотной конверсии метана145

Журавлева О.С., Ершова В.Р.

Обеспечение кибербезопасности предприятий нефтегазохимического комплекса в условиях цифровой трансформации148

Колядина А.В., Апанович Н.А., Аверина Ю.М.

Исследование влияния различных типов наполнителей на свойства огнезащитных покрытий151

Жилинская А.М., Осипчик В.С., Журавлева О.С.

Исследование факторов окружающей среды на свойства сэндвич-конструкций на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена.....155

Ким В. Р., Журавлева О. С., Горбунова И. Ю., Орлов А. В.

Влияние эпокси фосфазенов на реокинетику композиции на основе ЭД-20 и ДЦДА.....160

Хейн Тху Аунг

Гидратационные характеристики волокнистого ионообменного материала в ионных формах трехзарядных металлов.....164

Аверина Ю.М., Рублева С.А., Зверева О.В., Верхососова А.И.

Определение критериев сравнения алгоритмов дискретной математики.....168

УДК 666.9

Аунг Наинг У, Бурлов И.Ю.

Исследование свойств композиционного вяжущего на основе сульфоалюмината кальция и портландцемента

Аунг Наинг У – магистрант 1-го года обучения кафедры химической технологии композитных и вяжущих материалов; naingooa009@gmail.com.

Бурлов Иван Юрьевич – кандидат технических наук, заведующий кафедры химической технологии композитных и вяжущих материалов; burlov.i.i@muctr.ru.

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»,
Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9.

В статье рассматривается изучение свойств композиционного вяжущего на основе сульфоалюмината кальция и портландцемента. Композиционное вяжущее является новым материалом, обладающим улучшенными характеристиками по сравнению с традиционными вяжущими веществами. Полученные данные и результаты исследования могут быть использованы в различных промышленных отраслях, включая строительство, производство строительных материалов и ремонтные работы. Композиционное вяжущее на основе сульфоалюмината кальция и портландцемента представляет собой перспективный материал, который может применяться для повышения прочности и долговечности строительных конструкций.

Ключевые слова: сульфоалюминат кальция; короткие сроки схватывания; ранняя прочность рентгенофазовый анализ; сканирующая электронная микроскопия.

STUDY OF THE PROPERTIES OF A COMPOSITE BINDER BASED ON CALCIUM SULFOALUMINATE AND PORTLAND CEMENT

Aung Naing Oo., Burlov I.Y.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russian Federation

The article considers studying of the properties of a composite binder based on calcium sulfoaluminate and portland cement. Composite binder is a new material with improved characteristics compared to traditional binders. The obtained data and research results can be used in various industrial sectors, including construction, production of building materials and repair work. A composite binder based on calcium sulfoaluminate and portland cement is a promising material that can be used to increase the strength and durability of building structures.

Key words: calcium sulphoaluminate; short-term setting; early strength of the stone; X-ray phase analysis; scanning electron microscopy

Введение

Исследование посвящено изучению свойств композиционного вяжущего материала, полученного на основе сульфоалюмината кальция и портландцемента. Данная тема является актуальной в контексте поиска эффективных решений для повышения прочности, долговечности и экологической устойчивости строительных материалов. Сульфоалюминат кальция привлекает внимание благодаря своим быстросхватывающим и высокопрочным характеристикам, тогда как портландцемент традиционно используется благодаря своим превосходным вяжущим свойствам и доступности. Современное капитальное строительство, основанное на новых технологиях и способах его осуществления, обуславливают необходимость разработки специальных эффективных цементов, повышающих технический уровень в строительной индустрии [1-5].

Сульфоалюминатный цемент обладает высокими эксплуатационными характеристиками, такими как быстрое затвердевание, высокая ранняя прочность и безусадочность. Он относится к категории экологически чистого цемента из-за низкой температуры обжига и низкого уровня выбросов углекислого газа (CO_2). Однако годовой объем производства САЦ во всем мире составляет всего

несколько миллионов тонн, занимая очень небольшую долю рынка цемента по сравнению с портландцементом, из которого в 2014 году в Китае было произведено 2,49 миллиарда тонн (Национальное бюро статистики Китая, 2014г.). САЦ в основном используется в некоторых областях машиностроения, таких как аварийный ремонт дорог и мостов, подготовка крупных сборных конструкций, строительство в условиях низких температур и т.д. (Эль-Альфи и Гадо, 2016, Аранда и Дела, 2013).

Расширение использования САЦ ограничено высокой стоимостью его производства, несмотря на его превосходные эксплуатационные характеристики. Традиционным сырьем для изготовления САЦ являются бокситы, природный гипс и известняк; бокситы повышают общую стоимость САЦ. Если стоимость сырья может быть значительно снижена, САЦ может показать очень многообещающие перспективы применения.

Сульфатированные клинкеры делятся на три вида: сульфоалюминатные, сульфоферритные и сульфоалюмоферритные. В этих клинкерах фаза белита (C_2S) является особенно важной фазой, поскольку почти все природные материалы и промышленные отходы содержат значительное количество кремнезема, соотношение между этими

фазами во многом определяет свойства получаемых цементов.

Экспериментальная часть

В работе использовался САЦ производства АО «Подольск-Цемент», данные химического и физико-механического анализа представлены в таблице 1.

По данным РФА анализа в цемент САК входит 5 высокотемпературных минералов.

Минералогический состав: 1. C_3A_3CS (C_4A_3S) –

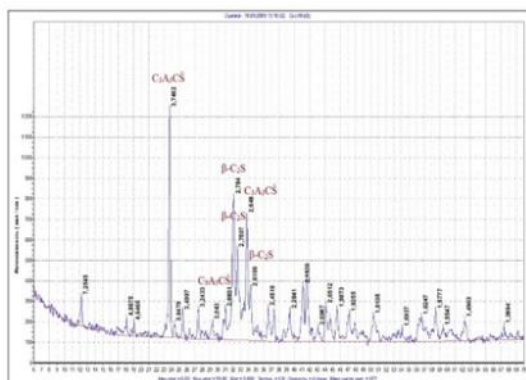
сульфоалюминат кальция (йелемит); 2. C_2S – белит (ларнит); 3. C_4AF – четырехкальцевый алюмоферрит (браунмиллерит); 4. C_2AS – алюмосиликат кальция (геленит); 5. $C_{12}A_7$ – алюминат кальция (майенит). Результаты минералогического анализа представлены на рисунке 1а. Электронно-микроскопические исследования представлены на рисунке 1б. Кристаллы сульфоалюмината кальция имеют гексагональную и частично кубическую сингонию, размер кристаллов от 1 до 5 мкм.

Таблица 1-химический состав сульфоалюминатного цемента

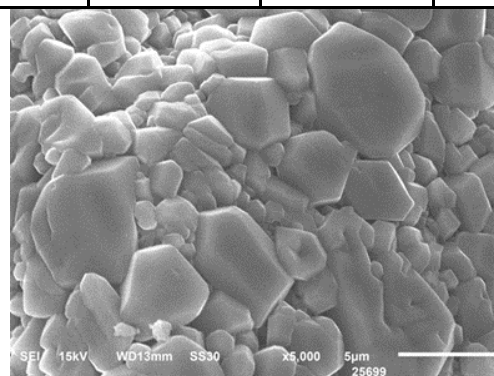
Тонкость помола, 008	Оксиды, %	п.п.п.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ca O	Mg O	SO ₃
3%	цемент САК	0,43	12,90	29,49	5,03	46,54	1,46	5.64

Таблица 2- физико-механические свойства сульфоалюминатного цемента

	Н.Г.	Сроки схватывания, мин		Предел прочности на сжатие, МПа			
		начало	конец	1 сутки	3-е суток	7 суток	28 суток
САЦ	0,37	15	25	46.2	58.28	62.7	67.4



а



б

Рисунок 1. - минералогический и микроскопический анализ цемента САК

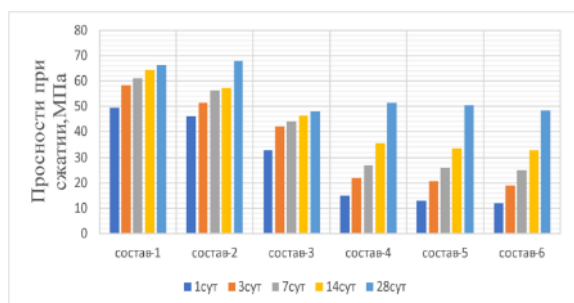
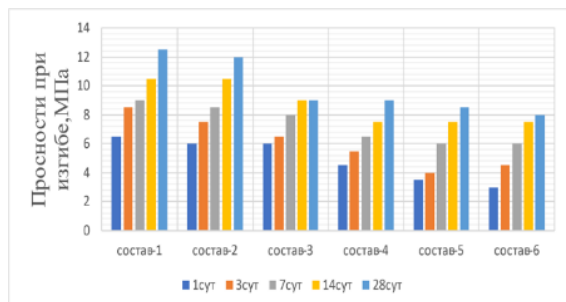
Результаты исследования нормальной густоты и сроков схватывания композиционных составов цементов

Для изучения свойств композиционных вяжущих были подготовлены 6 составов. Состав 1 содержал сульфоалюминатного цемента 90% и портландцемента 10%, состав 2 содержал сульфоалюминатного цемента 80% и портландцемента 20%, состав 3 содержал сульфоалюминатного цемента 70% и портландцемента 30%, состав 4 содержал сульфоалюминатного цемента 30% и портландцемента 70%, состав 5 содержал сульфоалюминатного цемента 20% и портландцемента 80%, состав 6 содержал сульфоалюминатного цемента 30% и Портландцемента 70%. Первоначально определяли водопотребность полученных составов цементов. Составы композиционных цементов, результаты определения нормальной густоты и сроки схватывания, представлены в таблице 3.

Таблица 3- Н.Г. и сроки схватывания сульфоалюминатного цемента

образец	содержание	Нормальная густота %	Сроки схватывания	
			Начало (мин)	Конец (мин)
Состав - 1	90%САК + 10%ПЦ	39,0	10	20
Состав - 2	80%САК + 20%ПЦ	37,5	12	24
Состав - 3	70%САК + 30%ПЦ	35,0	25	39
Состав - 4	30%САК + 70%ПЦ	33,5	55	70
Состав - 5	20%САК + 80%ПЦ	30,5	90	110
Состав - 6	10%САК + 90%ПЦ	29,0	100	170

С увеличением содержания портландцемента уменьшается нормальная густота и увеличиваются сроки схватывания раствора композиционных вяжущих. САЦ проявляет большую водопотребность по сравнению с портландцементом. Для сульфоалюминатных цементов характерен сравнительно быстрый набор прочности в первые 3 сут



Исследования составов композиций САЦ и ПЦ выявили оптимальные составы по физико-механическим показателям, это Состав 2 и 3. Увеличение содержания САЦ в композиции регулирует сроки схватывания и раннюю прочность камня, содержание ПЦ повышает прочность в поздние сроки твердения.

Заключение

Исследование продемонстрировало перспективность использования композиционного, вяжущего на основе сульфоалюмината кальция и портландцемента в строительной отрасли. Полученные результаты свидетельствуют о значительном потенциале данного материала для использования в условиях, требующих повышенной прочности и стойкости к агрессивным средам. Также важным аспектом является экологическая выгода от применения сульфоалюмината кальция, так как его производство сопровождается меньшими выбросами CO_2 по сравнению с традиционным портландцементом. Проведены исследования свойств сульфоалюминатного цемента. Данные ЭМ и РФА показали минералогический состав, состоящий из 85% САК. Так же в составе присутствуют белит, майенит и алюмоферрит кальция. Данные физико-механических испытаний сульфоалюминатного цемента показали сроки схватывания раствора 15-25 минут, нормальную густоту раствора 0,37 и прочности на сжатие в 1е сутки 46,5 МПа. Использование в полученных композициях функциональных добавок позволит оптимизировать

твердения, с последующим его замедлением, что очевидно связано с расширением твердеющих систем. В возрасте 28 сут прочность состава 1 (при изгибе 12,5 МПа и при сжатии 66,5 МПа) и состава 2 (при изгибе 12,0 МПа и при сжатии 68,0 МПа) выше, чем для других составов.

Таблица 4-Исследование прочности составов на изгиб

Составы	Прочность при изгибе, МПа				
	1 сут	3 сут	7 сут	14 сут	28 сут
Состав - 1	6,5	8,5	9,0	10,5	12,5
Состав - 2	6,0	7,5	8,5	10,5	12,0
Состав - 3	6,0	6,5	8,0	9,0	9,0
Состав - 4	4,5	5,5	6,5	7,5	9,0
Состав - 5	3,5	4,0	6,0	7,5	8,5
Состав - 6	3,0	4,5	6,0	7,5	8,0

Таблица .3. Исследование прочности составов на сжатие

Составы	Прочность при сжатии, МПа				
	1 сут	3 сут	7 сут	14 сут	28 сут
Состав - 1	49,5	58,5	61,0	64,5	66,5
Состав - 2	46,0	51,5	56,5	57,5	68,0
Состав - 3	34,0	42,0	44,0	46,5	48,0
Состав - 4	15,0	22,0	27,0	35,5	51,5
Состав - 5	13,0	20,5	26,0	33,5	50,5
Состав - 6	12,5	19,0	25,0	33,0	48,5

свойства раствора и цементного камня на всех этапах гидратации и твердения. Эти составы планируется использовать в дальнейших исследованиях для разработки особобыстротвердеющих смесей с модифицирующими добавками.

Определение прочностных показателей композиционных цементов показало, что наибольшие прочности при сжатии в возрасте 28 сут характерны для составов 1 и 2, у остальных составов прочность ниже. В возрасте 28 сут прочность состава 1 (при изгибе 12,5 МПа и при сжатии 66,5 МПа) и состава 2 (при изгибе 12,0 МПа и при сжатии 68,0 МПа) выше, чем для других составов.

Список литературы

1. Самченко С.В., Бурлов И.Ю., Бурьгин И.В. Получение специальных цементов раздельным помолотом на ОАО «Подольск-Цемент» // Вестник БГТУ. Белгород, 2005. №10. С. 266-269.
2. Кузнецова Т.В. Специальные цементы/ Т.В. Кузнецова, М.М. Сычев, А.П. Осокин, В.И. Корнеев, Л.Г. Судакас. СПб.: Стройиздат, 1997. 314с.
3. Самченко С.В., Сульфатированные алюмоферриты кальция и цементы на их основе: Монография// РХТУ им. Д.И.Менделеева- М., 2004.-120с.
4. Осокин А.П., Кривобородов Ю.Р. Состав и свойства специальных цементов // Технологии бетонов, 2006. №4 С. 26-28.
5. Кузнецова Т.В., Кривобородов Ю.Р. Состав, свойства и применение специальных цементов // Технологии бетонов, 2014. №2. С. 8-11.

УДК 663.1:676.08

Казначеева А.А., Зверева О.В., Аверина Ю.М.

Оценка биотехнологического потенциала отработанной культуральной жидкости *Bifidobacterium bifidum*Казначеева Алена Анатольевна – студент; alenakaznaceeva05@gmail.com.

Зверева Ольга Владимировна – ассистент кафедры ЛогЭКИ;

Аверина Юлия Михайловна – к.т.н., заведующий кафедрой ЛогЭКИ; ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева», Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9.

В данной работе оценена возможность повторного применения отходов при производстве пробиотиков. Рассмотрено понятие бесклеточного фильтрата бактерий, который представляет собой ценное сырье для получения пробиотических препаратов. Показана зависимость между составом питательной среды для культивирования бифидобактерий и характеристиками получаемого фильтрата, что подчеркивает важность оптимизации условий роста микроорганизмов. Приведена классификация культуральных сред, а также рассмотрены продукты переработки культуральной жидкости, что подразумевает их использование в различных отраслях, включая пищевую промышленность. Результаты исследования подчеркивают значимость эффективного использования ресурсов и отходов в биотехнологии.

Ключевые слова: отработанная культуральная жидкость; фильтрат; биотехнологическое производство; применение отходов

Assessment of the biotechnological potential of the spent culture fluid of *Bifidobacterium bifidum*

Kaznacheeva A.A., Zvereva O.V., Averina Y.M.

D. Mendelev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russian Federation

In this paper, the possibility of reuse of waste in the production of probiotics is evaluated. The concept of a cell-free bacterial filtrate, which is a valuable raw material for the production of probiotic drugs, is considered. The dependence between the composition of the nutrient medium for the cultivation of bifidobacteria and the characteristics of the resulting filtrate is shown, which emphasizes the importance of optimizing the growth conditions of microorganisms. The classification of culture media is given, and the products of culture liquid processing are considered, which implies their use in various industries, including the food industry. The results of the study emphasize the importance of efficient use of resources and waste in biotechnology.

Keywords: spent culture fluid; filtrate; biotechnological production; waste utilisation

Введение

Проблема вторичного применения отходов производства является актуальной для любой отрасли промышленности. Производство пробиотиков, несмотря на значительную ценность для здоровья человека и животных, связано с образованием различных видов отходов, что создает экологические и экономические проблемы. Эти отходы могут включать как органические, так и неорганические компоненты, их неправильная переработка или утилизация может негативно сказаться на окружающей среде.

Объектом исследования в работе является отработанная культуральная жидкость (фугат) при культивировании бактерий *Bifidobacterium bifidum* – отход производства пробиотического препарата Бифидумбактерин.

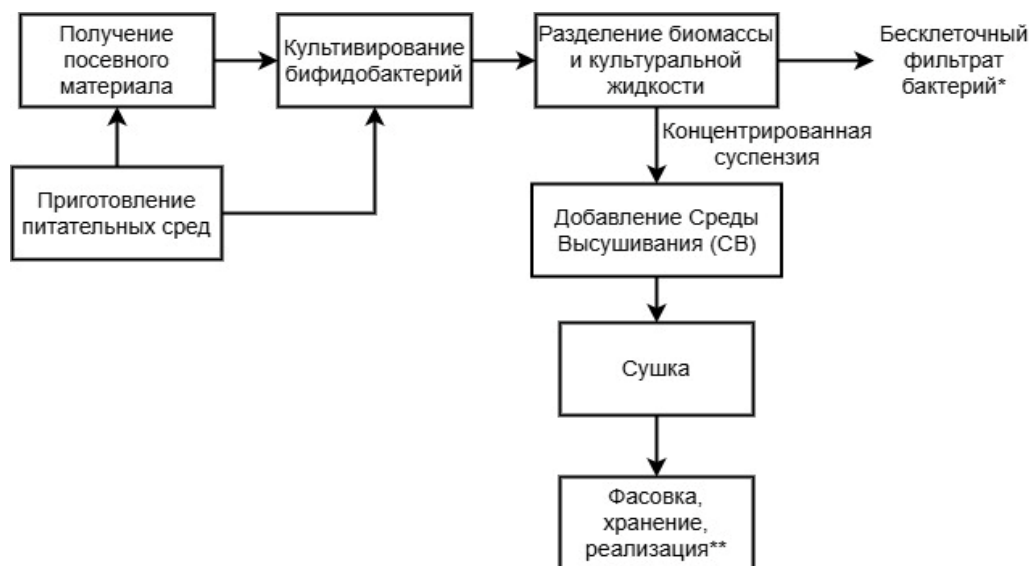
Бифидумбактерин широко используется для нормализации микрофлоры кишечника и поддержания здоровья пищеварительной системы. Препарат представляет собой биомассу живых бактерий *Bifidobacterium bifidum*, лиофилизированную в среде культивирования с добавлением защитной среды высушивания (сахарозо-желатино-молочной) [1].

Практическая часть

Бесклеточный фильтрат бактерий (фугат, или отработанная культуральная жидкость, ОКЖ) – это жидкость, полученная после фильтрации культуры бактерий, в которой удалены сами клетки. Фугат может содержать различные метаболиты, экзополисахариды, ферменты и другие биологически активные вещества, вырабатываемые бактериями в процессе их жизнедеятельности [2].

На рисунке 1 представлена принципиальная схема производства препарата Бифидумбактерин. При ферментации бифидобактерий получается 3,2–3,6 кг лиофилизированной микробной массы ($\approx 7,0 \cdot 10^{10}$ КОЕ), что составляет около 810.000 доз. Таким образом, выход бифидумбактерина с одного цикла производства составляет около 5.400 упаковок по 30 пакетов. На данное количество готовой продукции приходится около 280 литров фугата.

Состав полученного фильтрата определяется типом питательной среды, на которой происходило выращивание бактерий [2]. Для культивирования бифидобактерий используются различные виды культуральных сред, их классификация представлена в таблице 1.



* Выход фильтрата с одной ферментации составляет около 280 л

** Выход с одной ферментации около 5.400 упаковок бифидумбактерина по 30 пакетов

Рисунок 1. Принципиальная блок-схема производства бифидумбактерина

Таблица 1. Виды питательных сред для культивирования бифидобактерий [3]

Вид	Характеристика
Молочные среды	Используются молоко или его производные, такие как обезжиренное молоко, сыворотка и йогурт. Эти среды обеспечивают необходимую питательную основу для роста бифидобактерий.
Селективные среды	Например, среда для выделения бифидобактерий (Bifidobacterium selective medium), которая содержит ингибиторы для подавления роста нежелательных микроорганизмов.
Бифидум среда	Специально разработанная среда, содержащая глюкозу, лактозу и другие углеводы, которые способствуют росту бифидобактерий.
Среды на основе экстрактов	Например, экстракты дрожжей или мясные экстракты, которые обеспечивают необходимые аминокислоты и витамины.
Синтетические среды	Содержат четко определенные компоненты, такие как пептоны, аминокислоты и углеводы, что позволяет точно контролировать условия роста.
Биосуммарные среды	Содержат комбинации различных источников углеводов и белков, что позволяет обеспечить оптимальные условия для роста.

В современной промышленности для выращивания бифидобактерий используют гидролизатно-молочную (ГМС), кукурузно-лактозную (ГМК-1), казеино-дрожжевую (КДС) среды [4].

Как было отмечено, состав фильтрата может варьироваться в зависимости от условий культивирования, однако можно выделить несколько ключевых компонентов фильтрата: экзополисахариды, протеиновые фракции, лактат и другие органические кислоты, витамины и минералы (например, витамины группы В) и ферменты, выделяемые бактериями. Благодаря такому составу наибольшее применение он находит в пищевой промышленности (добавки к пищевой продукции). Некоторые свойства бесклеточного фильтрата бактерий:

1. Пробиотические свойства, что обуславливается содержанием метаболитов, которые могут оказывать антибактериальные и противовоспалительные действия.

2. Антиоксидантные свойства, которые возникают за счет способности некоторых компонентов фильтрата нейтрализовать свободные радикалы.

3. Улучшение пищеварения благодаря наличию ферментов и других биоактивных веществ.

4. Стимуляция иммунной системы, т.к. компоненты фильтрата могут активировать иммунный ответ.

Фильтрат может быть дополнительно обработан для концентрации активных веществ и удаления ненужных компонентов, используя методы ультрафильтрации или обратного осмоса. Такой фугат применяется в различных областях, включая микробиологию, биотехнологию и медицину, для изучения свойств бактерий, а также для разработки пробиотиков и других биопрепаратов [2].

Некоторые продукты переработки фугата, образующегося в результате культивирования бактерий различного вида, представлены в таблице 2.

Таблица 2. Продукт переработки отработанной культуральной жидкости

№ п/п	Продукт	Культивируемые бактерии	Источник
1	Биоактивная добавка для косметических средств	E. Coli и Bifidobacterium adolescentis	[5]
2	Косметическое средство	Bifidobacterium B.bifidum и B.longum	[6]
3	Комплексный обогатитель пищевого продукта	Бактерии рода Lactobacillus	[7]
4	Полифункциональное средство для растений	Bacillus subtilis	[8]
5	Бактериальное удобрение	Bacillus mucilaginosus	[9]
6	Сокосодержащий напиток	-	[10]

Фильтрат Bifidobacterium bifidum в значительной степени сохраняет функции и свойства живых пробиотиков этого штамма, что позволяет использовать его в производстве БАД (капсулы, таблетки, сыпучие формы), напитков (сухие растворимые), пищевых продуктов (мясные изделия, некоторые молочные продукты, мороженое, детское питание, фрукты и овощи). Он также находит применение в косметических средствах (для поддержания здоровой микрофлоры кожи) и в уходе за полостью рта (зубная паста, ополаскиватель и спрей-освежитель).

Заключение

Бесклеточный фильтрат бифидобактерий представляет собой перспективный продукт с широким спектром применения. Отработанная культуральная жидкость содержит различные аминокислоты, никотиновую и фолиевую кислоты, летучие жирные кислоты, множество витаминов и экзополисахаридов, что делает возможным ее эффективное использование в дальнейшем. Бесклеточный фильтрат применяют в различных отраслях промышленности таких как, пищевая, фармацевтическая, с/х производство. Эффективное управление фильтратом (отработанной культуральной жидкостью) позволяет минимизировать негативное воздействие на окружающую среду и способствует устойчивому развитию биотехнологической отрасли. Это включает в себя внедрение технологий повторного использования и переработки, что снижает объем отходов и экономит ресурсы промышленных предприятий.

Список литературы

1. Бифидумбактерин (Bifidumbacterin)// [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.rlsnet.ru/drugs/bifidumbakterin-14824> (дата обращения:).
2. Технологические аспекты производства бифидумбактерина [Текст] / М.И. Демешева, Л.Н. Мезенцева, Т.Д. Лимарева, Е.В. Князюк // Сибирский медицинский журнал №2 . 2009.вып.2. С.71-75
3. Питательная среда для выделения и культивирования бифидобактерий / Л. Н. Терновская, Т. Э. Калинина, С. М. Суханова, М. Н. Гапон // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. – 2011. – № 6. – С. 124-125.
4. Биотехнологический потенциал бифидобактерий [Текст] / И.А. Функ, А.Н.Ирkitова // Acta Biologica Sibirica.2016. С.67-79.
5. Пат. 2180576 Россия, МПК А61К 35/74, А61К 7/00, А61Р 29/00. Биоактивная добавка для косметических средств/ Т.Я. Вахитов, Л.Н. Петров, М.С. Борц, Е.Г. Николаева. - №98104368/14; Заявлено 10.12.1999; Опубл. 20.03.2002, Бюл. №8. – 6 с.
6. Пат. 2241441 Россия, МПК А61К 7/48, А61К 35/74, А61К 35/78. Комплекс метаболитов бифидобактерий и косметическое средство на его основе/ А.С. Голубков, В.С. Тульский. - №2003106383/15; Заявлено 07.03.2003; Опубл. 10.12.2004, Бюл. №34. – 10 с.
7. Пат. 2397246 Россия, МПК C12N 1/20, A23L 1/054. Комплексный обогатитель пищевого продукта/ Б.А. Шендеров, Я.В. Иванова, И.М. Сорокина. - № 2009123993/13; Заявлено 24.06.2009; Опубл. 20.08.2010, Бюл. №23. - 11 с.
8. Пат. 2665547 Россия, МПК C12N 1/20, A01N 63/02, А61К 35/742, C12R 1/125. Бесклеточная культуральная жидкость на основе штамма Bacillus subtilis, консервант для силоса и полифункциональное средство для растений с фунгицидными, бактерицидными и ростстимулирующими свойствами/ Т.Н. Кузнецова, В.И. Кузнецов, М.В. Кузнецова. - №2017117228; Заявлено 17.05.2017; Опубл. 30.08.2018, Бюл. №25. – 17 с.
9. Пат. 2157798 Россия, МПК C05F 11/08. Бактериальное удобрение и способ его получения/ Е.Я. Виноградов, А.Е. Виноградов. - №99100664/13; Заявлено 21.01.1999; Опубл. 20.10.2000. – 7 с.
10. Сорокина И.М., Доронин А.Ф., Демидова Т.И. Разработка технологии производства сокосодержащих напитков на основе безмикробной культуральной жидкости/ И.М. Сорокина, А.Ф. Доронин, Т.И. Демидова//Пищевая промышленность. – 2010. – №3.

УДК 66.02:67.05: 667.6

Нестерова А.В., Зубарев А.М., Меньшиков В.В.

Аппарат вихревого слоя, как аналог бисерной мельницы в производстве лакокрасочных материалов

Нестерова Алиса Витальевна – студентка группы МТ-11; alisa2002nesterova@mail.ru

Зубарев Андрей Михайлович – старший преподаватель кафедры логистики и экономической информатики.

Меньшиков Владимир Викторович – профессор, д.т.н., профессор-консультант кафедры инновационных материалов и защиты от коррозии.

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»,

Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9.

В статье рассмотрен функционал и характеристики бисерной мельницы, аппарат вихревого слоя и его использование в различных отраслях промышленности. Приведен способ применения аппарата вихревого слоя, как аналога бисерной мельницы в производстве порошковых лакокрасочных материалов.

Ключевые слова: аппарат вихревого слоя, бисерная мельница, порошковая краска, производство.

The vortex layer apparatus, as an analogue of a bead mill in the production of paints and varnishes

Nesterova A.V., Zubarev A.M., Menshikov V.V.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russian Federation

The article discusses the functionality and characteristics of a bead mill, the vortex layer apparatus and its use in various industries. The method of using the vortex layer apparatus as an analogue of a bead mill in the production of powder paints and varnishes is given.

Keywords: vortex layer apparatus, bead mill, powder paint, production.

Введение

Геополитическая ситуация во всем мире сейчас нестабильна. Большие изменения происходят и в нашей стране. Из-за усложнения и увеличения стоимости транспортировки, сильно возрастают логистические издержки и усложняются цепи поставок. Таким образом, поставки сырья и оборудования становятся почти невозможными и дорогостоящими.

Импортозамещение – одно из самых перспективных направлений экономической политики России. Множество факторов влияет на ввоз иностранной продукции и сырья. В связи с событиями последних лет логистика снабжения претерпевает трансформацию. Из-за нехватки поставок сырья, страдает весь промышленный комплекс. Например, производители лакокрасочной продукции в нашей стране вынуждены изменять проверенную рецептуру и применять новые компоненты, поведение которых в конечном продукте неизвестны. Например, нехватка качественных смолы и пигментов пагубно влияют на различные свойства готовой продукции.

Согласно оценке консалтинговой компании SmartConsult, самым стремительно растущим сектором в лакокрасочной промышленности является производство порошковых красок. Рост данного вида продукции за последний период составил порядка 15 – 20% в год. Порошковые краски обладают множеством преимуществ: при производстве не используются тугоплавкие растворители такие как, ароматические углеводороды и уайт-спирит; малое количество отходов; возможность нанесения материала в один слой и полное отсутствие вредных выбросов при производстве. В технологии создания порошковых красок используется оборудование и

вспомогательные элементы для него, которые являются импортными. Для повышения эффективности использования финансовых и трудовых ресурсов при обслуживании, необходимо заменить импортное на его аналог отечественного производства.

Основная часть

Порошковые краски – твердые дисперсии, содержащие специальные смолы, которые образуют пленки; пигменты, наполнители и функциональные добавки, придающие разные свойства конечному продукту [1]. В технологии производства порошковых ЛКМ есть стадия измельчения, происходящая в бисерных мельницах (БМ). Она необходима для обработки материалов, которые трудно диспергировать (пигменты, красители). Основной функционал и режим работы бисерной мельницы включают следующие аспекты:

- 1) Измельчение: бисерная мельница эффективно измельчает крупные частицы пигментов и наполнителей до нужной дисперсности, что необходимо для получения высококачественных порошковых красок.
- 2) Смешивание: бисерные мельницы могут быть использованы для смешивания различных компонентов красок, обеспечивая их равномерное распределение.
- 3) Контроль размера частиц: позволяет точно настраивать размер частиц, что влияет на характеристики конечного продукта, такие как защитные способности, текстура и яркость цвета.

Бисерная мельница (рис.1) – цилиндрический сосуд с мешалкой или перемешивающим ротором,

которые способны обеспечить циркуляцию бисера (им заполнено 40-70% объема цилиндра).

Бисер представляет собой шарики диаметром не более 5 мм. Изготавливаются они из стекла с силикатом циркония, оксидов циркония, оксидов алюминия или фарфора.



Рисунок 1 – Погружная бисерная мельница

Долгое время аналогов данному аппарату не было, но оказалось, что существует отечественное изобретение 1967 года, которым можно заменить БМ. И это аппарат вихревого слоя. Конечно, имеются и более новые модернизации конструкции, созданной в далеком СССР.

Аппарат вихревого слоя (АВС) представляет собой трубу (рабочая камера), сделанную из немагнитного материала, например, нержавеющей стали [2]. Рабочая камера расположена в индукторе вращающегося электромагнитного поля. Электромагнитный индуктор – основной элемент аппарата, который преобразует энергию переменного электрического тока, протекающего в обмотках (рис.2) в энергию электромагнитного поля [3].

Под действием этого поля в движение приводятся ферромагнитные частицы. Ферромагнитные элементы – куски магнитного материала, обычно имеющие цилиндрическую форму длиной 5-20 мм и диаметром 1,5-3 мм, располагающиеся внутри рабочей камеры и выполняющие роль абразива при проведении процессов измельчения [4]. Эти тела, если переменный ток частотой 50 Гц, совершают около 3000 колебаний в минуту, создавая настоящий вихрь среди них, за что аппараты и получили такое название.

Аппарат вихревого слоя применяется во многих отраслях промышленности: в производстве резиновых изделий, в электронной промышленности, сельском хозяйстве, в горной химии, а также в производстве порошковой краски [5]. В данном аппарате можно провести такие процессы как перемешивание жидкостей и газов, микропомол (сухого измельчения) твердых сыпучих веществ, измельчения твердых веществ в жидких дисперсных средах и многие другие.

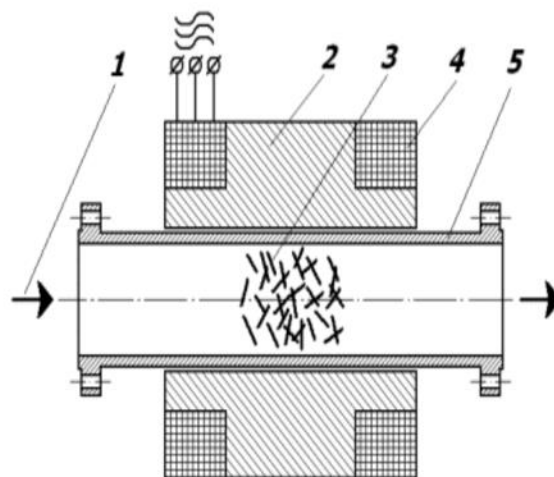


Рисунок 2 – Устройство аппарата с вращающимся электромагнитным полем:

1 – поток обрабатываемого материала, 2 – электромагнитный индуктор, ферромагнитные элементы, 4 – обмотки, 5 – рабочая зона

Широкое применение аппарат получил в фармацевтике. Здесь он применяется для производства порошковых лекарственных форм, обеспечивая высокую точность дозирования и равномерность активных ингредиентов, что критично для эффективного лечения. Можно сделать вывод, что характеристики и опыт применения АВС, позволят использовать этот аппарат для получения порошковых красок.

При производстве порошковой краски необходимо достижение определенного размера частиц продукта. В бисерной мельнице и аппарате вихревого слоя измельчение происходит по-разному.

Процесс измельчения в БМ происходит за счёт истирания, что наименее эффективно, чем способ диспергирования. В следствие чего получение порошковой краски с заданной степенью дисперсности происходит в течении длительного времени. Так же вращающиеся детали изнашиваются, поэтому требуется постоянный контроль, уход и ремонт, а в конечном итоге замена [5].

В АВС на неизмельченную порошковую краску воздействует электромагнитное поле и интенсивно двигающиеся ферромагнитные тела. Таким образом в рабочей камере, как описано было выше, возникает вихревой слой. В этом слое реализуются различные воздействия (удар, истирание, кавитация) на измельчаемый материал.

Из-за совокупности воздействий, происходящих в АВС, время, необходимое для достижения определенного размера частиц меньше, чем в БМ. Благодаря этому производительность аппарата вихревого слоя составляет от 800 до 1000 кг/ч, в то время как производительность бисерной мельницы всего 500 кг/ч.

Эксплуатационная проблема бисерных мельниц – истирание бисера. Оно приводит к снижению эффективности процесса. Шарики могут раскалываться и загрязнять ЛКМ. Кроме того

свойства бисера могут меняться от партии к партии даже у одного производителя.

Ферромагнитные частицы в АВС не могут расколоться, а их истирание незначительно. Даже если происходит образование какой-то ферромагнитных осколков, то они удерживаются магнитной ловушкой.

Интенсификации процесса измельчения и сокращение время пребывания краски в аппарате позволяет уменьшить затраты на электроэнергию на 20%.

Еще одним плюсом применения АВС является увеличение твердости, прочности и адгезии ЛКМ, а также повышение устойчивости к структурным изменениям в процессе хранения.

Заключение

Аппарат вихревого слоя предоставляет значительные преимущества для получения порошковой краски, включая улучшение качества, экономию ресурсов и расширение возможностей применения.

Аппарат вихревого слоя представляет собой инновационную технологию, значительно улучшающую процесс получения порошковых красок. В заключение можно выделить несколько ключевых преимуществ:

- 1) **Повышение качества:** Вихревой слой обеспечивает равномерное распределение частиц, что позволяет добиться однородной структуры порошка. Это, в свою очередь, ведет к улучшению свойств покрытия, таких как адгезия и прочность.
- 2) **Эффективность процесса:** Использование вихревого слоя снижает количество отходов и увеличивает выход готовой продукции. Система позволяет динамически контролировать параметры процесса, оптимизируя его для достижения максимальной производительности.
- 3) **Экономия энергии:** Аппарат вихревого слоя требует меньше энергии по сравнению с традиционными методами получения порошков, что сокращает производственные

затраты и снижает негативное воздействие на окружающую среду.

- 4) **Широкий диапазон применения:** Эта технология позволяет получать порошковые краски различной цветовой гаммы и свойств, что делает её универсальным инструментом в производстве.

В целом, внедрение аппарата вихревого слоя в процесс производства порошковых красок является стратегически важным шагом для повышения конкурентоспособности на рынке, улучшения качества продукции и оптимизации затрат. Несмотря на свой большой потенциал применения необходимо еще провести ряд исследований применения АВС в лакокрасочной промышленности.

Список литературы

1. Артемьева У. В., Зубарев А. М. Анализ способов создания порошковых лакокрасочных покрытий // Успехи в химии и химической технологии. 2022. №2 (251).
2. Т. В. Кирбятёва, Л. П. Кортovenko, И. Е. Мордвинова Исследование влияния обработки в аппаратах вихревого слоя на качество готовых лакокрасочных материалов // Научный потенциал регионов на службу модернизации. - Астрахань: Лань, 2013. - С. 17-20.
3. Мусхажиев А. С., Бондарь И. М. Аппараты вихревого слоя // Молодой исследователь Дона. 2022. №1 (34).
4. Мищенко М.В., Квочкин Н.Г. Аномальные явления процессов обработки сточных вод в аппаратах вихревого слоя / Мищенко М.В., Квочкин Н.Г. [Электронный ресурс] // Publishing house Education and Science sro: [сайт]. — URL: http://www.rusnauka.com/6_PNI_2012/Tecnic/9_1_02670.doc.htm (дата обращения: 10.11.2024).
5. Войтович В.А., Карт М.А., Захарычев Е.А., Тарасов С.Г. Аппараты вихревого слоя — импортозамещающее оборудование для производства лакокрасочных материалов и клеев // Клеи. Герметики. Технологии. № 10. 2016. С. 25-28.

УДК 66.023

Мусина К.Р., Савинков С.В.

Возможности внедрения локальных установок по утилизации бытовых и производственных отходов

Мусина Карина Раисовна – студентка; mkraisovna@gmail.com.

Савинков Сергей Валериевич – к.т.н., доцент кафедры;

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева», Россия, Москва.

В статье рассмотрены вопросы, связанные с разрабатываемыми мерами по стимулированию действующих предприятий к проведению очистительных мероприятий и недопущению образования объектов, которые представляют угрозу жизни людей, в частности, оценивается возможность внедрения локальных установок по утилизации бытовых и производственных отходов.

Ключевые слова: утилизация отходов, локальные установки по переработке отходов, бытовые отходы, производственные отходы.

The possibility of introducing local installations for the disposal of household and industrial waste

Musina K.R., Savinkov S.V.

D.I. Mendeleev Russian University of Chemical Technology, 9 Miusskaya Square, Moscow, 125047, Russia.

The article discusses issues related to the measures being developed to stimulate existing enterprises to conduct cleaning enterprises and prevent the formation of objects that pose a threat to human life, in particular, the possibility of introducing local installations for the disposal of household and industrial waste is assessed.

Keywords: waste disposal, local waste treatment plants, household waste, industrial waste.

Введение

В настоящее время в эпоху потребления сильно развиты производства пластмасс, нефтяная промышленность, нефтехимический синтез продуктов. Помимо благ и пользы, которое мы получили в результате научно-технического прогресса, пришлось столкнуться и с негативными аспектами – проблема возрастающего числа образования и накопления крупнотоннажных отходов и их влияние на экологическую систему. Нефтехимическая промышленность потребляет огромное количество сырья, энергии, значит, во время переработки их в целевые продукты образуется большое количество побочных продуктов. Побочные продукты не во всех случаях подвергаются вторичному использованию, они накапливаются в виде отходов. Продукты органических производств токсичны, что в свою очередь требует полного уничтожения. Отходы предприятий нефтегазовой отрасли по большей части являются экологически агрессивными минеральными и органическими химическими образованиями. Так, например, токсичными являются нефтяные шламы. Конечно, в последние десятилетия появились технологии по их переработке и обезвреживанию, но полностью указанная проблема не решена. Это связано и с низкой эффективностью процесса, и с низкой рентабельностью, и не все методы являются безопасными для окружающей среды. Таким образом, нефтешламы продолжают вывозить на специальные полигоны, нанося вред экологии, ведь отходы хранятся там годами, а не утилизировать [1,2].

Сложность возникает и с синтетическими материалами, получаемыми из нефти – пластмассами, а точнее с его дальнейшим применением после первичного использования. В качестве сырья для пластика используется около 4% мировой добычи нефти и газа, которые в свою очередь являются невозобновляемыми ресурсами, а еще 3–4%

расходуется на обеспечение энергии для производства. Большая часть пластика выбрасывается в первый год после производства, т.к. ежедневно производимый пластик применяется для создания упаковки – одноразового товара и других недолговечных изделий. Но сами по себе используемые полимеры имеют длительный срок жизни и не разлагаются за тот же самый год, а накапливаются горами мусора на свалках и по всей природной среде после выброса. Эти факторы свидетельствуют об использовании компонентов таким образом, что в долгосрочной перспективе приведет к истощению ресурсов. В частности, одной из исследуемой проблем являются загрязнения полимерными композициями на основе полиэтилена высокого давления (ПЭВД), полиэтилена низкого давления (ПЭНД), полистирола (ПС), полипропилена (ПП) и резинотехническими изделиями (РТИ). Научное сообщество обеспокоено разработкой оптимальными способами утилизации отходов полимерных материалов. Долгое время такие отходы утилизировали путем складирования на полигонах твердых бытовых отходов (ТБО) или сжиганием. Оба метода продолжают наносить вред экосистеме и не приближают к решению глобальной проблемы мусора. Не существует микроорганизмов, которые способны оказывать превращение в безопасные вещества, для большинства полимерных материалов. Газообразные и твердые отходы, образующиеся в процессе сжигания, тоже требуют утилизации. Ежегодно образуется более 200 млн т отходов полимеров, поэтому актуальной задачей оказывается разработка действенных промышленных способов их переработки. Остается актуальной и задача улучшения технологий эффективного выделения синтетических полимеров как вторичных материальных ресурсов, которые будут направлены на дальнейшую переработку во вторичное сырье [3–5].

Основная часть

Уже некоторое время в научных публикациях появляется информация о различных направлениях и способах переработки отходов полимерных материалов в ценные органические вещества. Одним из таких направлений является их термическое и термокаталитическое разложение до фракций углеводородных. Разработка высокоэффективной технологии переработки полимерных материалов в углеводородные топливные фракции позволит создать дополнительный источник производства моторного топлива и частично решить проблему его дефицита. Найден новый эффективный катализатор (оксиды хрома – III и VI/ Al_2O_3) для переработки отходов полимерных материалов на основе ПЭ, ПП и ПС в жидкие углеводороды, представляющий собой отработанный катализатор дегидрирования изобутана в изобутилен (отход производства). Использование этого катализатора ускоряет процесс деструкции в 1.5–1.7 раза и приводит к получению жидких фракций с повышенным содержанием углеводородов разветвленной структуры, составляющих основу высококачественного моторного топлива [5].

Другим перспективным направлением является разработка новых способов переработки нефтесодержащих отходов с получением значимой продукции, например, компонентов для дорожного строительства. Так разработана компаундированная дорожная смесь на основе нефтяного битума и продукта переработки нефтешламов – тяжелого газойля. Доказано, что рецептура приготовления асфальтобетона из отходов углеводородного сырья в соотношении: битумная смесь – 10 %; отработанный пропант – 40 %; регенерированный цеолит – 50 % – позволяет использовать его при строительстве автодорог IV–V категории и производственных площадок. Установлено, что качество дорожного полотна отвечает требованиям, предъявляемым к соответствующим типам дорог (предел прочности при сжатии – 7,9, коэффициент морозостойкости – 0,87). Экономическая эффективность в 1,5 раза превышает традиционный асфальтобетон по ГОСТ 9128. Применение упомянутых отходов в дорожном строительстве позволит существенно сократить объемы их накопления и тем самым снизить негативное воздействие нефтегазового комплекса на окружающую среду [1,6].

Огневой способ обезвреживания и переработки отходов является наиболее универсальным по сравнению с другими. Во многих случаях он является единственно возможным способом обезвреживания промышленных и бытовых отходов. Способ применяется для утилизации отходов в любом физическом состоянии: жидких, твердых, газообразных и пастообразных. Наравне со сжиганием горючих отходов огневую обработку используют и для утилизации негорючих отходов. В этом случае отходы подвергают воздействию высокотемпературных (более 1000 °C) продуктов сгорания топлива. Сжиганием называется контролируемый процесс окисления твердых, жидких или газообразных горючих отходов. При горении образуются диоксид углерода, вода и зола. Сера и азот, содержащиеся в отходах, образуют при

сжигании различные оксиды, а хлор восстанавливается до HCl . Кроме упомянутых газообразных продуктов при сжигании отходов образуются и твердые частицы – металлы, стекло, шлаки и др., которые требуют дальнейшей утилизации или захоронения. Область применения огневого способа и номенклатура отходов, подлежащих огневому обезвреживанию, постоянно расширяются. К ним относятся отходы хлорорганических производств, основного органического синтеза, производства пластических масс, резины и синтетических волокон, нефтеперерабатывающей промышленности, лесохимии, химико-фармацевтической и микробиологической промышленности, машиностроения, радиотехнической и приборостроительной промышленности, целлюлозно-бумажного производства и многих других отраслей промышленности. Способом сжигания можно обезвреживать и такие сложные с точки зрения утилизации отходы, как смесь органических и неорганических продуктов, а также галогенорганические отходы. Одним из наиболее опасных отходов, основным методом переработки которых служит сжигание, являются галогенорганические отходы. Фтористые и бромистые отходы менее распространены, но их обрабатывают тем же способом, что и хлорсодержащие материалы. Хлорированные органические материалы могут содержать водную фазу или определенное количество воды. Отходы с высоким содержанием хлора имеют низкую теплоту сгорания, так как хлор, аналогично бром и фтор, препятствует процессу горения. Оптимальное проведение процесса сжигания зависит от соблюдения технологических параметров: температуры в огневом реакторе, удельной нагрузки, рабочего объема реактора, дисперсности распыления, аэродинамической структуры и степени турбулентности газового потока в реакторе и др. Сжигание производят в печах различной конструкции, основным элементом которых является колосниковая решетка, на которой и протекает процесс. Сжигание хоть и является наиболее традиционной химической технологией, предлагаемой для сокращения отходов пластика, которое основано на прямом извлечении энергии из отходов пластика путем их сжигания в качестве источника энергии, однако устранение отходов пластика этим методом приводит к выбросам очень вредных веществ в окружающую среду и увеличению количества парниковых газов (ПГ) [2,7].

Наиболее перспективными процессами для эффективной и выгодной переработки нефтешламов являются пиролизные технологии. В отличие от сжигания, методы, основанные на косвенном извлечении энергии из отходов пластика, такие как пиролиз, являются экологически чистыми решениями для управления отходами пластика, которые по сравнению с прямым сжиганием имеют значительно меньший углеродный след. В процессе пиролиза длинноцепочечные полимерные молекулы преобразуются в более мелкие и менее сложные при интенсивном нагревании при температуре около 500 °C и в отсутствие кислорода. Основными продуктами

пиролиза отходов пластика являются газ, жидкое масло и уголь, которые представляют ценность для различных отраслей промышленности. Поскольку жидкое масло, полученное из отходов пластика этим методом, может использоваться в качестве топлива в дизельных двигателях, котлах, печах и турбинах, основное внимание в исследованиях в этой области уделяется повышению выхода жидкости. Таким образом, переработка отходов пластика в ценные продукты, а именно в жидкое масло, посредством процесса пиролиза не только решает проблему неблагоприятного воздействия пластиковых отходов на окружающую среду, но и приводит к экономии ископаемого топлива как источника энергии для следующих поколений [1,7].

Пиролиз пластмасс может стать альтернативным способом утилизации пластиковых отходов с получением ценных углеводородов бензинового диапазона. При пиролизе или термическом крекинге полимерные материалы нагреваются до высоких температур и образуется широкий спектр углеводородов. Эти пиролитические продукты можно разделить на газовую фракцию, жидкую фракцию, состоящую из парафинов, олефинов, циклоалканов и ароматических соединений, и твердые остатки. При каталитическом крекинге больше ароматических соединений и циклоалканов селективно образуется в присутствии катализаторов крекинга в жидкой фазе (FCC) или катализаторов риформинга. (FCC – установка, где преобразуют сложные смеси низкокачественных тяжелых углеводородов в высококачественные легкие продукты. Крекинг основан на сырой нефти, которая нагревается до высоких температур и вступает в контакт с катализатором и паром – элементами, которые расщепляют тяжелые углеводороды с длинной углеродной цепью на молекулы с короткой цепью, из которых состоят бензин и олефиновые газы). Следовательно, производительность и экономичность процессов пиролиза улучшаются [8,9].

Заключение

В рамках национальных проектов ликвидация объектов накопленного вреда занимает сейчас первоочередный порядок. Ведется работа по таким объектам как бывшие промышленные площадки «Усольехимпром» и «Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат» в Иркутской области, а также полигон «Красный Бор» в Ленинградской области. Ликвидация только этих трех объектов положительно скажется на качестве жизни 6,5 млн человек. Не менее 50 опасных объектов, перечень которых еще формируется, должны быть ликвидированы к 2030 году. Эти мероприятия объединит федеральный проект «Генеральная уборка».

Разрабатываются меры по стимулированию действующих предприятий к проведению очистительных мероприятий и недопущению образования объектов, которые представляют угрозу жизни людей. Совершенствуется нормативная база, так в 2022 году вступил в силу закон о персональной ответственности собственников за работу опасных производств, которая обязывает их владельцев ликвидировать нанесенный природе вред. Сейчас

предприятия занимаются разработками новых стратегий развития с учетом измененного законодательства. Например, необходимо разработать финансово обеспеченный план мероприятий по ликвидации последствий негативного воздействия на природу не позднее чем за пять лет до конца срока эксплуатации объекта, в противном случае предусмотрен компенсационный платеж. Росприроднадзор и Роспотребнадзор провели обследование и оценку воздействия более 970 ранее выявленных объектов, обладающих признаками объектов накопленного вреда.

Таким образом, продолжают осуществляться необходимые мероприятия по утилизации отходов. За последние пять лет в России создано более 272 новых инфраструктурных объектов для работы с мусором. Через пять лет таких объектов будет не менее 400 — появится свыше 100 новых мусороперерабатывающих и мусоросортировочных заводов [10].

Список литературы

1. Московец, А. В. Использование трудноутилизуемых отходов нефтехимической промышленности в производстве экологически безопасных строительных материалов : спец. 03.02.08 "Экология (по отраслям)" : дисс..к.т.н. 2017. – 130 с.
2. Егорова, Г. И. Отходы нефтехимических производств / Г. И. Егорова, И. В. Александрова, А. Н. Егоров. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2014. – 126 с.
3. Hopewell, J., Dvorak, R. G., Kosior, E. Plastics recycling: challenges and opportunities: A review/ Hopewell, J., Dvorak, R. G., Kosior, E// Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. – 2009. – Vol. 364. – Issue 1526. – P. 2115-2126.
4. Милаева, Е. А. Разработка технологии селективной электростатической сепарации смешанных полимерных отходов : дисс. к. т. н. 2023. – 134 с.
5. Корнеев И. С. Переработка отходов полимерных материалов и резинотехнических изделий в компоненты моторных топлив: специальность 05.17.04 "Технология органических веществ": дисс. к. х. н. Москва, 2011. 159 с.
6. Сафаров, А. Х. Комплексный подход к снижению техногенной нагрузки на окружающую среду от углеводородсодержащих отходов: дисс. д.т.н. 2022. 399 с.
7. Mirkarimi, S. M. R. Conversion of mixed waste plastic into fuel for diesel engines through pyrolysis process: A review / S. M. R. Mirkarimi, S. Bensaid, D. Chiaramonti // Applied Energy. – 2022. – Vol. 327. – P. 120040.
8. A.G. Buekens, H. Huang. Catalytic plastics cracking for recovery of gasoline-range hydrocarbons from municipal plastic wastes: A review / A.G. Buekens, H. Huang// Resources, Conservation and Recycling. – 1998. – Vol. 23. – Issue 3. – P. 163-181.
9. ТОО «КСБ Казахстан» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ksb.com/ru-kz/sfery-primeneniya/neftegazovaya-promyshlennost/kataliticheskiy-kreking> (Дата обращения 25.11.2024).
10. Эксперт : журнал [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://expert.ru/mnenie/realizatsiya-natsionalnykh-proektov-v-sfere-selskogo-khozyaystva-i-ekologii-povysit-kachestvo-zhizni/> (Дата обращения 25.11.2024)

УДК: 544.4

Фионов Ю.А., Колимеева Д.П., Каштанова Н.А., Сыхраннова М.В., Фионова Е.А., Хайбуллин С.В., Жукова А.И.

Эффективный никелевый катализатор для получения водорода в процессе паровой конверсии глицерина

Фионов Ю. А., аспирант 3-го года обучения кафедры Физической и коллоидной химии РУДН, Россия, Москва;

Колимеева Д.П., бакалавр 4-го года обучения кафедры Физической и коллоидной химии РУДН, Россия, Москва; Каштанова Н.А., бакалавр 4-го года обучения кафедры Физической и коллоидной химии РУДН, Россия, Москва;

Сыхраннова М.В., бакалавр 4-го года обучения кафедры Физической и коллоидной химии РУДН, Россия, Москва;

Фионова Е.А., бакалавр 2-го года обучения МИРЕА, Россия, Москва;

Хайбуллин С.В., магистр 1-го года обучения кафедры Физической и коллоидной химии РУДН, Россия, Москва; Жукова А.И., к.х.н., доцент, кафедры Физической и коллоидной химии РУДН, Россия, Москва.

e-mail: fionovyuri@gmail.com.

¹Российский Университет Дружбы Народов имени Патриса Лумумбы, ул. Миклухо-Маклая, 6, 117198, Москва, Россия.

²Российский технологический университет МИРЕА, ул. Стромынка, 20, 107996, Москва, Россия.

В работе исследован процесс получения водорода в ходе паровой конверсии глицерина с использованием никелевого катализатора $Ni/20\%Al_2O_3-80\%((0,88Zr-0,12Ce)O_2)$, который показал высокую активность в рассматриваемой реакции со стабильной селективностью по водороду.

Ключевые слова: паровая конверсия глицерина, возобновляемая энергетика, никелевые катализаторы, наночастицы никеля

EFFICIENT NICKEL CATALYST FOR HYDROGEN PRODUCTION VIA GLYCEROL STEAM REFORMING

Fionov Yu.A.¹, Kolimeeva D.P.¹, Kashtanova N.A.¹, Sykhannova M.V.¹, Fionova E.A.², Khaybullin S.V.¹, Zhukova A.I.¹

¹Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Miklukho-Maklaya str., 6, 117198, Moscow, Russia.

²MIREA - Russian Technological University, Stromynka str., 20, 107996, Moscow, Russia.

The paper investigates the process of hydrogen production during steam conversion of glycerol using a nickel catalyst $Ni/20\%Al_2O_3-80\%((0,88Zr-0,12Ce)O_2)$, which showed high activity in the reaction under consideration with stable selectivity for hydrogen.

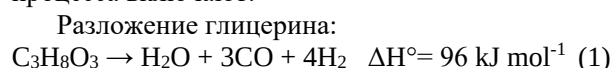
Keywords: glycerol steam reforming, renewable energy, nickel catalysts, nickel nanoparticles

Современные тенденции в области энергетики и экологии диктуют необходимость поиска устойчивых источников топлива и сырья для химической промышленности [1]. Проблемы, связанные с изменением климата и истощением ископаемых источников энергии, требуют разработки новых подходов к сокращению выбросов углекислого газа и переходу к принципам зеленой химии и возобновляемой энергетики [2].

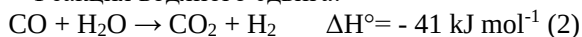
Биоглицерин, являющийся побочным продуктом переработки растительных масел в биодизель, представляет значительный интерес благодаря своей доступности, низкой стоимости и возобновляемости. Производство биодизеля демонстрирует устойчивый рост: ежегодно в мире вырабатывается несколько миллионов тонн глицерина, большая часть которого нуждается в утилизации. Основными процессами переработки глицерина для получения водорода или синтез-газа являются паровой риформинг [3], автотермический риформинг [4], риформинг в сверхкритической воде [5], углекислотный риформинг [6], риформинг с частичным окислением [7], риформинг в жидкой фазе [8] и газификация [9].

Эти данные основываются на ключевых публикациях в области катализа и устойчивой энергетики. Среди них наиболее часто используется паровой риформинг, который является одним из наиболее эффективных процессов получения водорода [10]. Хотя паровой риформинг глицерина имеет недостатки, такие как значительные выбросы CO_2 и высокое отношение H_2/CO (> 2), он остаётся основным процессом благодаря высокой эффективности выработки водорода и широким возможностям применения. Его использование позволяет решить проблему переработки отходов и получать ценное сырьё – водород, необходимый для экологически чистых технологий.

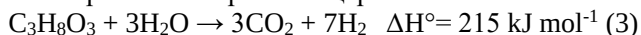
Паровая конверсия глицерина представляет собой химический процесс, в котором глицерин ($C_3H_8O_3$) реагирует с водой (H_2O) при повышенных температурах (обычно 600–900 °C) и атмосферном или повышенном давлении (до 10 атм) для получения водорода (H_2). Основные химические реакции процесса включают:



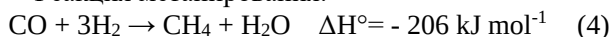
Реакция водяного сдвига:



Паровая конверсия глицерина:



Реакция метанирования:



Побочными продуктами являются углеводороды, такие как метан (CH_4), этан (C_2H_6) и этилен (C_2H_4). Побочные реакции приводят к значительному снижению выхода водорода, что делает важным использование катализаторов как для повышения селективности превращения исходного сырья в водород, так и понижения температуры реакции.

Наиболее активными катализаторами в процессах паровой конверсии являются системы на основе благородных металлов (Pt, Rh, Ru), которые обеспечивают превосходную устойчивость и селективность. Однако их высокая стоимость существенно ограничивает промышленное применение. В качестве альтернативы активно исследуются катализаторы на основе никеля, обладающие низкой стоимостью, высокой активностью и способностью эффективно разрывать C-C и C-H связи.

В качестве носителей никелевых наночастиц часто выступают оксиды металлов, которые играют ключевую роль в обеспечении распределения активной фазы, её стабильности и устойчивости к деактивации. Среди носителей широко исследуются катализаторы на основе оксида алюминия, характеризующиеся высокой площадью поверхности и умеренной устойчивостью к зауглероживанию. В качестве альтернативы используют носители на основе $\text{CeO}_2\text{-ZrO}_2$, которые обладают высокой кислородной мобильностью и снижают образование углеродных отложений при паровом риформинге. Эти материалы доказали свою эффективность в переработке биосырья и паровой конверсии метана, что указывает на их перспективность для паровой конверсии глицерина. Кроме того, тройные оксидные носители $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2\text{-CeO}_2$ с нанесённым никелем уже изучались в нашей предыдущей работе, где показали высокую активность в процессе углекислотной конверсии этанола. Эти системы обеспечивают температурную устойчивость и высокую активность нанесенной фазы никеля, что делает их перспективными для изучения в процессе паровой конверсии глицерина.

Целью данной работы являлось исследование каталитических свойств системы $\text{Ni}/20\%\text{Al}_2\text{O}_3\text{-}80\%((0,88\text{Zr-}0,12\text{Ce})\text{O}_2)$, приготовленной золь-гель методом. Катализатор синтезировался из прекурсоров $\text{ZrOCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. После сушки при 180°C образец прокаливался при 950°C и восстанавливался в атмосфере H_2/Ar при 900°C .

Методика исследования включала проведение каталитических экспериментов на установке для

процессов парового риформинга с кварцевым проточным реактором (скорость Ar 100 мл/мин) диаметром 10 мм. Катализатор (200 мг.) предварительно восстанавливался в смеси 5% H_2/Ar при линейном нагреве до 900°C (скорость нагрева 15° в мин), затем охлаждался в Ar до 600°C . В ходе эксперимента поддерживалось молярное соотношение вода/глицерин 40:1, скорость подачи сырья составляла 0,3 мл/мин. Анализ продуктов проводился с использованием газового хроматографа «Кристалл К-5000» с пламенно-ионизационным детектором и детектором по теплопроводности. Расчёт конверсии глицерина, выхода водорода и селективностей по продуктам реакции проводился по следующим формулам:

Конверсия глицерина:

$$X_{G_{\text{gas}}} = \frac{\text{молярный расход } (\text{CO}_2 + \text{CO} + \text{CH}_4 + \text{C}_2\text{H}_4 + \text{C}_2\text{H}_6)}{\text{Общее содержание C в исходном сырье}} \times 100\%$$

Выход водорода:

$$Y_{\text{H}_2} = \frac{\text{молярный расход } \text{H}_2}{\text{моль глицерина в исходном сырье}}$$

Селективность по H_2 :

$$S(\text{H}_2) = \frac{\text{молярный расход } \text{H}_2}{\text{общий молярный расход C в газовых продуктах} \cdot \frac{3}{7}} \times 100\%$$

Селективность по углеводородам:

$$S_i = k \cdot \frac{\text{молярный расход C из } i}{\text{общий молярный расход C в газовых продуктах}} \times 100\%,$$

где i – компоненты газовых продуктов (CO_2 , CO , CH_4 , C_2H_4 , C_2H_6 , C_3H_8), k – число атомов углерода в молекуле i .

Результаты экспериментов показали, что конверсия глицерина снижается со временем (рис. 1, а): с ~48% в первые 30 минут реакции до менее 20% через 160 минут (таблица 1). Это снижение может быть объяснено зауглероживанием активных частиц никеля и их дезактивацией.

Максимальный выход водорода (~4,5 моль/моль глицерина) достигался в первые 30 минут (рис. 1, с), после чего постепенно снижался. Это снижение обусловлено уменьшением количества активных центров катализатора вследствие углеродных отложений.

Согласно литературным данным, основными причинами дезактивации никелевых катализаторов в процессе паровой конверсии глицерина являются образование углеродных отложений и спекание металлических частиц. Карбонизация поверхности катализатора начинается с образования олефинов в результате термического разложения глицерина, которые впоследствии полимеризуются и образуют устойчивые углеродные структуры.

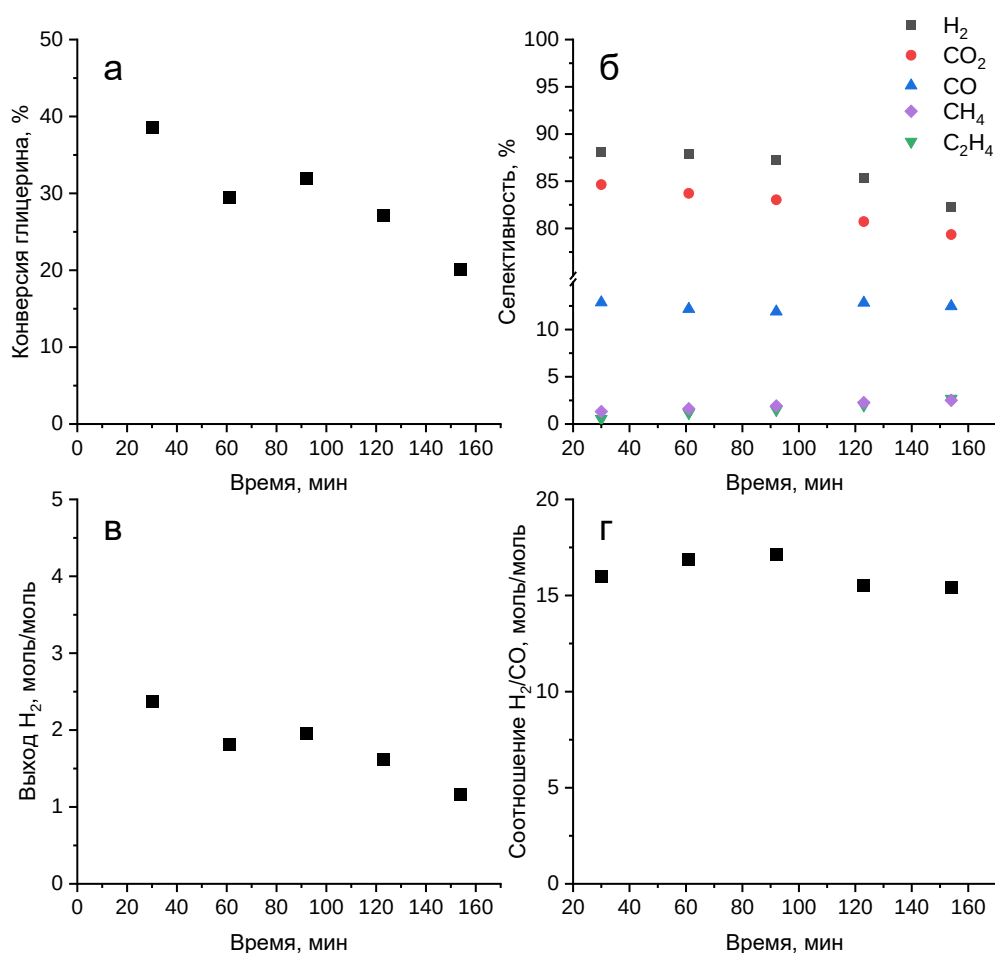


Рис. 1. Активность катализатора в процессе паровой конверсии глицерина: а – конверсия глицерина, б – селективность по продуктам реакции, в – выход H_2 , г – соотношение H_2/CO .

Несмотря на падение конверсии глицерина, селективность катализатора по водороду (~85-90%) (рис. 1, б) оставалась высокой на протяжении всего эксперимента, что подтверждает эффективность катализатора. Высокая селективность объясняется способностью никеля катализировать реакцию водяного сдвига, эффективно удаляя CO с поверхности никелевых наночастиц.

Соотношение H_2/CO (~15 моль/моль) остаётся стабильным, указывая на минимизацию побочных реакций (рис. 1, г). Это связано с оптимально подобранными нами условиями реакции, которые подавляют образование метана и других углеводородов, что подтверждается низкими концентрациями CH_4 в составе газа (менее 3 %).

Сравнение полученных данных с литературными источниками показывает, что катализатор $\text{Ni}/20\%\text{Al}_2\text{O}_3\text{-}80\%((0,88\text{Zr-}0,12\text{Ce})\text{O}_2)$ демонстрирует высокую эффективность в производстве водорода при температуре 600 °C. В первые 30 минут работы конверсия глицерина достигает ~48 %, что превосходит показатели катализатора $\text{Ni}/\text{SBA-15}$ (46 % при 600 °C), но уступает системам $\text{Ni}/\text{CeZrO-2}$ и $\text{Ni}/\text{CeZrO-3}$, где конверсия достигает 96,7 % и 97,9 % при тех же условиях. Селективность катализатора по водороду варьируется в пределах ~85-90%, что

сопоставимо с системами на основе $\text{CeO}_2\text{-ZrO}_2$, такими как $\text{Ni}/\text{CeZrO-3}$ (76,3% при 600 °C).

Отношение H_2/CO остаётся стабильным на уровне ~15, что значительно превышает аналогичные показатели катализаторов Ni/Zr (1,08), Ni/SiZr (2,5) и $\text{Ni}/\text{CeZrO-3}$ (3,0). Это подтверждает способность катализатора эффективно подавлять побочные реакции, связанные с образованием углеводородов, таких как метан, содержание которого в продуктах реакции остаётся ниже 3%. Таким образом, данный катализатор демонстрирует конкурентные характеристики, включая стабильную селективность и низкую склонность к дезактивации.

Результаты исследования демонстрируют, что катализатор $\text{Ni}/20\%\text{Al}_2\text{O}_3\text{-}80\%((0,88\text{Zr-}0,12\text{Ce})\text{O}_2)$, синтезированный золь-гель методом, обладает высокой активностью и селективностью при переработке биоглицерина в водород. Его эффективность сопоставима с катализаторами на основе смешанных оксидов, известными в литературе, при этом он обеспечивает стабильное высокое соотношение H_2/CO и минимизирует образование побочных продуктов. Несмотря на некоторое снижение активности, катализатор демонстрирует устойчивость и сохраняет высокую селективность по водороду в течение

продолжительного времени.

Полученные результаты подчёркивают важность использования никелевых катализаторов для достижения экологически чистых и устойчивых технологий водородной энергетики. Это открывает перспективы для дальнейшей разработки технологий переработки биоглицерина, что может внести вклад в переход к водородной экономике и достижение целей устойчивого развития.

Список литературы

1. P. Dürre, B. Eikmanns // *Curr. Opin. Biotechnol.* – 2015. - v. 35. – P. 65.
2. V.G. Yadav, G. Yadav, S.C. Patankar // *Clean Technol. Environ. Policy.* – 2020. – v. 22. – P.1757.
3. Carine Aline Schwengber, Helton José Alves, Rodolfo Andrade Schaffner, Fernando Alves da Silva, Rodrigo Sequinel, Vanessa Rossato Bach, and Ricardo José Ferracin // *Renew. Sustain. Energy Rev.* – 2016. - v. 58. - P. 259.
4. Faezeh Sabri, Raphael Idem, and Hussameldin Ibrahim // *Ind. Eng. Chem. Res.* – 2018. - v. 57, P. 2486.
5. Thirasak Pairorpiriyakul, Worapon Kiatkittipong, Suttichai Assabumrungrat, and Eric Croiset // *Int. J. Hydrogen Energy.* – 2014. - v. 39, P. 159.
6. Nur Nabillah Mohd Arif, Sumaiya Zainal Abidin, Osarieme Uyi Osazuwa, Dai-Viet N. Vo, Mohammad Tazli Azizan, and Yun Hin Taufiq-Yap // *Int. J. Hydrogen Energy.* - 2019. - v. 44. - P. 20857.
7. Krongthong Kamonsuangkasem, Supaporn Therdthianwong, and Apichai Therdthianwong, // *Fuel Process. Technol.* - 2013. - v. 106. - P. 695.
8. A. Iriondo, J.F. Cambra, V.L. Barrio, M.B. Guemez, P.L. Arias, M.C. Sanchez-Sanchez, R.M. Navarro, and J.L.G. Fierro // *Appl. Catal. B: Environ.* – 2011. - v. 106. - P. 83.
9. Andrius Tamošiūnas, Dovilė Gimžauskaitė, Mindaugas Aikas, Rolandas Uscila, and Kęstutis Zakarauskas // *Int. J. Hydrogen Energy*/ - 2022. - v. 47. - P. 12219.
10. Ommolbanin Ali Zadeh Sahraei, Faïçal Larachi, Nicolas Abatzoglou, and Maria C. Iliuta // *Appl. Catal. B: Environ.*– 2017.- v.219.- P. 183

УДК 544.723.212

Tewelde Tkabo, Джессу Лубо Ивон Седрик, Чередниченко А.Г.

Исследование адсорбции этанола активированным углем «ecosorb», модифицированного K_2CO_3

Tewelde Tkabo, аспирант 3-го года обучения кафедры Физической и коллоидной химии РУДН, Россия, Москва; Джессу Лубо Ивон Седрик, тьютер кафедры Физической и коллоидной химии РУДН, Россия, Москва; Чередниченко Александр Генрихович, доктор химических наук, заведующий кафедрой Физической и коллоидной химии РУДН, Россия, Москва.
Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, Россия.

В данном исследовании изучалась эффективность адсорбции паров этанола на активированном угле EcoSorb, модифицированном карбонатом калия (K_2CO_3). Модифицирование было достигнуто методом пропитки с использованием 1,0 М водного раствора K_2CO_3 . Процесс адсорбции анализировали гравиметрически, а его кинетику оценивали с использованием моделей псевдо-первого порядка Лагергрена, Хо-Маккея псевдо-второго порядка, уравнений Еловича и Морриса-Вебера. Результаты показали улучшение удельной адсорбционной способности модифицированного адсорбента на 4,91 % по сравнению с немодифицированным. Кинетический анализ показал, что процесс адсорбции зависит от свойств поверхности адсорбента, а уравнение Лагергрена точно описывает динамику адсорбции. Полученные данные подтверждают потенциал модифицирования активированных угольных адсорбентов для интенсификации поглощения полярных молекул органических растворителей

Ключевые слова: адсорбция этанола, модификация активированных углей, кинетика адсорбции, летучие органические соединения (ЛОС)

ADSORPTION STUDY OF ETHANOL BY K_2CO_3 MODIFIED «ECOSORB» ACTIVATED CARBON

Tewelde Tkabo, Jessou Lubo Ivan Cedric, Cherednichenko A.G.

Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 6 Miklukho-Maklaya Street, Moscow, 117198, Russian Federation

In this study, the effectiveness of ethanol vapor adsorption on EcoSorb activated carbon modified with potassium carbonate (K_2CO_3) was studied. The modification was achieved by impregnation using 1.0 M of an aqueous solution of K_2CO_3 . The adsorption process was analyzed gravimetrically, and its kinetics was evaluated using Lagergren's pseudo-first-order, Ho-Mackay pseudo-second-order models, and the Yelovich and Morris-Weber equations. The results showed an improvement in the specific adsorption capacity of the modified adsorbent by 4.91% compared to the unmodified one. Kinetic analysis showed that the adsorption process depends on the properties of the adsorbent surface, and the Lagergren equation accurately describes the dynamics of adsorption. The data obtained confirm the potential of modifying activated carbon adsorbents to intensify the absorption of polar molecules of organic solvents.

Keywords: ethanol adsorption, activated carbon modification, adsorption kinetics, volatile organic compounds (VOCs)

Введение

Этанол, полярное летучее органическое соединение (ЛОС), в последние годы привлекает к себе значительное внимание, как перспективный возобновляемый ресурс для синтеза топлива и химической продукции. Во всем мире постоянно растет производство этанола из различных отходов сельского хозяйства и промышленности. Этанол используется не только в качестве топливной добавки для повышения октанового числа, но и в качестве замены ископаемого сырья при получении различных видов пищевой и промышленной продукции [1,2].

При производстве, переработке, транспортировке и утилизации этанол неизбежно выбрасывается в атмосферу. Например, при производстве этанола путем ферментации выделяется значительное количество CO_2 и паров этанола, что приводит к потерям до 1,5 % исходного этилового спирта. В автомобилях, использующих этанол в качестве топлива, это органическое соединение может испаряться во время заправки, движения или стоянки

[3]. Несмотря на то, что этанол не считается особо опасным загрязнителем, в высоких концентрациях он может привести к серьезным проблемам со здоровьем, таким как раздражение глаз, кожи и дыхательных путей, а также оказать неблагоприятное воздействие на окружающую среду [4]. Более того, этанол-воздушные смеси взрывоопасны и их образование в производственных условиях может привести к взрыву. Окисление этанола может привести к образованию потенциально опасного ацетальдегида [5]. Учитывая эти факторы, а также рост производства этанола, крайне важно регулировать его выбросы в атмосферу для улучшения технологических и экологических характеристик производственных процессов.

Для снижения выбросов этанола могут быть использованы различные методы, включая термическое окисление, каталитическое окисление, биофильтрацию, абсорбцию, адсорбцию, конденсацию и мембранное разделение. Благодаря своей эффективности, простоте использования и

доступности адсорбция получила наиболее широкое распространение среди этих методов [6]. В качестве адсорбентов для поглощения паров этилового спирта и других легколетучих органических соединений (ЛОС) могут быть использованы цеолиты, мезопористые кремнеземы, пористые глины и активированные угли [7]. При этом активированные угли от других адсорбентов отличается низкой стоимостью, простотой синтеза, высокими адсорбционными свойствами, кислотно-щелочной и термостабильной способностью, что широко используется для извлечения большинства типов ЛОС, включая спирты. Однако адсорбционная способность активированных углей по отношению к парам органических растворителей часто ограничена различными факторами. Чтобы преодолеть эти ограничения и улучшить селективность и адсорбционные характеристики адсорбента необходимо модифицировать активированные угли с целью увеличения микропористой структуры, скорости массопереноса и других характеристик.

В научной литературе широко изучалась модификация активированных углей с использованием различных химических реагентов для повышения их способности к адсорбции паров этанола. Механизм действия каждого модификатора может быть различен, что приводит к возникновению уникальных свойств активированных углей и влияет на эффективность адсорбции. Активация с использованием карбонатов щелочных металлов (K_2CO_3) известна своей способностью получать активированные угли с высокой мезопористостью, что благоприятно сказывается на адсорбции паров некоторых органических соединений, не оказывая при этом негативного воздействия на окружающую среду [7]. В настоящем исследовании K_2CO_3 использовался в качестве агента для модификации активированного угля «EcoSorb» методом пропитки. Эффективность каждого активированного угля (модифицированного и немодифицированного) оценивали методом гравиметрического анализа в условиях динамической адсорбции паров этанола.

Экспериментальная часть

Для получения модифицированного активированного угля готовили водный раствор карбоната калия (K_2CO_3 , Sigma-Aldrich, $\geq 99,0\%$) путем растворения 13,82 г безводного K_2CO_3 в 100 мл деионизированной воды. Десять граммов (10,0 г) EcoSorb AC пропитывали 40 мл этого раствора в стеклянном стакане емкостью 200 мл, и смесь перемешивали в течение 4 часов, затем давали настояться и выдерживали в течение 24 часов при комнатной температуре ($25 \pm 1^\circ C$) с периодическим перемешиванием. После пропитки осадок отделяли фильтрованием, полученный модифицированный активированный уголь многократно промывали деионизированной водой до достижения нейтрального показателя pH. Затем его высушивали в электрической печи при температуре $110^\circ C$ до получения постоянной массы, охлаждали до

комнатной температуры и помещали в герметичную упаковку для хранения.

Исследование процесса адсорбции паров этанола с использованием исходного и модифицированного активированного угля проводили при комнатной температуре ($25 \pm 1^\circ C$). Процедура начиналась с того, что образец адсорбента массой 5,0 г помещался в открытый контейнер и нагревался в сушильном шкафу при температуре $130^\circ C$ в течение 2 часов при атмосферном давлении для удаления влаги. Затем образец охлаждался до комнатной температуры в закрытом контейнере и готовили к использованию. В эксикатор объемом 3,0 л наливали 300 мл этанола ($\geq 99,8\%$), который затем плотно закрывали крышкой. Затем брали навеску высушенного активированного угля с точностью ($\pm 0,0001$ г) в закрытом контейнере и регистрировали общую массу. Для измерения адсорбции герметичный контейнер (стеклянный бюкс с крышкой), содержащий активированный уголь, помещали внутрь эксикатора, содержащего пары этанола крышку осторожно снимали и быстро закрывали крышку эксикатора, фиксируя отсчет времени. Затем через определенные промежутки времени эксикатор быстро открывали, извлекали и взвешивали на аналитических весах бюкс с адсорбентом, который потом опять возвращали в эксикатор для продолжения процесса адсорбции. Эту процедуру процесс проводили несколько раз, фиксируя время измерений. Цикл измерений продолжали до тех пор, пока не достигалась точка равновесия (q_e), при которой не наблюдалось дальнейшего изменения массы активированного угля. Такая же процедура исследований была проведена для образца модифицированного адсорбента.

Для определения удельной массы адсорбированного этанола, была использована следующая формула:

$$q_t = \frac{m_t - m_0}{m_0}$$

где q_t - количество адсорбированного этанола, г/г; m_0 и m_t - масса контейнера с адсорбентом в начале эксперимента и в текущий момент времени, г.

В результате проведенных измерений получали зависимость удельной адсорбции этанола от времени (изотерма адсорбции). Для исследования кинетики экспериментальные данные были проанализированы с использованием уравнений Лагергрена (псевдо-первого порядка), Хо-Маккея (псевдо-второго) порядка, Еловича и Морриса-Вебера.

Обсуждение результатов

Проведенные исследования показали, что равновесное значение удельной адсорбционной емкости (q_e) при адсорбции паров этанола исходным «EcoSorb» составило 0,2914 г/г, а у модифицированного «EcoSorb» - 0,3057 г/г, что показало увеличение адсорбции на 4,91 %. Скорость адсорбции этанола модифицированным сорбентом также была немного выше (рис. 1).

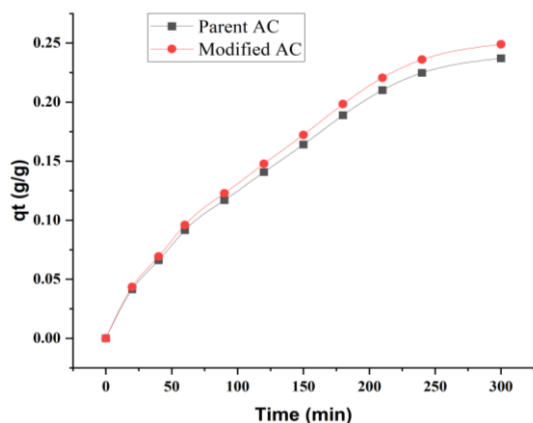


Рисунок 1: Кинетика адсорбции этанола исходным (EcoSorb) и модифицированным (EcoSorb модиф.) активированным углем

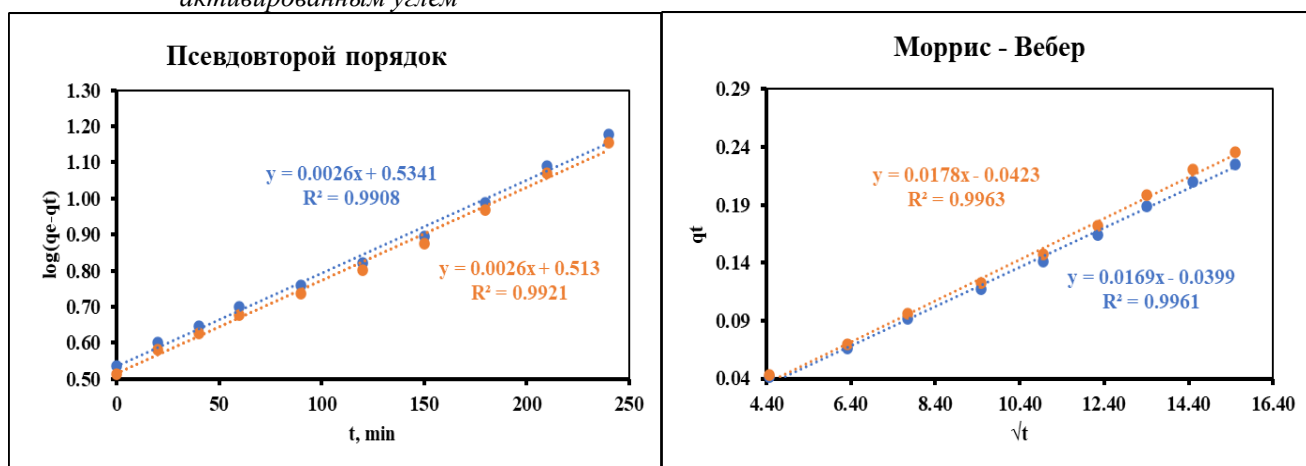


Рис. 2. Результаты линейаризации по уравнениям Лагергрена (псевдо-первый порядок) и Еловича процесса адсорбции паров этанола исходным и модифицированным активированным углем «EcoSorb»

Таблица 1: Результаты моделирования процесса адсорбции паров этанола исходным и модифицированным активированным углем «EcoSorb»

Название модели	Значение параметров математического описания процесса		
Лагергрена EcoSorb/MEcoSorb	$K_1, \text{мин}^{-1}$	$q_e, \text{г/г}$	R^2
	0,0060/0,0060	0,2923/0,3069	0,9908/0,9921
Хо-Маккея EcoSorb/MEcoSorb	$K_2, \text{г/г} \times \text{мин}$	$q_e, \text{г/г}$	R^2
	0,0123/0,0116	0,4008/0,4234	0,9558/0,9564
Морриса-Вебера EcoSorb/MEcoSorb	K	C	R^2
	0,0169/0,0178	-0,0399/-0,0423	0,9961/0,9963
Еловича EcoSorb/MEcoSorb	$\alpha, \text{г/г} \times \text{мин}$	$\beta, \text{г/г}$	R^2
	0,0049/0,0051	13,2939/12,6263	0,9483/0,9486

Таким образом, несмотря на незначительное изменение значения удельной адсорбционной емкости после модификации, результаты исследований показали, что процессы модифицирования могут приводить к улучшению технических характеристик активированных углей, что очень важно для их практического применения в процессах поглощения паров ЛОС.

Заключение

Исследование показало, что модификация активированного угля «EcoSorb» карбонатом калия (K_2CO_3) несколько улучшила его адсорбционную способность по отношению к парам этанола. Хотя увеличение удельной адсорбционной способности было незначительным (4,91%), наблюдались изменения в динамике процесса адсорбции. Модификация привела к повышению сродства к

молекулам этанола, вероятно, из-за увеличения функциональных групп основного характера на поверхности адсорбента. Кинетический анализ подтвердил, что процесс адсорбции определяется поверхностными характеристиками активированных углей с учетом явления диффузии адсорбата.

Список литературы

1. Laksmono J.A. et al. Adsorption capacity study of ethanol-water mixture for zeolite, activated carbon, and polyvinyl alcohol // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Institute of Physics Publishing, 2018. Vol. 105, № 1.
2. Hasan Rupam T. et al. Ethanol adsorption onto various metal organic frameworks for cooling applications // Thermal Science and Engineering Progress. Elsevier Ltd, 2023. Vol. 37.
3. Huo P. et al. Insight into the Adsorption Process of Ethanol and Water on the Pore Structure and Surface Chemistry Properties Engineered Activated Carbon Fibers // Ind Eng Chem Res. American Chemical Society, 2021. Vol. 60, № 30. P. 11141–11150.
4. Lv X. et al. Experimental study of ethanol adsorption using a multistage bubbling fluidized bed // Process Safety and Environmental Protection. Institution of Chemical Engineers, 2019. Vol. 125. P. 64–70.
5. Zhang X. et al. Adsorption of VOCs onto engineered carbon materials: A review // Journal of Hazardous Materials. Elsevier B.V., 2017. Vol. 338. P. 102–123.
6. Madero-Castro R.M. et al. Adsorption of Linear Alcohols in Amorphous Activated Carbons: Implications for Energy Storage Applications // ACS Sustain Chem Eng. American Chemical Society, 2022. Vol. 10, № 20. P. 6509–6520.
7. Hussin F. et al. A breakthrough adsorption study of modified activated carbon using different environmentally-friendly activating agents // Environmental Engineering Research. Korean Society of Environmental Engineers, 2024. Vol. 29, № 1.

УДК 66.023

Буюклыу К. Л., Савинков С.В.

Современные способы получения и конструкции оборудования для производства биоразлагаемых полимерных материалов

Буюклыу Карина Леонидовна – студентка; karina.buyuklyu@bk.ru.

Савинков Сергей Валериевич – к.т.н., доцент кафедры;

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»,

Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9.

В статье рассмотрены вопросы, связанные с использованием полимеров в качестве биоразлагаемых материалов. Показано, что наиболее технологичным полимером для получения биоразлагаемых товаров служат материалы из полимолочной кислоты (полилактида), занимающей в настоящее время лидирующее положение среди аналогичных соединений. Рассмотрены способы и оборудование для получения названного продукта.

Ключевые слова: полилактид, биоразлагаемые полимеры, пластиковые загрязнения, окружающая среда.

Modern methods of obtaining and designing equipment for the production of biodegradable polymer materials

Buyuklyu K.L., Savinkov S.V.

D.I. Mendeleev Russian University of Chemical Technology, 9 Miusskaya Square, Moscow, 125047, Russia.

The article discusses issues related to the use of polymers as biodegradable materials. It is shown that the most technologically advanced polymer for the production of biodegradable goods are materials from polylactic acid (polylactide), which currently occupies a leading position among similar compounds. The methods and equipment for obtaining the named product are considered.

Keywords: polylactide, biodegradable polymers, plastic pollution, environment.

Введение

Пластиковые загрязнения приобретает глобальный масштаб, угрожая экосистемам, здоровью человека и климату, поскольку традиционные полимеры, основанные на нефтехимии, отличаются высокой прочностью и долговечностью, что приводит к накоплению отходов в окружающей среде на протяжении столетий. В поисках решения проблемы научным и инженерным сообществом найден выход – использование биоразлагаемых полимерам, способным разлагаться под воздействием микроорганизмов, превращаясь в безвредные вещества, такие как углекислый газ, вода и биомасса [1].

Создание производств биоразлагаемых полимеров требует значительных финансовых вложений, что в долгосрочной перспективе должно привести к снижению затрат на утилизацию отходов и улучшению экологии. Предполагается, что спрос на экологически чистые товары, такие как упаковочные материалы, будет расти, а новые рынки потребления будут увеличиваться.

Некоторые крупные компании уже в течение десятилетия переходят на биоразлагаемые упаковки, что способствует популяризации этих материалов при поддержке государственного стимулирования спроса у населения через социальные медиа.

В целях оценки технологического уровня и перспектив развития производства биоразлагаемых материалов, целесообразно описать основные существующие способы биоразлагаемых полимеров, их свойства, методы получения, а также области применения.

Основная часть

В мире существует около 70 видов биоразлагаемых полимеров из синтетического и природного сырья (биопластиков) при этом из них на рынке представлены полимеры на основе крахмала и полимолочной кислоты (PLA).

Наилучших ожиданий, в том числе и с позиции привлекательности цены конечного продукта, заслуживают производства биоразлагаемых материалов из полимолочной кислоты (полилактида), занимающей в настоящее время лидирующее положение среди аналогичных соединений.

Полилактид – прозрачный, бесцветный термопластичный полимер с регулируемыми физико-химическими свойствами, которые можно задавать заранее путем использования различных оптических форм мономера (лактида) или путем изменения степени полимеризации. Поэтому из него легко получать материалы, обладающие различной прочностью, водостойкостью и биоразлагаемостью [2].

В последнее время появились сообщения о возможности прямой конверсии получаемых водных растворов лактата аммония в сложные эфиры молочной кислоты по схеме:

Сахар → Молочная кислота → Лактат аммония → Сложный эфир молочной кислоты → Олигомер → Лактид.

Прямой синтез лактида из молочной кислоты экономически не выгоден из-за низкого выхода и плохого качества получаемого лактида, а получение лактида из сложных эфиров молочной кислоты обладает тем преимуществом, что получаемый таким способом лактид не содержит кислотных соединений и воды, очень нежелательных примесей при проведении

процесса полимеризации с целью получения высококачественных полимерных материалов [4].

Для осуществления процесса деполимеризации олигомера в лактид предлагается как вариант использование роторно-пленочного испарителя [5], который при производительности 3,8 кг/м²*ч по L-лактиду обеспечивает получение дистиллята, содержащего 69,5 % L-лактида, 6,5 % мезо-лактида, 0,04 % D-лактида, что вполне удовлетворяет требованиям, предъявляемым к конечному продукту.

Для проведения процесса синтеза лактида предлагается также использовать испаритель с горизонтальными трубами, в котором олигомер с катализатором разбрызгивают над внешней поверхностью горизонтальных труб, подогреваемых до необходимой температуры теплоносителем. Образующиеся пары лактида и легкокипящих примесей отводят из реактора, а кубовый остаток постоянно циркулирует для обеспечения полного цикла получения конечного продукта. При оптимальной скорости подачи сырья достигается максимальный выхода лактида (93-100% мол.) и высокая производительность процесса.

На стадии получения лактида деполимеризацией олигомеров предлагается широкий ряд катализаторов. В частности, это соединения металлов: 1-й (Na, K, Li) группы (гидроксиды, соли органических слабых кислот, алкоголяты, 2-й и 3-й (соединения Mg, La), 4-й (соединения Zr и Ti), 12-й (соединения Zn), 14-й (соединения Sn), , 15-й (оксиды Bi и Sb) групп периодической таблицы Менделеева [5].

Высокая популярность оловянных катализаторов при осуществлении реакций олигомеризации и деполимеризации объясняют тем, что при высоких температурах такие катализаторы, в отличие от других соединений металлов, в меньшей степени катализируют реакцию рацемизации [5].

Действие катализаторов на реакцию рацемизации объясняют тем, что лактид чувствителен к слабым основаниям, в роли которых выступают концевые группы катализаторов (октоат, хлорид, оксид и др.). В качестве кислоты в таком случае выступает α -протон молекулы лактида, который легко может быть депротонирован. Такой процесс депротонирования ускоряется с повышением температуры, что приводит к увеличению рацемизации и снижению выхода лактида и его чистоты. В случае же олигомера, электронная пара аниона, образованная в результате депротонирования, делокализуется, что приводит к образованию неполной π -связи. Такая π -связь препятствует ротации, поскольку получаемая конфигурация олигомера является непредпочтительной с энтропийной точки зрения, в то время как конфигурация лактида способствует ротации вследствие малого размера кольца [6].

Следует отметить, что в сравнении с другими катализаторами тяжелых металлов токсичность оловянных катализаторов крайне низка, они хорошо растворимы в реакционной массе и методы их выделения достаточно хорошо изучены.

Для формирования полимера (полилактида) с высокими качественными показателями необходимо, чтобы его мономер (лактид) содержал как можно меньше примесей. Например, желательно, чтобы содержание воды не превышало 100 ppm (предпочтительнее 20 ppm), кислотных примесей 30 ppm (предпочтительнее 10 ppm) [4].

Существует оборудование для очистки различных органических веществ методом выплавления [7]. Аппарат для проведения очистки представляет собой куб, в который вмонтированы трубы с циркулирующим теплоносителем. В рекламных проспектах фирмы, которая является патентообладателем данной системы очистки, сообщается, что она может быть использована также для очистки лактида от его основных примесей [8].

Заключение

Проблема загрязнения окружающей среды полимерными отходами требует комплексного подхода. Создание и внедрение биоразлагаемых полимеров представляют собой одно из наиболее эффективных решений, которое может существенно снизить негативное воздействие пластиковых отходов на природу. При совместных усилиях науки, бизнеса, государства и общества возможно обеспечение чистого и безопасного будущего для жителей нашей планеты [9,10].

Наиболее технологичным полимером для получения биоразлагаемых товаров служат материалы из полимолочной кислоты (полилактида), занимающей в настоящее время лидирующее положение среди аналогичных соединений. Важно, чтобы государство и дальше обеспечивали поддержку такие инициативы, создавая новые мотивационные поводы для перехода на экологически чистые технологии.

Список литературы

1. Смеси полимолочной кислоты: обработка, свойства и применение // ScienceDirect URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141813018350621> (дата обращения: 23.11.2024).
2. Поли(молочная кислота): пластификация и свойства биоразлагаемых многофазных систем // ScienceDirect URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0032386101000866> (дата обращения: 23.11.2024).
3. Способ переработки лактата аммония в молочную кислоту и ее сложные эфиры // ФИПС URL: https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=0002535680&TypeFile=html (дата обращения: 23.11.2024).
4. Усовершенствование технологии синтеза и очистки лактида // «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/40461/1/urfu1572_d.pdf (дата обращения: 23.11.2024).
5. Способ переработки лактата аммония в молочную кислоту и ее сложные эфиры // GooglePatents URL:

<https://patents.google.com/patent/RU2535680C2/ru> (дата обращения: 23.11.2024).

6. Каталитический способ полимеризации лактидов на металлах или их неорганических соединениях // ФИПС URL: https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=0002422471&TypeFile=html (дата обращения: 23.11.2024).

7. Аппарат для очистки химических веществ методом кристаллизации // GoogleПатенты URL: <https://patents.google.com/patent/SU1131524A1/ru?q=%D0%BF%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B0+SU1131524A1>. (дата обращения: 23.11.2024).

8. Последние достижения в области биоразлагаемых полимеров из возобновляемых

источников для упаковки пищевых продуктов // Онлайн-библиотека Wiley URL: https://www.researchgate.net/profile/Shahriyar-Valizadeh/post/Biodegradable_polymer_composites_of_natural_orhttps://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/app.42597 (дата обращения: 23.11.2024).

9. Европейские стандарты и технические спецификации. // Европейская комиссия URL: <https://interoperable-europe.ec.europa.eu/collection/european-committee-standardization-cen> (дата обращения: 23.11.2024).

10. Производство биопластика с точки зрения оценки жизненного цикла: современный обзор // ScienceDirect URL: [Производство биопластика с точки зрения оценки жизненного цикла: современный обзор](#) (дата обращения: 23.11.2024).

УДК 667.661

Зырянова Е.Д., Зубарев А.М., Меньшиков В.В.

Обзор программного обеспечения для проектирования и моделирования химико-технологических систем

Зырянова Евгения Денисовна – студент группы МТ-19; zevgenia0304@gmail.ru .

Зубарев Андрей Михайлович – старший преподаватель кафедры логистики и экономической информатики.

Меньшиков Владимир Викторович – д.т.н., профессор кафедры логистики и экономической информатики

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»,

Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9.

В статье проведен обзор известного зарубежного и отечественного программного обеспечения в сфере моделирования химико-технологических процессов. Проведен анализ каждой программы по таким критериям, как лицензирование, распространенность, внутренние характеристики и наличие модулей.

Ключевые слова: программное обеспечение, моделирование, производство, проектирование.

Overview of software for the design and modeling of chemical technology systems

Zyryanova E. D., Zubarev A. M., Menshikov V. V.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russian Federation

The article provides an overview of well-known foreign and domestic software in the field of modeling chemical and technological processes. Each program was analyzed according to criteria such as licensing, prevalence, internal characteristics and availability of modules.

Key words: software, modeling, manufacturing, design.

Введение

В современном мире проектирования инженеры владеют широким спектром программных инструментов для моделирования химико-технологических процессов (ХТП). Для компьютерного анализа химико-технологических и химико-энерготехнологических систем создано большое количество программных комплексов.

На сегодняшний день лидерство в секторе программных решений для создания и анализа химико-технологических процессов принадлежит трем ведущим компаниям: Invensys Process Systems, включающей в себя SimSci – Esscor, владеющего брендом PRO/II; Aspen Technologies, объединившейся с Hyprotech и владеющей брендами HYSIM, HYSYS и Aspen; и ChemStations, которая контролирует бренд CHEMCAD.

Обычно эти программные продукты разработаны в США и других странах, но на рынке России также присутствуют отечественные разработки, такие как Комфорт и GIBBS.

Теоретическая часть

1) Hysim

Hysim — это программный продукт, разработанный компанией Hyprotech Ltd, который позволяет работать в режиме статического моделирования большинства химических процессов, связанных с переработкой нефти и газа. В рамках данного ПО можно вводить информацию в табличном формате, а затем использовать её для создания схемы в формате AutoCAD.

В 1996 году Hyprotech Ltd выпустила обновленный продукт под названием Hysys, который был оптимизирован для работы с 32-битными операционными системами Windows. После того, как в 2002 году компания Aspen Technologies приобрела

Hyprotech Ltd, продукт был переименован в Aspen Hysys и вошел в состав инженерного пакета AspenONE Engineering, являющегося частью комплексного решения AspenONE. Современные версии программы соответствуют последним стандартам операционных систем и продолжают называться Aspen Hysys.

2) Hysys

Aspen Hysys представляет собой пакет программного обеспечения, предназначенный для проведения стационарного моделирования и при создании технологических процессов в химической и нефтегазоводобывающей отраслях. Предназначен для эффективной настройки и мониторинга производственных операций.

В составе комплекта программ AspenONE V14.2, этот инструментарий способствует увеличению производительности, эффективному управлению запасами сырья, а также позволяет осуществлять разработку и симуляцию производственных процессов. Кроме того, клиенты могут выбрать индивидуальные ключевые программы из этого набора. Это ПО предоставляет функцию динамического моделирования как отдельных операций, так и всей производственной цепочки, в дополнение к стандартному технологическому моделированию. Дополнительным преимуществом является возможность создания и настройки систем управления процессами. Программа хорошо интегрирована в приложения Microsoft Office.

Программное обеспечение предоставляет специалистам необходимые инструменты для определения ключевых конструктивных характеристик промышленных аппаратов или комплекса производственных линий: включая теплообменники, перегонные колонны, сушильные

установки, устройства для разделения компонентов и резервуары [1].

3) ChemCAD

ChemCAD – это программный пакет, предназначенный для создания компьютерных моделей в области химической технологии. Он находит свое применение на этапах проектирования, усовершенствования и улучшения химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих процессов.

Применение программы ChemCAD дает возможность с высокой степенью точности проводить аналитические работы, разрабатывать и улучшать технологические процессы, оценивая их производительность для выбора наилучшего решения. Доказательства эффективности использования ChemCAD как международными, так и национальными экспертами демонстрируют, что вычислительные результаты находятся на уровне, соответствующем данным промышленных испытаний, что обеспечивает высокую достоверность моделирования производственных процессов.

С помощью этой программы специалисты способны осуществлять проектирование технологических процессов, включая имитационное моделирование и пробные запуски процессов, связанных с циркуляцией органических и неорганических веществ, а также непрерывных смесей. Кроме того, программа предоставляет инструменты для расчетов энергетических потоков и создания технологических схем, чтобы визуализировать разнообразные производственные операции [2, 3].

4) AutoCAD

Диапазон применения такого программного продукта, как AutoCAD, захватил практически все сферы промышленности, поэтому у различных компаний появилась возможность использовать его для проектирования инновационных технологий, включая создание документации, 2D- и 3D-моделирование, использование рабочих чатов для обмена данными.

Инструменты 3D-навигации реализуют облет вокруг модели для осмотра прототипа со всех углов. Экспорт любых 3D-моделей в AutoCAD обеспечивает мгновенное формирование различных типов чертежей, что минимизирует необходимость в многократном корректировании и повторениях, тем самым приводя к ускорению производственного процесса. Благодаря комплексному подходу к проектированию и наличию полного набора инструментов AutoCAD помогает воплотить в жизнь даже самые сложные проекты.

Таким образом, ПО AutoCAD – это не только инструмент проектирования, но и модуль обмена информацией, что важно при процессе создания автоматизированных линий. Также, благодаря центру управления чертежами – Desing center – возможно быстро добавлять информацию с одного чертежа на другой (режим перетаскивания) [4].

5) GIBBS и Комфорт

Компания «Инновационное бюро металлургических технологий» представляет продукт GIBBS, который включает в себя инновационные решения для улучшения проектирования и технологических процессов в сфере подготовки газов. В программе представлены инструменты для работы при низких температурах, включая установки для разделения жидкостей, детандерные комплексы с возможностью частичного или полного разделения легких углеводородов. Доступны также методики получения этана, а также инновационные способы очистки газа с применением ингибиторов образования гидратов, где обеспечиваются сборка и регенерация. Услуги включают в себя комплексные решения для промышленного и производственного процессов обработки газоконденсата и нефти, такие как процессы дезтанизации, стабилизации и фракционирования в соответствии с топливными стандартами, а также газотракционирование и системы для сжижения природного газа. Кроме того, предлагаются технологии выделения и очистки гелия.

«Комфорт» – современная программная платформа для химического моделирования, разработанная для проведения точных вычислений в сфере химического производства, включая формирование материально-энергетических балансов.

Программа обеспечивает функциональность для расчета ключевых процессов, связанных с газообработывающей отраслью. Благодаря комплексному подходу и наличию специализированных технологических элементов, ПО формирует инструментарий, позволяющий производить расчеты для определенных групп ХТС, включая анализ основных фракционирующих процессов в области газопереработки [5].

6) DESIGN II, Pro II и ProVision

Комплект программ DESIGN II от WinSim Inc. разработан для симуляции процессов в сфере газопереработки и оснащен всеми необходимыми инструментами для нефтепереработчиков. В его состав входит около 50 различных методов термодинамического анализа и обширный каталог из почти 900 компонентов. Программа взаимодействует с Microsoft Excel [6].

Программное обеспечение Pro II и ProVision, используемое в сфере нефти и газа, было создано американской компанией Simulation Sciences, Inc. В связи с отсутствием удобного интерфейса в первом продукте, компания представила обновленное решение с усовершенствованным графическим интерфейсом для операционных систем Windows, включающее поддержку OLE-2 – ProVision [6].

7) Aspen Plus

Aspen Plus – это лидер среди программных средств для моделирования химических процессов, который высоко ценится крупнейшими компаниями химической промышленности и связанных с ней отраслей.

Aspen Plus активно используется для повышения эффективности, создания математических моделей,

проведения экономического анализа и оценок устойчивости химических производственных процессов. В состав программы входит обширная база данных по химическим реакциям, что позволяет с высокой степенью точности моделировать реальные производственные линии, что в итоге может способствовать увеличению производительности и уменьшению потребления энергии.

Чаще всего этот симулятор процессов используется для мониторинга проектирования, производительности и оптимизации бизнес-планирования в области нефтехимии, стационарного моделирования химических веществ, нефтеперерабатывающей промышленности.

Программное обеспечение Aspen Plus активно применяется для симуляции процесса конверсии угля. Кроме того, компания Aspen Tech выпустила

детальные инструкции по моделированию такой конверсии [7].

Аналитическая часть

В таблице 1 демонстрируются разнообразные варианты лицензирования программного обеспечения: локальное, сетевое и пробное. Индивидуальная лицензия позволяет использовать ПО только на одном компьютере, где пользователь проходит процедуру авторизации и осуществляет работу. При сетевой лицензии программа может быть запущена на нескольких компьютерах, однако количество одновременно работающих пользователей должно соответствовать количеству приобретенных лицензий. Для ознакомления с функционалом программного комплекса предоставляются бесплатные лицензии, которые могут обладать временными ограничениями или не включать в себя некоторые возможности.

Таблица 1. Лицензии программного обеспечения.

№	Наименование	Hysys/Hysim	ChemCAD	AutoCAD	GIBBS	Комфорт	DESIGN II	Pro II/ProVision	Aspen Plus
Изготовитель									
1	Страна разработки	Канада и США	США	США	Россия	Россия	США	Великобритания	США
2	Разработчик	AspenTech	ChemStation, Inc	Autodesk	Топэнерго бизнес	ChemFort	WinSim Inc.	Invensys	AspenTech
3	Год выпуска	1996	1983	1982	2003	2011	1991	1992	1991
4	Версия на 2024 г.	V14	7.1.	2024	3.12.2.	2023	16	2022/6.1.	11
Лицензирование									
5	Локальные лицензии	+	+	+	+	+	+	+	+
6	Сетевые лицензии	-	+	-	+	-	-	-	+
7	Бесплатные лицензии	-	-	-	Ограничен функционал	45 дней	3 месяца	-	-

На российском и зарубежном рынке немало средств имитационного моделирования ХТП с различным функционалом и назначением. На рис. 1 представлена статистика использования ПО в разных сферах промышленности.

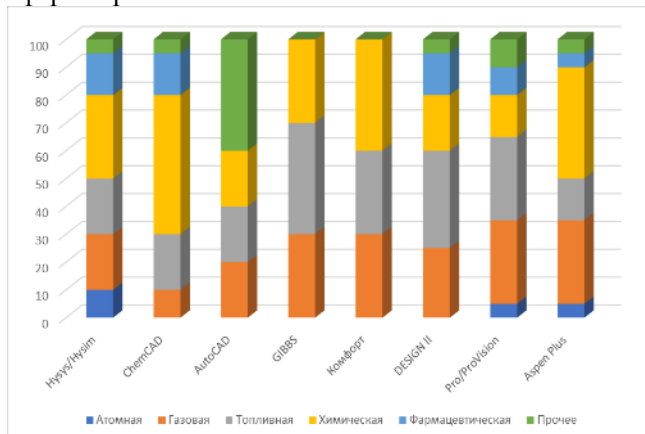


Рис. 1. Оценка распространение и применения ПО

В ходе анализа функциональности различных программных комплексов были выделены основные параметры, по которым некоторые из них оказались несовершенными. Эти недостатки требуют от пользователя определенных навыков в сфере технического и математического анализа процессов.

Ограничения в возможности моделирования в реальном времени и сложность в адаптации программного обеспечения для учета многообразия условий становятся значительным ограничением для его использования в системах автоматизации управления динамичными и сложными процессами. Подробнее о характеристиках программных комплексов можно узнать в таблице 2. Программные решения, которые не обеспечивают точные и своевременные данные, не имеют большой перспективы, особенно в условиях жесткой конкуренции, где ключевыми аспектами являются цена, качество, объем, энергопотребление и производительность производственных систем.

Программные решения включают в себя готовые компоненты, которые детализированно описывают технические свойства и физико-химические характеристики материалов. Это позволяет значительно сократить время и усилия на разработку и расчеты технологических процессов. Когда

количество модулей программного обеспечения ограничено, программа не будет способна отражать сложные инженерные идеи, так как для их воплощения необходимо непрерывное развитие программного кода. Подробный состав модулей приведен в таблице 3.

Таблица 2. Характеристики программных комплексов

№	Наименование	Hysys/Hysim	ChemCAD	AutoCAD	GIBBS	Комфорт	DESIGN II	Pro II/ProVision	Aspen Plus
1	Библиотеки и шаблоны	+	+	+	+	+	+	+	+
2	Создание библиотек и шаблонов	+	+	+	+	-	+	+	+
3	Язык программирования	Visual Basic, C++	Visual Basic	AutoLips	Delphi, Visual Basic	Delphi, Фортрам	Visual Basic	Visual Basic	Visual Basic, C++
4	Стационарные системы	+	+	+	+	+	+	+	+
5	Динамические системы	+	+	-	-	-	+	+	+
6	Дискретно-событийное моделирование	+	-	-	-	-	-	-	+
7	Структурное моделирование	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Комбинированный подход	+	+	-	-	-	-	+	+
9	Моделирование в реальном времени	+	-	-	-	-	-	-	+
10	Модуль оптимизации	+	-	+	+	-	-	-	+
11	Потоки случайных чисел	+	-	-	-	-	-	-	+
12	Независимые прогоны моделируемой системы	+	-	-	-	-	-	-	+
13	Разработка сценариев	+	+	-	-	-	-	+	+
14	Планирование эксперимента	+	-	-	-	-	-	-	+
15	Интерактивный отладчик	+	-	-	-	-	+	+	+

Таблица 3. Модули в составе программного комплекса

№	Наименование	Hysys/Hysim	ChemCAD	AutoCAD	GIBBS	Комфорт	DESIGN II	Pro II/ProVision	Aspen Plus
1	Компоненты	+	+	+	+	+	+	+	+
2	Ректификационные колонны	+	+	-	+	+	+	+	+
3	Перегонные колонны	+	+	-	+	+	+	+	+
4	Трубопроводы	+	+	-	+	+	+	+	+
5	Реакторы	+	+	-	+	+	+	+	+
6	Адсорберы	+	-	-	-	+	-	-	+
7	Теплообменники	+	+	-	+	+	-	+	+
8	Насосы и компрессоры	+	-	-	+	+	+	-	+

Ключевым элементом любого программного обеспечения является также и удобный графический интерфейс, который снижает временные затраты пользователя на выполнение необходимых действий и предоставляет результаты в понятной форме. Инструменты, интегрированные в программу, включая визуальные элементы, функции отладки и поддержку документации, помогают сократить время, затрачиваемое на разработку.

Заключение

Таким образом, современные инженеры имеют в своем распоряжении широкий арсенал программных средств для моделирования и анализа химико-технологических процессов. Ведущие мировые компании предлагают различные инструменты, позволяющие эффективно решать задачи проектирования и оптимизации ХТП. Однако важно отметить, что российский рынок также располагает собственными разработками, такими как «Комфорт» и GIBBS, в ходе анализа которых было выявлено, что они способны конкурировать с зарубежными аналогами и удовлетворять потребности отечественных предприятий. В нынешних условиях использование отечественного программного обеспечения становится все более актуальным направлением развития химической промышленности в России.

Список литературы

1. «Hysys, версия 2006», учебник, 2006 г., ЗАО «Технефтехим», 157 с., интернет-издание/
2. Гартман Т. Н., Советин Ф. С. Применение пакетов программ CHEMCAD для моделирования процессов многокомпонентной ректификации в тарельчатых колоннах при получении синтетического жидкого топлива // Химическая техника. – 2010. – № 2. – С. 36-38. Успехи в химии и химической технологии. ТОМ XXIX. 2015. № 2.
3. Гартман Т.Н., Советин Ф.С. Компьютерное моделирование технологического узла ректификации производства метанола с применением пакетов программ CHEMCAD // Химическая техника. – 2010 – № 4. – С. 12-14.
4. Гирфанова Л.Р., Учебное пособие по разработке и оформлению проектно-конструкторской документации в AutoCAD, Уфа: ИНИТ, 2013. - 106 с.
5. Зотов, Я. А. Обзор существующих решений в области моделирования технологических процессов / Я. А. Зотов // Труды научно-исследовательского института системных исследований Российской академии наук. – 2022. – Т. 12, № 4. – С. 25-37.
6. Автоматизированный расчет химико-технологических систем (на примере использования DESIGN-II для Windows): Учебное пособие/Сост.: Кознов А.В.; РХТУ им. Д.И. Менделеева. Москва, 2006. 84 с.
7. Тумэнбаяр А., Тунгалагтамир Б. Результаты использования программы Aspen Plus для моделирования газификации угля // Автоматика и программная инженерия. 2017. №4 (22).

УДК 66.08

Башлыкова А.И., Манюкова И.И., Журавлева О.С.

Обзор направлений применения различных модификаций хитозанаБашлыкова Анастасия Игоревна студент anastasiabashlykovarhty@gmail.com

Манюкова Ирина Игоревна к.т.н., доцент кафедры ЛогЭКИ;

Журавлева Ольга Станиславовна старший преподаватель кафедры ЛогЭКИ;

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»,

Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9

В данной работе рассматриваются свойства и возможности применения хитозана, производного полисахарида хитина, а также его модификации, направленные на улучшение физико-химических характеристик и биологической активности. Подчеркивается, что модификация хитозана позволяет значительно расширить его области применения в медицине, экологии и других отраслях, а также способствует созданию экологически безопасных материалов [1]. Исследование акцентирует внимание на важности дальнейшего изучения модифицированного хитозана для достижения устойчивого развития и решения современных экологических проблем.

Ключевые слова: хитозан, модификация, физико-химические свойства, механические свойства

Overview of the directions of application of various chitosan modifications

Bashlykova A.I., Manyukova I.I., Zhuravleva O.S.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russian Federation

This paper discusses the properties and possibilities of using chitosan, a derivative of chitin polysaccharide, as well as its modifications aimed at improving the physico-chemical characteristics and biological activity. It is emphasized that the modification of chitosan makes it possible to significantly expand its fields of application in medicine, ecology and other industries, and also contributes to the creation of environmentally friendly materials [1]. The study focuses on the importance of further study of modified chitosan in order to achieve sustainable development and solve modern environmental problems.

Keywords: chitosan, modification, physico-chemical properties, mechanical properties

Введение

Хитозан получают путем деацетилирования хитина, извлекаемого из панцирей ракообразных (таких как креветки и крабы), и покрова других членистоногих. Это является возобновляемым природным ресурсом.

Одним из основных преимуществ хитозана по сравнению с хитином является его улучшенная растворимость в кислых растворах, что значительно расширяет его область применения [2]. Хитин, будучи более стабильным и менее растворимым полимером, ограничивает возможности его использования в водных средах и биологических системах. В отличие от хитина, хитозан легко модифицируется и адаптируется для различных нужд, что делает его более универсальным материалом.

Из приведенной ранее информации видно, что хитозан обладает многими полезными свойствами, однако его естественная форма имеет ограничения: низкая растворимость в нейтральных и щелочных растворах. Модификация позволяет улучшить не только эти, но и другие свойства, открывая новые возможности для его применения. Следовательно, представляет интерес изучения областей применения модифицированного хитозана в зависимости от способа модификации.

В данной статье будут изучены различные методы модификации хитозана и их влияния на его физико-химические свойства и биологическую

активность. Также будет рассмотрены потенциальные возможности применения модифицированного хитозана как экологически безопасного сырья.

Хитозан получают путем деацетилирования природного полимера хитина (рис.1).

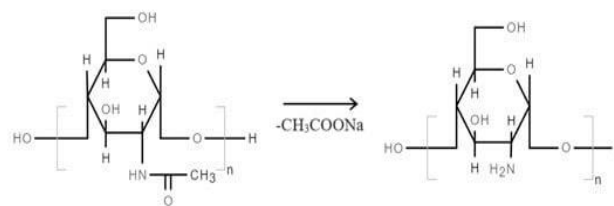


Рис.1 Получение хитозана из хитина

Хитозан состоит из повторяющихся единиц D-глюкозамина и N-ацетилглюкозамина, соединенных β-1,4-гликозидными связями [3]. Степень деацетилирования (DD) и молекулярная масса являются ключевыми параметрами, определяющими его свойства. Более высокая степень деацетилирования обычно приводит к улучшению растворимости в кислых растворах [4].

Обзорная часть

Растворимость хитозана в слабокислых растворах обусловлена наличием аминогрупп, которые протонируются при пониженных значениях pH [5]. Вязкость его растворов зависит от молекулярной массы и концентрации, что важно для

его применения в качестве загустителя или стабилизатора.

Молекулярная масса хитозана оказывает значительное влияние на его механические и барьерные свойства. Более высокомолекулярные формы используются в пленках и покрытиях, в то время как низкомолекулярные формы подходят для доставки лекарств и биосорбции [6,7].

Химическая модификация включает в себя реакции, такие как ацетилирование, карбоксилирование, сульфирование и кватернизация.

Эти реакции позволяют изменять полярность, заряд и растворимость хитозана, что расширяет его функциональные возможности для использования его в медицине, косметологии, водоочистке. Например, сульфированный хитозан демонстрирует улучшенные антимикробные свойства, ацетилхитозан обладает улучшенной растворимостью в органических растворителях, карбоксилирование хитозана приводит к образованию карбоксилатных производных, которые обладают высокой полярностью и водорастворимостью, а кватернизация хитозана приводит к образованию кватерниевых аммониевых соединений, которые обладают положительным зарядом [8,9].

Физические методы, такие как ультразвуковая обработка, радиационная модификация и термическая обработка, используются для изменения физической структуры хитозана. Эти методы могут уменьшить молекулярную массу и изменить кристалличность, что влияет на растворимость и механические свойства.

Комбинация химических и физических методов позволяет достигать синергетического эффекта, улучшая сразу несколько свойств. Например, ультразвуковая обработка в сочетании с химической модификацией может значительно повысить растворимость и реакционную способность [10].

Изменения в растворимости и вязкости. Модификация может значительно улучшить растворимость хитозана в воде и органических растворителях, что расширяет его применение в различных системах доставки и в качестве стабилизатора эмульсий. Изменения в вязкости позволяют использовать его в производстве гелей и пленок с заданными характеристиками.

Влияние на механические свойства. Улучшение механических свойств, таких как прочность и эластичность, позволяет использовать хитозан в производстве биоматериалов, таких как хирургические нити и упаковочные материалы [11]. Модифицированные формы могут демонстрировать улучшенную адгезию и гибкость.

Изменения в термической стабильности. Термическая стабильность модифицированного хитозана повышается, что делает его пригодным для использования в условиях высоких температур, например, в качестве теплоизоляционных материалов или в упаковке для горячих продуктов.

Модифицированный хитозан демонстрирует улучшенные антимикробные свойства, что позволяет использовать его в качестве природного пестицида и фунгицида. Это способствует снижению использования химических пестицидов и уменьшению их негативного влияния на окружающую среду [12,13].

Влияние на почвенную микрофлору. Исследования показывают, что применение хитозана может положительно влиять на почвенную микрофлору, способствуя росту полезных микроорганизмов и улучшая структуру почвы [14,15]. Это, в свою очередь, может повысить урожайность и устойчивость растений к болезням.

Немодифицированный хитозан находит применение в экологии и охране окружающей среды. Например, хитозан используется для очистки сточных вод и удаления тяжелых металлов [16]. Его способность к биосорбции делает его эффективным средством для удаления загрязнителей из воды и воздуха.

Заключение

Модификация хитозана позволяет значительно улучшить его физико-химические свойства и биологическую активность, расширяя области его применения. Эти улучшения делают хитозан более универсальным материалом, который может быть использован в различных отраслях промышленности и экологии.

В будущем модифицированный хитозан может найти применение в новых отраслях, таких как производство биопластиков и экологически чистых материалов. Его способность к биоразложению и нетоксичность делают его идеальным кандидатом для создания устойчивых и безопасных продуктов.

Модификация хитозана открывает новые горизонты для создания материалов, которые не только соответствуют современным экологическим стандартам, но и превосходят их, предлагая решения для устойчивого развития. В условиях глобальных экологических вызовов, таких как загрязнение окружающей среды и изменение климата, модифицированный хитозан может стать ключевым элементом в переходе к более экологически чистым технологиям и процессам. Его универсальность и адаптивность делают его незаменимым инструментом в борьбе за чистую и здоровую планету.

Список литературы

1. Rinaudo, M. (2006). Chitin and chitosan: Properties and applications. //Progress in Polymer Science, 31(7), P. 603-632.
2. Камарова С.К. Химия и биологическая активность хитина и хитозана// Химические науки. – 2019г. – С. 10-11.
3. Осаковская И.И., Будилина Д.Л., Тарабукина Е.Б., Нудьга Л.А. Хитин-глюкановые комплексы (физико-химические свойства и молекулярные характеристики) // Учебное пособие. – 2010г.

4. Варламов В. П., Ильина А. В., Шагдарова Б. Ц., Луньков А. П., Мысякина И. С. хитин/хитозан и его производные: фундаментальные и прикладные аспекты // Успехи биологической химии, т. 60, 2020, с. 317–368
5. Ашуров Н.Ш., Югай С.М., Шахобутдинов С.Ш., Кулумбетов А.С., Атаханов А.А. физико-химические исследования структуры наночастиц хитозана и аскорбат хитозана // Известия Академии наук. Серия химическая. 2022. Т. 71. № 2. С. 227-231.
6. Чудинова Ю.В., Коновалова М.В., Ильина А.В., Варламов В.П. влияние физико-химических характеристик хитозана на структуру тонких пленок// Известия Уфимского научного центра РАН. 2016. № 3-1. С. 103-106.
7. Седелкин В.М., Головин Ю.М., Черкасов Д.М., Лебедева О.А., Потехина Л.Н. Надмолекулярная структура хитозана и хитозановых пленок различной химической модификации// Известия Кабардино-Балкарского государственного университета. 2017. Т. 7. № 3. С. 17-21.
8. Шувалова Е.Ю. Перспективы применения хитозана // Новая наука: Современное состояние и пути развития. 2016. № 8. С. 5-8.
9. Носкова Д.В., Петрова М.А., Сиразетдинова Э.И. хитозан: биополимер с разнообразным спектром применения // В сборнике: Интеллектуальный потенциал общества как драйвер инновационного развития науки. Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции. Стерлитамак, 2024. С. 119-123.
10. Нудьга Л.А. структурно-химическая модификация хитина, хитозана и хитин-глюкановых комплексов// автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора химических наук / Институт высокомолекулярных соединений. Санкт-Петербург, 2006
11. Клишанец Е.Т. Анализ существующих сфер применения биополимера хитина и его производных // Вестник Гродненского государственного университета имени Янки Купалы. Серия 6. Техника. 2022. Т. 12. № 1. С. 99-106.
12. Ефимов К.М., Гембицкий П.А., Мартыненко С.В. модифицированный хитозан // Патент на изобретение RU 2269542 С1, 10.02.2006. Заявка № 2004138090/04 от 27.12.2004.
13. Мукатова М.Д., Киричко Н.А., Сколков С.А., Романенкова Е.Н. физико-химические показатели хитозана, полученного из хитина панциря речных раков по модифицированной технологии // В сборнике: Международная научная конференция научно-педагогических работников Астраханского государственного технического университета, посвящённая 85-летию со дня основания вуза (59 НПР). материалы. ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»; Под общей редакцией Н. Т. Берберовой, К. П. Пашенко. 2015. С. 200-201.
14. Касымова Ж.С., Мусталдинова А.Т. применение интерполимерного комплекса при выращивании огурца на светло-каштановой почве // Вестник Казахского гуманитарно-юридического инновационного университета. 2021. № 1 (49). С. 165-172.
15. Климова Е.В. влияние хитозана на подвижность меди в дерново-подзолистой почве и пористых средах // Экологическая безопасность в АПК. Реферативный журнал. 2007. № 2. С. 312.
16. Юдаков А.А., Ксеник Т.В., Филиппова И.А., Понаморов Ф.И., Янушкевич Н.Г., Зайцева Г.И., Лейман С.В. очистка сточных вод с применением хитозана от стойких эмульсий нефтепродуктов // Экология и промышленность России. 2007. № 2. С. 22-24.

УДК 004.94

Никишина В.В., Журавлева О.С.

Анализ сред для имитационного моделирования в проектировании цепей поставок

Никишина Виктория Викторовна – студент; enrf.vze@gmail.com

Журавлева Ольга Станиславовна – старший преподаватель.

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева», Россия, Москва.

В данной статье рассмотрен вопрос использования имитационного моделирования в качестве инструмента проектирования цепей поставок. Представлены отличительные особенности различных сред моделирования, а также выполнен их краткий сравнительный анализ. В исследовании подчеркивается важность внедрения имитационного моделирования в разработку систем, требующих учета динамических факторов.

Ключевые слова: цепи поставок, имитационное моделирование, оптимизация, агентное моделирование, морские перевозки

Analysis of simulation environments for supply chain modeling

Nikishina V.V., Zhuravleva O.S.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russian Federation

This article discusses the use of simulation modeling as a tool for designing supply chains. It presents the distinctive features of various modeling environments, as well as a brief comparative analysis of them. The study emphasizes the significance of incorporating simulation modeling into the development of systems that require consideration of dynamic factors.

Key words: supply chains, simulation-based modeling, optimization, agent-based modeling, maritime transport

Введение

Глобализация и ускорение темпов международной торговли создали непрерывный поток товаров и услуг по всему миру. Вследствие этого, эффективность цепей поставок и морских перевозок стала критически важным аспектом конкурентоспособности бизнеса. Одним из ключевых инструментов, помогающих оптимизировать эти процессы, является имитационное моделирование. В контексте переориентации основных покупателей с Запада на Восток, имитационное моделирование приобретает особую актуальность, позволяя компаниям адаптироваться к изменяющимся рыночным условиям и минимизировать риски. В данной статье рассмотрены инструменты имитационного моделирования, которые могут помочь проектированию и оптимизации цепей поставок и морских перевозок в условиях смещения потребительского спроса.

Имитационное моделирование — это инструмент для анализа и оптимизации сложных систем. Оно позволяет исследовать поведение системы в различных условиях, прогнозировать её реакцию на изменения и тестировать новые стратегии управления без риска для реальной системы. Существует как минимум три подхода к моделированию. Нам интересны в первую очередь следующие:

- Агентное моделирование представляет систему как набор взаимодействующих агентов, каждый из которых имеет свои алгоритмы функционирования. Данный подход позволяет моделировать сложные системы с большим количеством элементов, такие как социальные сети или экономические рынки.
- Дискретно-событийное моделирование фокусируется на событиях, которые изменяют состояние системы в определённые моменты времени. Такой подход актуален для систем, где изменения происходят в результате конкретных событий, например, в производственных линиях или логистических цепях.

Для обучения моделированию сложных систем можно использовать следующие среды и методологии разработки аналитических и имитационных моделей, такие как MvStadium, MATLAB, Arena, GPSS, Extend, iThink Analyst, Process Model и другие. Особое место среди сред разработки компьютерных моделей сложных систем занимает AnyLogic, который представляет собой среду проектирования имитационных моделей, позволяющая создавать симуляции, имитирующие практически любой реальный процесс.

Аналитическая часть

С точки зрения процессного подхода, цепь поставок — это упорядоченная последовательность процессов и потоков, которые возникают между различными элементами логистической системы. Эти элементы должны быть интегрированы, чтобы удовлетворить потребности конечного потребителя.

Цепь поставок включает в себя множество компонентов. Некоторые из них — это действующие предприятия, а другие — гипотетические структуры, которые требуют создания и обеспечения транспортной связи для функционирования всей системы. На разных этапах материальный поток меняется, поэтому необходимо анализировать соответствующие динамические процессы. Каждая технология имеет свои характеристики, такие как стоимость установки (если необходимо приобретение), производительность, потребление сырья и энергии в процессе производства, а также выход готовой продукции.

При моделировании движения материального потока важно учитывать степень преобразования на каждом этапе, потребность в сырье для достижения заданного уровня производства готовой продукции и затраты на организацию процессов и транспортировку.

Распределение материального потока между предприятиями и выбор их местоположения влияют на транспортные расходы. Размещение перерабатывающих заводов рядом с источниками сырья и энергии может

снизить транспортные затраты, связанные с переработкой в удалённых регионах, но также может увеличить затраты на доставку готовой продукции к рынкам потребления.

Задачей проектирования сетевой структуры цепи поставок становится определение оптимальной производственно-логистической сети в соответствии с экономическими критериями эффективности. Для решения таких задач требуется многопериодная детерминированная модель, которая предлагает гибкий подход к проектированию цепи поставок. Имитационная модель позволяет расширять мощности существующих производств не только на начальном этапе планирования, но и в любой другой период, когда руководство компании принимает решение о целесообразности инвестиций в расширение.

Планирование цепи поставок — это форма регулирования и управления процессами в рамках одной цепи поставок с учётом временных параметров. Внедрение цифровых технологий в логистические процессы представляет собой стратегический подход, направленный на интеграцию бизнес-процессов на основе общей цифровой платформы. В отличие от традиционных логистических систем, которые в значительной степени зависят от ручного труда и бумажной документации, цифровые логистические системы используют передовые технологии, такие как интернет вещей, искусственный интеллект, анализ данных и блокчейн, для оптимизации и улучшения каждого аспекта логистической цепочки.

AnyLogic предоставляет различные инструменты для создания и анализа моделей, включая динамические, дискретно-событийные и агентные модели. Это позволяет проводить анализ моделей на компьютере без необходимости проведения реальных экспериментов и сложных вычислений. Однако для работы с AnyLogic и получения точных результатов необходимо освоить технологию работы в этой среде и понять её функциональные особенности.

AnyLogic поддерживает различные методы моделирования, включая системную динамику, процессное моделирование и агентное моделирование. Это программное обеспечение позволяет создавать имитационные модели сложных систем и процессов. Оно поддерживает агентное моделирование, дискретно-событийное моделирование и разработку моделей системной динамики. Разработчиком программного обеспечения является российская компания XJ Technologies.

Однако AnyLogic имеет следующих достойных конкурентов:

Simulink — это часть среды MATLAB, которая представляет собой графический инструмент для моделирования и анализа динамических систем. Simulink позволяет создавать модели, которые могут быть использованы для исследования поведения сложных систем [2].

FlexSim — это программа, которая специализируется на создании трёхмерных имитационных моделей для анализа процессов и потоков в производстве, логистике и здравоохранении.

FlexSim является мощным и разнообразным инструментом моделирования [3].

Сравнительная характеристика представленных сред моделирования показаны в таблице 1.

AnyLogic проще в использовании, настройке и администрировании. Многие рецензенты в тестовых проектах также предпочли вести бизнес с AnyLogic из-за доступности используемого языка программирования и ценовой политики программы.

В контексте морских перевозок, AnyLogic может помочь в следующих аспектах:

1. Оптимизация маршрутов (моделирование различных маршрутов и их эффективности, учитывая время в пути, стоимость топлива, погодные условия и другие переменные).
2. Управление портовыми операциями (симуляция операций в порту, включая погрузку и разгрузку, складирование и таможенные процедуры).
3. Анализ рисков (оценка потенциальных рисков, таких как задержки из-за погоды или поломок, и разработка стратегий их минимизации).
4. Планирование ресурсов (распределение ресурсов, таких как транспортные средства и рабочая сила, для оптимизации работы).

Для учета таких нестационарных факторов, таких как ледовые условия, необходимость соблюдения графика поставок, ограниченное количество ледоколов и другие, вариация протяженности маршрута необходим гибкий и адаптивный подход, например, использование имитационного моделирования. Подобный подход к решению поставленной задачи позволяет создать виртуальную среду, в которой можно моделировать поведение морской транспортной сети с учетом всех значимых факторов и изменений во времени. Это дает возможность проводить эксперименты и анализировать различные сценарии, что может привести к более полному решению.

Более того, для апробации подобных сценариев в реальном времени с использованием физических единиц техники сделало бы невозможным рассмотрение необходимого дальнего горизонта планирования, типичного для рассматриваемой области. Имитационное моделирование позволяет получить необходимые данные за короткий промежуток времени с минимальными финансовыми вложениями.

Чтобы создать эффективную модель морских перевозок в среде AnyLogic, нужно тщательно собрать информацию обо всех элементах системы, а также учесть возможные изменения и колебания в окружающей среде. Это позволит создать модель, которая не только точно отражает реальность, но и предоставляет ценные аналитические данные для принятия обоснованных решений в области морской логистики. Пример модели в AnyLogic для морских перевозок может включать следующие элементы:

- Агенты судов. С каждым судном связаны его характеристики, такие как грузоподъемность, скорость и потребление топлива.
- Портовые терминалы. Моделирование процессов в порту, включая очереди на погрузку/разгрузку и управление складскими запасами.

• Маршруты. Отображение морских путей и точек транзита, а также возможных препятствий и ограничений.

• События. Симуляция различных событий, таких как погодные изменения, аварии или изменения в законодательстве, которые могут повлиять на график и стоимость перевозок.

Таблица 1 сравнительная таблица сред имитационного моделирования

Среда моделирования	Преимущества	Недостатки
AnyLogic	• Простота использования • Гибкость • Многофункциональные инструменты анализа • Поддержка различных типов данных	• Сложность настройки • Ограничения в функциональности бесплатной версии
Simulink	• Возможность моделирования сложных систем • Поддержка различных типов моделей • Возможность анализа данных	• Сложность использования: • Ограничения в функциональности бесплатной версии
FlexSim	• Простота использования: • Возможность моделирования сложных систем • Полностью настраиваемый интерфейс	• Невысокая надёжность • Снижение скорости моделирования при увеличении размера модели • Отсутствие подробной обучающей поддержки

В работе О. В. Таровика и М. С. Космина «Имитационное моделирование морских транспортных систем, работающих в ледовых условиях с соблюдением графика поставок» описывается процесс транспортировки сжиженного природного газа (СПГ) с месторождения в районе Чешской губы (Баренцево море) по двум маршрутам. Особое внимание уделяется строгому соблюдению графика доставки, что является важной особенностью перевозок СПГ. Для реализации модели использован программный комплекс AnyLogic, который позволяет интегрировать логику работы модели и её визуализацию. В модели рассматриваются суда-газовозы мембранного типа No96: вместимость 110—240 тыс. м³ (98% заполнения танкеров); ледовая категория ARC4 (по РМРС) [4].

Данный эксперимент подчеркивает, что для эффективной оптимизации морских транспортных средств (МТС) необходимо учитывать множество факторов: взаимодействие судов с ледоколами, периодические докования в удаленных портах, влияние обростания на провозоспособность МТС, и другие значимые аспекты. Это требует создания агентной имитационной модели МТС, которая позволит учесть все эти факторы и максимально приблизить условия моделирования и оптимизации к реальным условиям эксплуатации.

Таким образом, использование современных методов имитационного моделирования для оптимизации характеристик и состава судов в составе МТС представляет собой одно из наиболее перспективных направлений в развитии теории проектирования судов.

Исследование Таровика О. В., Реуцкого А. С. и Топажа А. Г. «Оценка потерь бункерного СПГ от испарения» также активно задействует работу в среде AnyLogic. Модель термодинамических процессов, происходящих при хранении СПГ, имеет динамический характер, поэтому она и была реализована в среде

AnyLogic совместно со стохастической моделью заборной температуры [5].

Заключение

В заключение, AnyLogic представляет собой наиболее предпочтительный инструмент для моделирования и анализа сложных систем благодаря своей простоте использования, интуитивно понятному интерфейсу и гибкости в настройках. В отличие от Simulink и FlexSim, которые заточены под продвинутых пользователей и ограничены процессами оптимизации, AnyLogic предлагает наглядные инструменты анализа и поддержку различных типов данных, что делает его универсальным решением для пользователей с разным уровнем подготовки. Кроме того, доступность и выгодная ценовая политика AnyLogic выгодно выделяют программу для бизнеса и исследовательских проектов. Таким образом, AnyLogic является оптимальным выбором для проектирования цепей поставок морскими путями, требующими моделирования и оптимизации динамических процессов.

Список литературы

- 1 Официальная страница Анилоджик/ Режим доступа: <https://www.anylogic.ru/> свободный (дата обращения: 19.11.2024)
- 2 Simulink is for Model-Based Design – электронный ресурс – режим доступа: <https://www.mathworks.com/products/simulink.html> (дата обращения 19.11.2024)
- 3 3D Simulation Modeling and Analysis Software – электронный ресурс – режим доступа: <https://www.flexsim.com/> (дата обращения 19.11.2024)
- 4 Таровик, О. В. Имитационное моделирование морских транспортных систем, работающих в ледовых условиях с соблюдением графика поставок / О. В. Таровик, М. С. Космин. - С.9-14.
- 5.Таровик О.В., Реуцкий А.С., Топаж А.Г. Оценка потерь бункерного СПГ от испарения // Мир транспорта. 2020. Т. 18. № 3. С. 84–106.

УДК 657.47

Рогачёва А.Р., Богомолов Б.Б.

Роль стоимостного анализа в процессе бизнес-моделирования технологии электрофлотационной очистки сточных вод

Рогачёва Алёна Романовна – студент; 190162@muctr.ru

Богомолов Борис Борисович – к.т.н., доцент кафедры;

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»,

Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9.

В статье рассмотрены этапы, роль и важность стоимостного анализа в процессе бизнес-моделирования технологии электрофлотационной очистки сточных вод. В работе смоделирована смета затрат на внедрение новой технологии на производство, которая наглядно отображает процесс управления стоимостью проекта. Приведены примеры зависимости стоимости проекта от изменения основных характеристик переменных ресурсов проекта.

Ключевые слова: электрофлотация, очистка, сточные воды, моделирование, стоимостной анализ, смета затрат

The role of cost analysis in the process of business modelling of electroflotation wastewater treatment technology

Rogacheva A.R., Bogomolov B.B.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russian Federation

The article discusses the stages, role and importance of cost analysis in the process of business modelling of electroflotation wastewater treatment technology. The paper modelled the cost estimate for the introduction of new technology into production, which clearly shows the process of project cost management. Examples of the dependence of the project cost on changes in the main characteristics of the project's variable resources are given.

Key words: electroflotation, treatment, wastewater, modelling, cost analysis, cost estimates

Введение

Для качественного управления проектами, особенно теми, где важны процессы обеспечения, применяются системы управления разнообразных функциональных областей. В рамках каждого проекта определяются наиболее важные функциональные области управления, а показатели остальных областей выступают в качестве проектных ограничений в процессе управления проектом [1].

Одной из важнейших функциональных областей для любого проекта является управление его стоимостью. В условиях рыночной экономики затраты играют решающую роль в реализации проектов и оценке их результатов. Управление затратами на проекты определяется ограниченностью ресурсов, которые являются неотъемлемой частью любой человеческой деятельности. Цель системы управления затратами – определение стратегии, процедур и методов для своевременного планирования и контроля затрат, что позволяет осуществлять проекты в пределах утверждённого бюджета [2].

Итогом стоимостного анализа является составленная смета затрат. Для составления сметы необходимо определить ресурсы проекта и перечень необходимых работ для его реализации, а также посчитать их совокупную стоимость.

Основная часть

Рассматриваемый процесс – проектирование внедрения технологии электрофлотационной очистки промышленных сточных вод для улучшения показателей качества очищенной воды. Анализ затрат на разработку и внедрение данной технологии

является важным шагом в оценке эффективности и целесообразности данного проекта.

В общем, стоимостной анализ проекта включает следующие этапы [1]:

- Планирование ресурсов
- Составление сметы расходов и определение денежных потоков
- Прогнозирование доходов и прибыли
- Контроль денежных средств и реагирование в случае отклонений от утверждённого бюджетного плана.

1. Планирование ресурсов.

Для начала необходимо определить, какие ресурсы будут использованы в процессе проектирования. Выделяют такие ресурсы как материальные, включающие сырьё и материалы, энергетические, организационные и технологические [3]. Организационные ресурсы объединяют разнообразные предметные области, например, экологию, логистику, кадры и т.д.

Управление ресурсами также включает в себя оптимизацию их использования для минимизации затрат. Необходимо определить значение этих ресурсов в процессе проектируемой технологии и их оптимальное количество (объём) для успешного управления бюджетом.

Необходимые ресурсы технологии электрофлотационной очистки сточной воды описаны ниже [1,3,4]:

- Управляющий ресурс (критерий качества ХТС): электрофлотатор – главный переменный ресурс. Используется для очищения сточной воды от жёстких примесей и эмульсий.

- Энергетические: электроэнергия, которая обеспечивает стабильное электроснабжение с определенной мощностью и напряжением для нормальной работы оборудования.

- Технологические: источник питания постоянного тока, который обеспечивает возможность непрерывного использования электрофлотатора.

- Материальные:

- Оборудование, к которому относятся щётки и скребки для удаления образовавшегося осадка от поверхности жидкости и очистки системы; насосы и установки дозирования для создания потоков, помогающих поддерживать перемешивание и равномерное распределение потоков жидкости в установках технологии электрофлотационной очистки; усреднители и ёмкости для временного удержания сточных вод в ходе процесса очистки и регулирования параметров воды; механический фильтр, фильтр-пресс для отделения твёрдых отходов, шлама и образования фильтрата.

Обязательным этапом при контроле денежных средств и планировании бюджета проекта является расчёт амортизационных отчислений, зависящих от капитальных затрат в соответствии с формулой:

$$A = \sum KЗ / СПИ / n \quad (1)$$

где, КЗ – капитальные затраты,

СПИ – срок полезного использования основных средств,

n – количество месяцев (обычно это значение принимают за 12).

- Сырьё: загрязнённые сточные воды с различными физическими и химическими характеристиками, которые важно учитывать для настройки параметров процесса электрофлотации;

- Расходные материалы: флокулянты для слипания частиц в более крупные сгустки; щёлочь (NaOH) для поддержания кислотно-щелочного баланса образования гидроксидов тяжёлых металлов; кислота (H₂SO₄) для снижения щёлочности.

Необходимое количество расходных материалов рассчитывается в соответствии с расходом воды по формуле:

$$m_p(\text{г/ч}) = Q_p(\text{г/м}^3) \cdot Q_v(\text{м}^3/\text{ч}) \quad (2)$$

где, m_p (г/ч) - масса реагента, необходимого в час работы установки,

Q_p (г/м³) – расход реагента на 1 м³ воды,

Q_v (м³/ч) - расход воды в час.

Исключение составляет серная кислота, молярное количество (n) которой определяется требуемым расходом щёлочи. В соответствии с реакцией нейтрализации, количество H₂SO₄ вычисляется по следующей формуле:

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{NaOH})/2 \quad (3)$$

Также важно учитывать стоимость производственных запасов, рассчитывающихся для основных материальных ресурсов по формуле:

$$Зп = Зт + Зст \quad (4)$$

где, Зт – текущий запас, а Зст – страховой.

- Организационные ресурсы:

- Квалифицированный персонал: аппаратчики, т.е. специалисты по автоматизации и контролю процессов и слесари, которые обеспечивают оптимизацию процесса электрофлотации и его безопасность.

Количество персонала, обслуживающего установку электрофлотационной очистки зависит от графика работы. Затраты на ЗП работникам рассчитываются в соответствии с фиксированным окладом и дополнительными выплатами. В основном, на предприятии очистки сточных вод, работающем круглосуточно, осуществляется доплата за ночные смены. Тарифная ставка за час работы в ночные смены увеличивается на 20%. Дополнительные отчисления на одного человека в месяц в этом случае считаются по формуле:

$$ЗП(\text{час}) \cdot n(\text{часов}) \cdot 20\% \quad (5)$$

Также при расчёте ФОТ необходимо учитывать страховые взносы, которые составляют 30% от общей суммы отчислений для работников.

- Услуги сторонних организаций: лаборатории для проведения исследований определения качества очищенной воды; работы по установке и наладке оборудования на первых этапах внедрения технологии; услуги по утилизации отходов, образовавшихся в процессе электрофлотационной очистки.

Стоимость этих работ будет рассчитываться в соответствии с прайс-листом организаций, выполняющих данные услуги.

2. Составление сметы затрат и определение денежных потоков.

Составление сметы расходов играет ключевую роль в понимании общей стоимости и эффективности реализации проекта. Анализ затрат требует внимательности и экспертного подхода от этапа определения необходимого оборудования до расчёта операционных расходов [3].

Денежные потоки представляют собой притоки и оттоки денежных средств за определённый период времени. При анализе расходов денежные потоки, главным образом, представляют собой затраты на различные продукты и услуги, включая приобретение оборудования и операционные расходы [4]. В смету затрат обычно включают капитальные затраты, материальные, энергетические и организационные расходы [5].

Смета расходов для внедрения технологии электрофлотационной очистки сточной воды представлена в таблице 1.

Таблица 1. Смета затрат на внедрение технологии электрофлотации на производстве

Смета затрат					
Капитальные затраты					
Объект капиталовложения	Кол-во, шт.		Цена за ед, руб.		Общая сумма, руб.
Электрофлотатор:	1		900.000,00		900.000,00:
Анод	1		20.000,00		20.000,00
Катод	1		14.100,00		14.100,00
Механический скребок	1		37.000,00		37.000,00
Насос	4		23.000,00		92.000,00
Дозатор реагентов	3		5.000,00		15.000,00
Фильтр-пресс	1		1.000.000,00		1.000.000,00
Механический фильтр	1		160.000,00		160.000,00
Реактор с мешалкой	1		500.000,00		500.000,00
Усреднитель сточных вод	1		700.000,00		700.000,00
Итого:					3.367.000,00
Амортизационные отчисления (месяц)					18.705,56
Материальные затраты					
Наименование	Ед. изм	Кол-во	Цена за ед., руб.	Расходы на запасы, руб	Стоимость, руб. (мес.)
Флокулянт	кг	720	350,00	6.216,00	258.216,00
NaOH	т	2880	40.000,00	2.841.600,00	118.041.600,00
H2SO4	т	3528	22.000,00	1.914.528,00	79.530.528,00
Итого:					197.830.344,00
Энергетические затраты					
Вид энергии и оборудование	Ед. изм	Кол-во, шт.	Потреб.в ед.в, час	Ст-сть в час, руб.	Общая стоимость в мес., руб
Электроэнергия:					
Электрофлотатор	кВт/ч	1	30	2,57	55.512,00
Реактор с мешалкой		1	11		20.354,40
Фильтр-пресс		1	5		9.252,00
Механический фильтр		1	5		9.252,00
Насос и дозатор		7	16		29.606,40
Усреднитель сточных вод		1	5		9.252,00
Итого:					133.228,80
Организационные затраты					
Услуги сторонних организаций:					
Наименование работ	Длитель-ть работ, дни		Стоимость за единицу времени, руб.		Общая стоимость, руб.
Лабораторные исследования	-		45.000,00		45.000,00
Установка и наладка оборудования	2		9.500,00		19.000,00
Экология:					
Утилизация шлама	-		3.400,00		3.400,00
Утилизация дисперсной фазы	-		6.300,00		6.300,00
Итого:					73.700,00
Фонд оплаты труда:					
Должность	Кол-во чел.	Раб.час /мес.	Часовая ставка, руб.	ЗП в мес/ 1 чел, руб	ЗП/мес,руб.
Аппаратчик	8	192	416,75	80.000,00	640.000,00
Слесарь	4	192	390,00	75.000,00	300.000,00
Итого:					940.000,00
Доплата за ночные смены					
Должность	Кол-во чел.	Раб.ч/ мес.	Доплата за час, руб.	Доплата для 1го чел./мес.	Доплата/ мес,руб.
Аппаратчик	4	128	83,34	10.667,52	42.670,10
Слесарь	4	64	78,00	4.492,00	19.968,00
Итого:					62.638,10
Страховые взносы (30%):					300.791,43
ИТОГ:					202.726.407,89

Примеры расчётов основных показателей сметы выглядят следующим образом:

А) Расчёт амортизационных отчислений:

Месячные амортизационные отчисления рассчитываем в соответствии с формулой (1). Необходимый код ОКОФ для расчёта: 220.42.21.13.127 — Сооружения для очистки сточных вод, означающий шестую амортизационную группу, которой соответствует срок полезного использования имущества от 10 до 15 лет включительно:

$$A = 3367000 / 15 / 12 = 18705,56 \text{ (руб.) (6)}$$

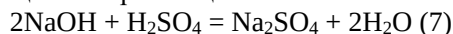
Б) Пример расчёта необходимого количества и стоимости реагентов:

Расчёты необходимого количества реагентов проводятся с учётом того, что расход очищаемых сточных вод – 10 м³/ч.

- В соответствии с формулой (2) нужная масса флокулянта в месяц составляет 720 кг, а щёлочи – 2880 т. Значит, затраты на эти реагенты, в зависимости от указанной в смете стоимости за единицу товара, в месяц составят соответственно 252.000,00 руб. и 115.200.000,00 руб.

- Количество необходимой серной кислоты, используемой в процессе очистки воды, зависит от расхода гидроксида натрия:

Реакция нейтрализации:



Молярная масса реагентов:

M (NaOH) = 40 г/моль,

M (H₂SO₄) = 98 г/моль.

Необходимое количество реагентов в час:

NaOH: $n \text{ (вещ-ва)} = m \text{ (вещ-ва)} / M \text{ (вещ-ва)}$ (8)

где, n – необходимое количество вещества (моль),

m – масса вещества, расходуемого в час,

M – молярная масса вещества.

H₂SO₄ (исходя из реакции нейтрализации):

$$n \text{ (H}_2\text{SO}_4) = n \text{ (NaOH)} / 2 \text{ (9)}$$

$$n \text{ (NaOH)} = 4000000 \text{ г} / 40 \text{ г/моль} = 100000 \text{ моль (10)}$$

$$n \text{ (H}_2\text{SO}_4) = 100000 \text{ моль} / 2 = 50000 \text{ моль (11)}$$

Расход H₂SO₄ в час:

$$m \text{ (H}_2\text{SO}_4) = 98 \text{ г/моль} \cdot 50000 \text{ моль} = 4900000 \text{ г (12)}$$

$$4900000 \text{ г/ч} = 4900 \text{ кг/ч}$$

Расход H₂SO₄ в месяц:

$$4900 \text{ кг/ч} \cdot 24 \text{ ч} \cdot 30 = 3528000 \text{ кг/мес} = 3528 \text{ т/мес (13)}$$

Стоимость серной кислоты: 22.000,00 руб/т.

Затраты в месяц:

$$22000 \text{ руб/т} \cdot 3528 \text{ т/мес} = 77.616.000,00 \text{ руб. (14)}$$

- В сметную стоимость материальных ресурсов также входит цена производственных запасов, рассчитывающихся по формуле (4).

Пример расчёта стоимости производственных запасов представлен для серной кислоты:

Итак, величина цены текущего запаса рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{т}} = P_{\text{с}} \cdot T \text{ (15)}$$

где, $P_{\text{с}}$ – стоимость среднесуточного расхода материала,

T – средний интервал между поставками в днях.

$T = 30$, так как поставка H₂SO₄ осуществляется единожды в месяц.

Формула для расчёта цены среднесуточного расхода материала:

$$P_{\text{с}} = (H_{\text{р}} \cdot Ц_{\text{з}}) / 30 \text{ (16)}$$

где, $H_{\text{р}}$ – норма расхода материала в месяц, $Ц_{\text{з}}$ – заготовительная цена материала (в месяц).

Заготовительную цену материала ($Ц_{\text{з}}$) принято считать, как 2% от цены материала, таким образом, для серной кислоты она будет равна 440 руб. Норма расхода в месяц для H₂SO₄ будет равна 3528 т.

Таким образом, среднесуточный расход материала ($P_{\text{с}}$) и величина текущего расхода материала ($З_{\text{т}}$) равны:

$$P_{\text{с}} = (3528 \cdot 440) / 30 = 51.744,00 \text{ руб (17)}$$

$$З_{\text{т}} = 51744 \cdot 30 = 1.552.320,00 \text{ руб (18)}$$

Страховые запасы считаются по формуле:

$$З_{\text{ст}} = P_{\text{с}} \cdot T' \text{ (19)}$$

где T' – среднее время задержки поставки.

За среднее время задержки поставки примем 7 дней, тогда величина страховых запасов будет равна:

$$З_{\text{ст}} = 51744 \cdot 7 = 362.208,00 \text{ руб. (20)}$$

Исходя из форму (4) затраты на запасы будут составлять 1.914.528,00 руб.

В) Пример расчёта заработной платы и дополнительных отчислений:

Пример приведён для одного рабочего в должности аппаратчика:

Необходимое количество человек на установку – 2 человека. При графике работы 2/2 со сменой в 12 ч необходимо 4 человека в сутки и 8 человек на данную должность.

Для одного рабочего время работы: ≈ 192 ч/мес,

Заработная плата(оклад): 80000 руб/мес,

Оплата труда за час: ≈ 416 руб/ч,

В ночные смены за время с 22:00 до 6:00 тарифная ставка за час увеличивается на 20%, дополнительные отчисления за работу в ночные часы находятся по формуле (5). Для одного человека эта доплата составит 83,34 руб/ч.

Количество времени, которое отработает 1 человек в ночные смены за месяц:

$$8 \text{ ч} \cdot 16 \text{ (смен)} = 128 \text{ ч/мес (21)}$$

Доплата для одного аппаратчика в месяц составит:

$$83,34 \text{ руб/ч} \cdot 128 \text{ ч} = 10667,52 \text{ руб/мес (22)}$$

3. Контроль денежных средств проекта и реагирование в случаях отклонения от бюджетного плана.

При создании бюджета компании основное внимание обычно уделяется расходной части. Стоимость проекта – это общие затраты на ресурсы и рабочую силу. Основная задача при управлении проектной стоимостью – контролировать затраты и обеспечивать своевременное завершение проекта [6].

Основной переменный ресурс технологии электрофлотационной очистки сточных вод – электрофлотатор. В зависимости от его характеристик изменяются режимы очистки воды и, соответственно, изменение стоимости отдельных показателей сметы, что влияет на итоговую стоимость затрат на внедрение технологии: наличие щёток и скребков в механизме аппарата – снижение затрат на

электроэнергию за счёт исключения из технологической линии этого оборудования, увеличение затрат из-за необходимости их периодической замены внутри конструкции электрофлотатора; более низкая производительность аппарата означает снижение объёма очищаемых сточных вод, а значит, сокращение затрат на реагенты за счёт уменьшения их расхода и т.д.

Если сметная стоимость проекта получается выше, чем было утверждено бюджетным планом, необходимо принять меры для коррекции ситуации [4]. Может появиться необходимость пересмотра стратегии закупок, работы отдела снабжения. Часто проблема решается с помощью поиска новых поставщиков с более выгодными условиями сотрудничества.

Итак, анализ затрат играет важную роль в экономическом моделировании различных случаев проектирования и моделирования разнообразных процессов и технологий. Регулирование бюджета играет ключевую роль в разработке устойчивых и конкурентоспособных бизнес-моделей.

Заключение

Стоимостной анализ при моделировании электрофлотационной очистки помогает не только оценить экономическую целесообразность технологии, но и разработать стратегии управления затратами, а также оптимизировать процессы технологии электрофлотации, что в конечном итоге способствует повышению эффективности процесса очистки сточных вод.

Список литературы

1. Организационно-технологическое моделирование химико-технологических систем / Б. Б. Богомолов, Е. Д. Быков, В. В. Меньшиков, А. М. Зубарев // Теоретические основы химической технологии. – 2017. – Т. 51, № 2. – С. 221–229.
2. Управление инновационными проектами. Учебное пособие / Под ред. Попова В.Л. - М.: ИНФРА-М, 2007. - 336 с.
3. Моделирование химико-технологических систем с использованием организационно-технологических моделей бизнес-процессов / Б. Б. Богомолов, В. В. Меньшиков, К. Г. Богословский, Е. Д. Быков // Сборник научных трудов "Технология лакокрасочных покрытий". Научн. производств. объединение "Лакокраспокрытие". – Пэйнт-Медиа Москва Москва, 2013. – С. 4–47.
4. Titanium-containing coagulants in wastewater treatment processes in the alcohol industry / Kuzin E., Kruchinina N., Averina Y., Kurbatov A., Boldyrev V. // Processes. – 2022. – Т. 10. № 3
5. Быков Е.Д., Меньшиков В.В. Организация и управление высокотехнологичными программами и проектами: учеб. Пособие. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010. –112 с.
6. Меньшиков В.В., Аверина Ю.М., Зубарев А.М. Технологический маркетинг, коммерциализация и принципы реализации инноваций. учеб. пособие – М: РХТУ, 2017. –140 с.

УДК 654.01

Рогачёва А.Р., Чекурова С.С., Журавлёва О.С.

Матрица взаимосвязи опасностей, угроз и рисков и механизмы управления ими в системе кадровой безопасности на примере химических предприятий

Рогачёва Алёна Романовна – студент; 190162@muctr.ru

Чекурова Светлана Сергеевна – студент; chekurova.s.s@muctr.ru

Журавлёва Ольга Станиславовна – старший преподаватель, главный специалист управления трансфера технологий; zhuravleva.o.s@muctr.ru

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»,

Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9.

В статье рассмотрены опасности, угрозы и риски кадровой безопасности организации, которая является составляющей экономической безопасности. Составлена матрица взаимосвязи опасностей, угроз и рисков, которая наглядно отображает проблемы, возникающие в процессе управления кадровой безопасностью химических предприятий. Приведены примеры механизмов управления угрозами и рисками кадровой безопасности для их предотвращения.

Ключевые слова: кадровая безопасность, экономическая безопасность, матрица взаимосвязи, механизмы управления

The matrix of interrelation of hazards, threats and risks and their management mechanisms in the personnel security system on the example of chemical enterprises

Rogacheva A.R., Chekurova. S.S., Zhuravleva O.S.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russian Federation

The article discusses the dangers, threats and risks of personnel security of the organisation, which is a component of economic security. A matrix of the interrelation of hazards, threats and risks has been compiled, which clearly shows the problems that arise in the process of managing the personnel safety of chemical enterprises. Examples of mechanisms of management of threats and risks of personnel security for their prevention are given.

Key words: human resources security, economic security, interconnection matrix, management mechanisms

Введение

В современных условиях одним из важнейших аспектов обеспечения стабильной и успешной работы организаций является качественное управление экономической безопасностью. Существенное значение при обеспечении экономической безопасности организации и создании устойчивой бизнес-среды имеет кадровая безопасность.

Определение кадровой безопасности можно сформулировать так: кадровая безопасность – это процесс обеспечения защиты организации от угроз со стороны деструктивных действий или бездействия персонала, а также снижение рисков, связанных с человеческим фактором [1,2].

Описываемый вид экономической безопасности определяет численность персонала, его квалификацию, производительность труда сотрудников. Кроме того, она включает меры по защите от промышленного шпионажа, часть информационной безопасности – защиту от разглашения коммерческих тайн, защиту от некомпетентных действий и решений персонала и многое другое [3]. Следовательно, источником потенциальных угроз безопасности, по-другому субъектом, выступают сотрудники организации. Считается, что около 80% вреда для организации доставляют работники, поэтому руководители должны осознавать и отслеживать опасности, угрозы и риски, исходящие от персонала, и обладать

механизмами управления кадровой безопасностью [4].

Основная часть

Для управления кадровой безопасностью организаций химического комплекса необходимо чётко определить возможные опасности, угрозы и риски, связанные с работой персонала. Предлагается представить их в матрице опасностей, угроз и рисков (Таблица 1). Она наиболее точно отображает взаимосвязь этих элементов и помогает оценить степень их воздействия на кадровую безопасность.

Проанализировав связь между опасностями, угрозами и рисками, можно оценить вероятность их возникновения, а самое главное, вовремя предпринять необходимые меры для их предотвращения. В обеспечении защиты любой организации от угроз, которые могут исходить от сотрудников, важную роль играют механизмы обеспечения кадровой безопасности, которые представляют собой комплекс разнообразных мер, которые руководители реализуют для защиты организации [3]. Эти механизмы охватывают разработку политик и процедур управления человеческими ресурсами, контроль доступа к информации, мониторинг работы сотрудников, а также программы обучения и повышения осведомленности о значимости соблюдения стандартов и правил безопасности на рабочем месте [1].

Таблица 1. Матрица взаимосвязи опасностей, угроз и рисков кадровой безопасности

Опасности	Угрозы	Риски
Действия конкурентов	Предложение конкурентами лучших условий работы, Хэдхантинг, Шпионаж	Репутационные риски, Риск утечки кадров, Риск утечки информации
Внешняя экономическая ситуация в стране	Несоответствие квалификации работников требованиям должности, Имитация трудовой деятельности, Уменьшение объема эффективных предложений и идей	Репутационные риски, Риск снижения темпов развития организации
Индивидуальные физиологические и психоэмоциональные особенности личности	Воровство, Мошенничество, Активное игнорирование сотрудником корпоративных норм и ценностей, Неудачная адаптация работника в коллективе	Репутационные риски, Риск снижения темпов развития организации, Риск утечки кадров, Риск утечки информации

Логично структурировать механизмы обеспечения кадровой безопасности предприятий по следующим группам: аналитические, технические, морально-этические и правовые [5]:

- Правовые:
 - Внедрение правовых актов организации
 - Заключение трудового договора при найме на работу
 - Разработка должностных инструкций
 - Введение санкций за нарушение правил обеспечения кадровой безопасности предприятия
- Морально-этические:
 - Проведение тренингов, направленных на обучение сотрудников корпоративной этике
 - Обеспечение роста уровня образования и квалификации работников
 - Организация программ адаптации новых сотрудников и мероприятий по укреплению корпоративной культуры
- Технические:
 - Использование спец. программ и технических средств для слежения и ограничения действий при использовании ПК
 - Использование в помещениях камер видеонаблюдения, сигнализации и т.д.
- Аналитические:
 - Проверка наличия рекомендаций, опыта работы и психодиагностическое исследование соискателей и сотрудников
 - Проведение оценки компетенций сотрудников, результативности труда
 - Мониторинг уровня удовлетворенности сотрудников
 - Регулярное проведение инвентаризации
 - Назначение испытательного срока при трудоустройстве
- Мотивационные:
 - Предоставление социальных льгот, материальные поддержка
 - Стимулирование инициативности и творческого мышления работников

Все эти механизмы помогут предотвратить следующие возможные угрозы предприятия, представленные в таблице 1:

Предложение конкурентами лучших условий работы, хэдхантинг, шпионаж, связанные с деятельностью компаний-конкурентов;

Несоответствие квалификации работников требованиям к должности, имитация трудовой деятельности, уменьшение объема эффективных предложений и идей, связанные с личностными особенностями сотрудников, а также внешней экономической ситуацией;

Воровство, мошенничество, активное игнорирование сотрудником корпоративных норм и ценностей, неудачная адаптация работника в коллективе, связанные с психоэмоциональными особенностями работников.

Итак, для качественного управления организацией, чей успех в большей степени зависит от её сотрудников, необходимо проводить оценку возможности возникновения угроз и рисков, связанных с работой персонала, и знать механизмы их предупреждения и предотвращения.

Заключение

Использование матрицы взаимосвязи опасностей, рисков и угроз предоставляет возможности для оценки текущего состояния кадровой безопасности не только химической, но и любой другой организации за счёт систематизирования информации, описания ключевых факторов, влияющих на работу и поведение персонала.

Укреплению кадровой безопасности способствует использование представленных механизмов, содержащих мероприятия по управлению кадровой политикой организации.

Таким образом, матрица – это полезный и удобный инструмент для управления любым видом экономической безопасности организации, опираясь на данные которой, можно оценить возможные угрозы и риски и разработать стратегии для их минимизации.

Список литературы

1. Андруник, А.П. Кадровая безопасность: инновационные технологии управления персоналом: учебное пособие / А. П. Андруник. – Москва: Дашков и К, 2019.
2. Никулина, И.В. Психология кадровой безопасности: учебное пособие / И.В. Никулина. – Самара: Издательство Самарского университета, 2021. – 80 с.
3. Климов, Д.В. Кадровая безопасность: понятие, внутренние и внешние угрозы, группы риска // Вестник Прикамского социального института. – 2019. – № 2 (83). – с. 41-44.
4. Духновский, С. В. Кадровая безопасность организации: учебник и практикум для академического бакалавриата / С.В. Духновский. – Москва: Юрайт, 2019. – 233 с.
5. Фурсов, В. А., Лазарева, Н. В., Куш, Е. Н., Аветова, К.Г. Кадровая безопасность предприятия: подходы, диагностика, направления совершенствования // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2020. – №4. – с. 270-276.

УДК 658.51

Чекурова С.С., Аверина Ю.М., Богомолов Б.Б.

Разработка процедуры выбора эффективного материала в производстве композитных мембран

Чекурова Светлана Сергеевна – магистр 2-го года обучения; chekurova.s.s@muctr.ru;

Аверина Юлия Михайловна – к.т.н., заведующий кафедрой кафедры логистики и экономической информатики, averina.i.m@muctr.ru;

Богомолов Борис Борисович – к.т.н., доцент кафедры;

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева»,

Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9.

В данной статье представлена методология, основанная на методологии блок-схем, для разработки эффективного процесса выбора материалов для производства композитных мембран. Композитные мембраны имеют широкий спектр применения в различных отраслях промышленности, включая очистку воды, медицинские технологии и энергетику, что делает выбор составляющих компонентов критически важным. В этой статье описаны основные этапы процесса выбора материалов, включая определение функциональных требований, анализ существующих решений и оценку свойств потенциальных материалов. Результаты этой работы будут полезны специалистам в области материаловедения и инженерии, а также разработчикам новых технологий для производства мембран.

Ключевые слова: мембрана, блок-схема, IDEF-0 диаграмма

Business process modeling of charge formulation development for ceramic membrane production.

Chekurova S.S., Averina Y.M., Bogomolov B. B.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russian Federation

This article presents a methodology based on flowchart methodology to develop an efficient material selection process to produce composite membranes. Composite membranes have a wide range of applications in various industries including water treatment, medical technology, and energy, making the selection of constituent components critical. This paper describes the key steps in the material selection process, including defining functional requirements, analyzing existing solutions, and evaluating the properties of potential materials. The results of this work will be useful to materials science and engineering professionals as well as developers of new technologies for membrane manufacturing.

Keywords: membrane, block diagram, IDEF-0 diagram

Введение

В последние годы интерес к композитным мембранам значительно возрос, получив широкое применение в различных отраслях, таких как водоподготовка, газоразделение и энергетика. Эти материалы обладают уникальными свойствами, которые позволяют им эффективно решать задачи фильтрации, разделения и очистки, что делает их незаменимыми в современных технологиях. Однако успешное применение композитных мембран во многом зависит от правильного выбора исходных материалов, что требует тщательного и системного подхода [1,2].

Разработка эффективного процесса выбора материалов для производства композитных мембран является ключевым шагом в определении функциональных свойств и экономической целесообразности.

Растущие требования к качеству и производительности мембран делают необходимым алгоритмизацию процесса выбора материала. Такие методы, как IDEF0 и блок-схемы, играют важную роль в упрощении и систематизации этого процесса, обеспечивая высокую производительность при разработке и применении композитных мембран.

Основная часть

Качество и свойства мембран неразрывно связаны с составом и свойствами шихты,

используемой при их производстве. В связи с этим алгоритмизация процесса производства наполнителя становится важной задачей, позволяющей оптимизировать этот этап и улучшить конечные свойства мембран.

Шихта представляет собой смесь различных компонентов, из которых изготавливаются керамические изделия. В случае с керамическими мембранами он обычно состоит из глины, оксидов металлов, пластификаторов и других добавок, которые влияют на пористость, прочность и селективность мембраны. Правильный выбор и пропорции этих ингредиентов имеют решающее значение для достижения желаемых свойств [2].

Разработка шихты – самый первый этап в бизнес-процессе по производству керамической мембраны на основе карбида кремния (Рис.1) [3]. Переменным ресурсом в данном процессе является шихта, меняя ее состав, мы влияем на качество и экономическую эффективность продукта. Меняя состав шихты, меняется сама технология, от этого будет меняться выбор оборудования и состав персонала. Химический состав наполнителя напрямую влияет на свойства конечного продукта. Наличие примесей или неправильное соотношение компонентов может привести к ухудшению качества. Размер, форма и распределение частиц наполнителя могут влиять на процессы смешивания, спекания или другие

процессы, которые, в свою очередь, влияют на прочность, однородность и другие свойства продукта. Различные типы наполнителей могут обладать различными технологическими свойствами, такими как текучесть, пластичность и формуемость, что влияет на эффективность производственного процесса и качество конечного продукта.

Представленная IDEF-0 диаграмма на Рис.1 отражает бизнес-процесс, цель которого заключается в улучшение качества мембраны, а результатом будет установление зависимости между шихтой и готовой мембраной. Необходимые ресурсы для данного проекта представлены в таблице (Таблица 1) [3].

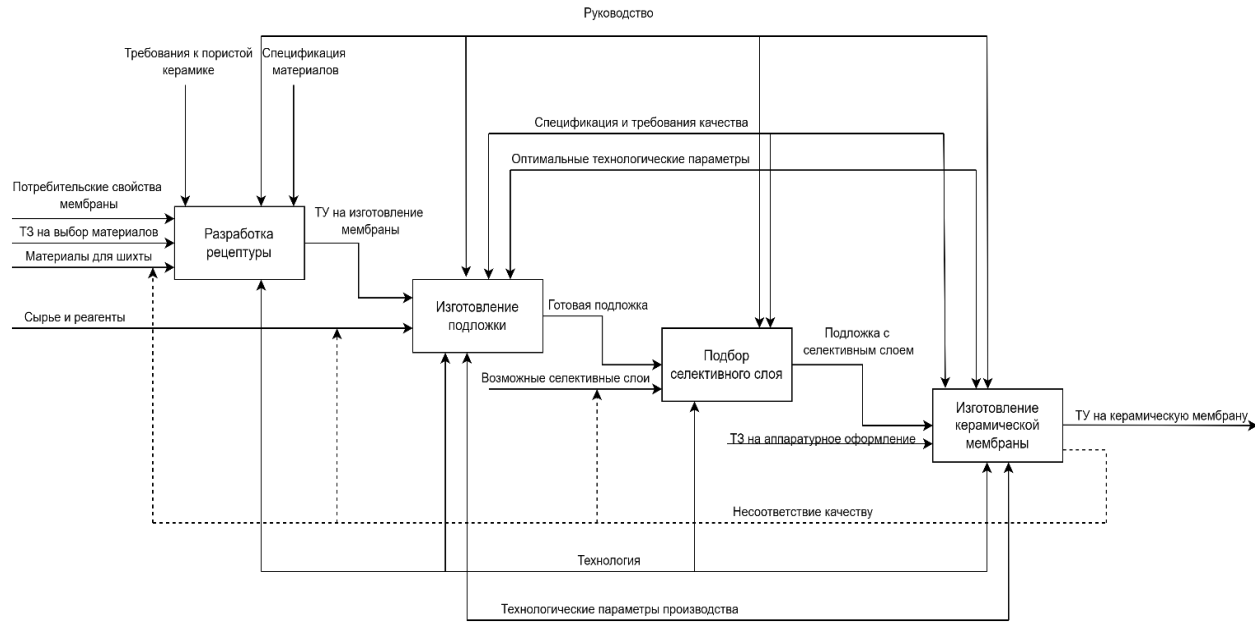


Рис. 1 IDEF-0 для бизнес-процесса по производству керамической мембраны на основе карбида кремния [3].
Таблица 1. Ресурсы бизнес-процесса.

	Ресурс	Форма представления в проекте	Значение и как используются
Постоянные	Оборудование	Графическое предоставление оборудования	Обеспечивает производственный процесс, влияет на экономический показатель.
	Здания и помещения	Схема	Обеспечивает пространство для производства и хранения.
	Документация и технология	ТУ на керамические мембраны и спецификация материалов	Обеспечивают инновации и качество. Используются для разработки и совершенствования производственных процессов.
	Карбид кремния	Максимально допустимый расход (кг)	Используется в качестве основы для производства продукции, влияет на расчет и логический анализ
	Электроэнергия	Максимально допустимый объем потребления (кВт/час)	Ограничение производительности, в результате войдет расчетное значение.
Переменные	Шихта	Максимально допустимый расход (кг)	Состав шихты влияет на качество керамической мембраны и экономическую эффективность производства.

Выбор материала для керамической мембраны происходит в ходе учета ключевых функций и характеристик, которые обеспечивают эффективность и долговечность мембраны. Основные функции необходимые при выборе материала — это требования к фильтрации и разделению различных веществ, устойчивость к различным химическим веществам, требования по

совместимости с подложкой, коммерческая целесообразность, устойчивость к механическим нагрузкам. Вся необходимая информация о качестве шихты, ее чистоте, соотношении компонентов в ней, ее физико-химических свойствах, а также о требованиях по безопасности отражается в таком

информационном ресурсе как технические условия, в данном случае — это технические условия на изготовление состава для мембраны. ТУ на изготовление состава-важный документ, включающие такие характеристики как: состав основных компонентов и добавок, плотность, пористость, размер пор мембраны, прочность на сжатие, на изгиб и твердость, стойкость к окислению, температура и время спекания для создания необходимой селективности, состояние поверхности мембраны и ожидаемый срок службы готовой продукции.

Этапы бизнес-процесса, происходящие от анализа ресурсов до получения в итоге ТУ на состав, можно описать используя известный способ алгоритмизации-блок-схему [4]. Эти наглядные инструменты - эффективный способ визуализации процесса выбора материала. Основные преимущества использования блок-схем включают [5]: простота восприятия: блок-схемы представляют процесс в интуитивно понятной форме, что значительно облегчает понимание информации и последовательности действий; выявление узких мест: визуализация позволяет быстро определить узкие места и потенциальные проблемы, которые могут возникнуть на разных этапах выбора материала; документирование процесса: блок-схемы служат надежной основой для документирования процедур и стандартов, что является важным аспектом обеспечения качества и стабильности в производстве.

Алгоритмизация процесса позволяет структурировать и упорядочить выбор материалов, способствуя лучшему пониманию этапов процесса и взаимосвязей между ними. Метод блок-схемы помогает визуализировать процесс, делая его более доступным для анализа и обсуждения различными заинтересованными сторонами, от инженеров до руководства [4].

Блок-схема позволяет моделировать процесс выбора материала, включая основные этапы [5,6]:

- a. Определение требований: на начальном этапе должны быть четко определены требования к мембранам, включая физико-химические свойства и эксплуатационные характеристики.
- b. Сбор и анализ данных: второй этап заключается в сборе информации о доступных материалах и их свойствах. Используя блок-схему, этот этап можно структурировать, выделив ключевые параметры, которые необходимо учесть.
- c. Сравнительный анализ: на этом этапе собранные данные анализируются с использованием многокритериальных методов оценки для выявления и ранжирования наиболее перспективных материалов.
- d. Выбор лучшего материала: на основе проведенного анализа принимается решение о выборе материала, который наилучшим образом соответствует требованиям. Методология блок-

схемы помогает четко сформулировать критерии выбора и обосновать принятые решения.

Представим блок-схему для процесса подбора шихты (Рис.2) и представим подробное описание каждого процесса:

1. Старт процесса

Формирование структуры информационного объекта «Материал мембраны» с учетом требований ТУ.

2 Анализ возможных ресурсов

На данном этапе происходит оценка различных исходных материалов, которые могут быть использованы для изготовления шихты. Это могут быть как основные компоненты (например, оксиды, карбиды, фосфаты), так и добавки (спирты, связующие).

3 Выбор компонентов шихты

Здесь осуществляется выбор необходимых ингредиентов из базы данных материалов для создания рецептуры. На основе анализа требований, предъявляемых к керамической мембране (например, прочность, пористость, проницаемость), формулируются критерии для выбора компонентов, происходит выбор основных компонентов для обеспечения требуемых механических и тепловых свойств. Например, могут быть выбраны различные оксиды (например, глинозем) или карбиды (например, карбид кремния). Для выбора наиболее подходящих компонентов исследуются существующие составы и технологии, уже используемые для производства керамических мембран.

4 Расчет оптимальных соотношений для достижения заданных свойств

Определение количественных пропорций ингредиентов, чтобы рецептура соответствовала требованиям. Возможно использование математических моделей или компьютерных программ для расчета оптимального соотношения ингредиентов для достижения заданных свойств. Это может включать такие методы, как проектирование экспериментов (DOE).

5. Подготовка образцов различного состава

Подготовка образцов ингредиентов в различных пропорциях для тестирования. Изготовление образцов может происходить с использованием методов прессования, экструзии или золь-геля. Выбранный метод будет влиять на селективную способность конечной шихты.

6. Тестирование свойств образцов

Проведение испытаний образцов для оценки их механических свойств, пропускной способности и химической устойчивости. Включает технические условия, протоколы и методы испытаний образцов, в том числе ГОСТ 15467–79 и ISO 9000.

7. Анализ результатов

Проводится сравнительная оценка данных, полученных в результате испытаний, для определения соответствия заданным требованиям. На основе полученных данных выбирается рецептура с наилучшими свойствами, которая будет использоваться для дальнейших разработок.

Если полученные результаты соответствуют исходным требованиям, то процедура выполнена и можно оформлять ТУ на состав. Если необходимо принять меры по исправлению ситуации и повторить испытание.

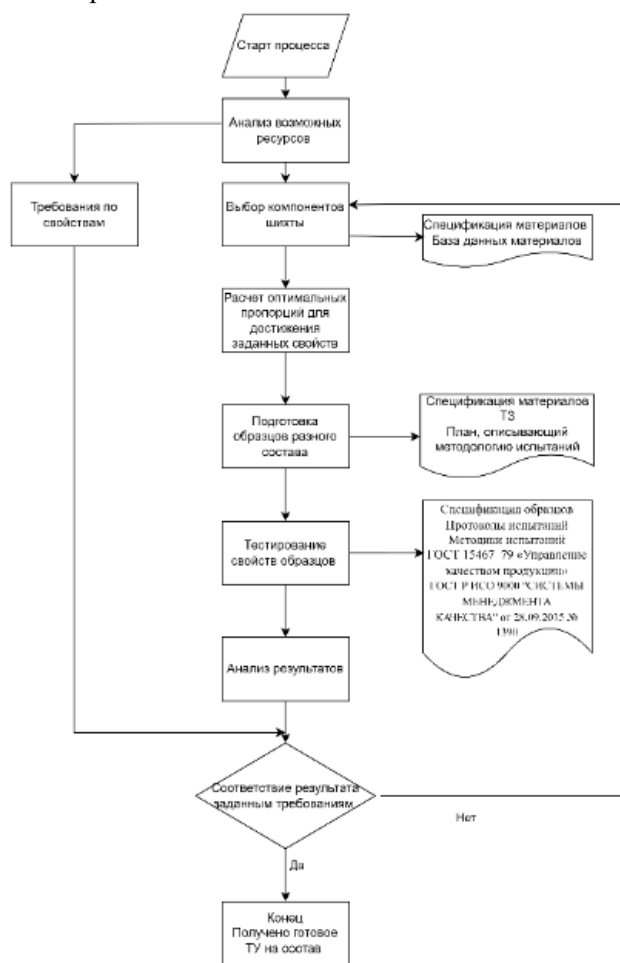


Рис. 2 Блок-схема «Разработка процедуры выбора эффективного материала в производстве композитных мембран»

Заключение

В данной работе была разработана процедура выбора эффективного материала для производства композитных мембран с использованием блок-схемы.

Выводы к данной работе:

1. Применение методологий алгоритмизации позволяет систематизировать не только весь бизнес-процесс, но и отдельный этап, например процесс выбора материала. В ходе моделирования этапов появляется понимание, какими ресурсами можно управлять, а какие

нужно использовать, как управляющие и информационные ресурсы. Исследование показало, что структурированный подход к анализу и оценке свойств различных материалов значительно повышает качество принимаемых решений и способствует оптимизации производственных процессов.

2. Использование блок-схем в качестве наглядного инструмента для иллюстрации последовательности операций и взаимодействия между этапами выбора материала облегчает понимание сложных процессов и делает их более доступными для специалистов в области материаловедения и машиностроения. Таким образом, предложенная методика может быть успешно применена в практической деятельности, способствуя разработке высокоэффективных композитных мембран, отвечающих современным требованиям и стандартам.

Список литературы

1. Аверина Ю.М. Терпугов Г. В. Никитин В. А. Канделаки Г. И. Керамические трубчатые мембраны в качестве диспергирующего материала // Успехи в химии и химической технологии. - 2010. - №2. - С. 47–51.
2. Аверина Ю.М., Терпугов Г.В., Кацерева О.В., Труберг А.А., Скопин А.Л., Кабанов О.В., Ляпин И.Ф. Новые технологические процессы с применением мембран. - Москва: Издательство РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2009. - 72 с.
3. Чекурова С. С., Аверина Ю.М., Богомоллов Б. Организационно-экономическое моделирование бизнес-процесса производства мембран на основе керамических материалов // Успехи в химии. - 2024. - №1. - С. 115–119.
4. Богомоллов Б. Б., Быков Е. Д., Меньшиков В. В., Зубарев А. М. Организационно-технологическое моделирование химико-технологических систем // Теоретические основы химической технологии. - 2017. - №2. - С. 221–229.
5. Основные нотации бизнес-процессов // URL: <https://km.mmf.bsu.by/courses/2017/msbp/BP2018-04.pdf> (дата обращения: 14.11.2024).
6. Шахович, В. Н. Ботаника. Блок-схемы, таблицы, рисунки. Учебное пособие / В.Н. Шахович, А.П. Пугач, А.В. Кантерова. - М.: Книжный дом, 2006. - С. 212

УДК 544.18

Liangyue Cheng, Чередниченко А.Г.

Влияние электрического поля на процесс изомеризации 5-хлорурацила

Liangyue Cheng, аспирант 3-го года обучения кафедры Физической и коллоидной химии РУДН, Россия, Москва; Чередниченко Александр Генрихович, доктор химических наук, заведующий кафедрой Физической и коллоидной химии РУДН, Россия, Москва.

Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, Россия.

В данной работе с использованием метода функционала плотности M06-2X-D3/6-311++G(3df,3pd) исследуется влияние электрического поля, приложенного в четырех направлениях (a, b, c, d) к молекуле 5-хлорурацила (5-ClU), на высоту энергетического барьера реакции. Результаты расчетов показывают, что при приложении положительного электрического поля в направлении a энергетический барьер реакции увеличивается, а при приложении отрицательного поля - уменьшается, но изменения незначительны. Наибольшее изменение высоты барьера (4,22 ккал/моль) наблюдается при приложении электрического поля в направлении (c).

Ключевые слова: квантовая химия, 5-хлорурацил, перенос протона, катализ электрическим полем

THE EFFECT OF AN ELECTRIC FIELD ON THE ISOMERIZATION OF 5-CHLOROURACIL

Liangyue Cheng, Cherednichenko A.G.

Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 6 Miklukho-Maklaya Street, Moscow, 117198, Russian Federation

In this work, using the density functional method M06-2X-D3/6-311++G(3df,3pd), the effect of an electric field applied in four directions (a, b, c, d) to a 5-chlorouracil (5-ClU) molecule on the height of the energy barrier of the reaction is investigated. The calculation results show that when a positive electric field is applied in the direction a, the energy barrier of the reaction increases, and when a negative field is applied, it decreases, but the changes are insignificant. The greatest change in the height of the barrier (4.22 kcal/mol) is observed when an electric field is applied in the (c) direction.

Keywords: quantum chemistry, 5-chlorouracil, proton transfer, electric field catalysis

Введение

Квантово-химические расчеты часто используются для установления механизмов протекания сложных химических реакций [1]. Электрическое поле представляет собой управляемый и мгновенный источник энергии. Оно может вызывать перенос электронов внутри молекулы или между молекулами, перераспределять заряд, изменять уровни энергии электронов и приводить к изменениям молекулярной структуры, вызывая разрыв связей, конформационные переходы и изомеризацию. Таким образом, под воздействием электрического поля молекула может изменить структуру и проявить новые физические и химические свойства. Урацил является распространенным пиримидиновым основанием в РНК, а 5-хлорурацил (5-ClU) - его галогенизированным производным. В молекуле 5-ClU атом хлора заменяет атом водорода в положении С-5 урацила, что изменяет его способности переноса электронов и протонов. Основные пути переноса протона в 5-ClU происходят между атомами азота (N1 и N3) и кислорода (O2 и O4), что приводит к образованию различных таутомерных форм [2]. Таутомеризация 5-ClU включает перенос протона, вызывающий переход между кето- и енольной формами. Перераспределение электронной плотности, вызванное присутствием галогена, влияет на равновесие переноса протона в 5-ClU, делая некоторые таутомерные формы более стабильными. Исследования показывают, что перенос протона в 5-ClU существенно зависит от водной или иной полярной среды и был изучен с помощью различных экспериментальных

методов. Однако на данный момент отсутствуют исследования влияния внешнего электрического поля на перенос протона в 5-ClU. Поэтому в данной работе рассматривается механизм влияния внешнего электрического поля на внутримолекулярный перенос протона в 5-ClU.

Результаты и их обсуждение

Из-за ограничений объема работы метод вычислений здесь не описан, все расчеты выполнены с использованием метода M06-2X-D3/6-311++G(3df,3pd). Электрическое поле было приложено в четырех направлениях (a, b, c, d) в выделенной точке молекулы 5-ClU (рис. 1). При этом стрелка показывает направление положительного электрического поля, а обратное направление указывает на отрицательное поле.

Сначала мы приложили градиентное электрическое поле в направлении (a) с диапазоном от -0,0075 до 0,0075 а.е. На рис. 2 показана энергия переходного состояния при различных напряженностях поля.

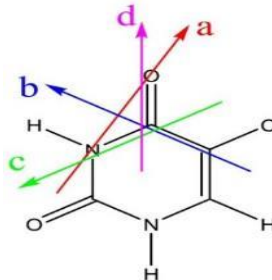


Рис. 1. Схема воздействия электрического поля на молекулу 5-ClU (a, b, c, d направления, определяющие воздействие электрического поля)

Из графика видно, что при приложении положительного электрического поля в направлении (а) высота барьера реакции увеличивается, а при отрицательном поле — уменьшается. Более того, увеличение и уменьшение барьера пропорциональны величине приложенного поля. На рис. 2 показано, что при добавлении электрического поля с напряженностью 0,0075 а.е. высота барьера реакции увеличивается наибольшим образом; наоборот, при добавлении поля с напряженностью -0,0075 а.е. высота барьера уменьшается наиболее значительно. Хотя разница в напряженности составляет 0,015 а.е., высота барьера изменяется всего на 4,85 ккал/моль. Даже при значительном изменении напряженности электрического поля высота барьера почти не изменяется. Поэтому мы предполагаем, что этот процесс переноса протона может быть нечувствителен к внешнему электрическому полю или нечувствителен к полю в направлении (а).

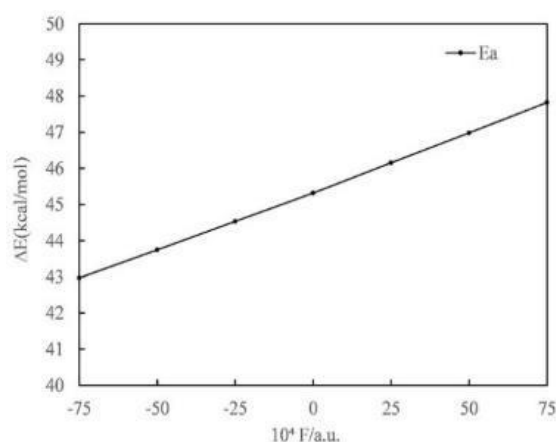


Рис. 2. Результаты расчетов барьера активационной энергии в направлении (а) для различных напряженностей электрического поля, выполненный методом M06-2X-D3/6-311++G(d,p)

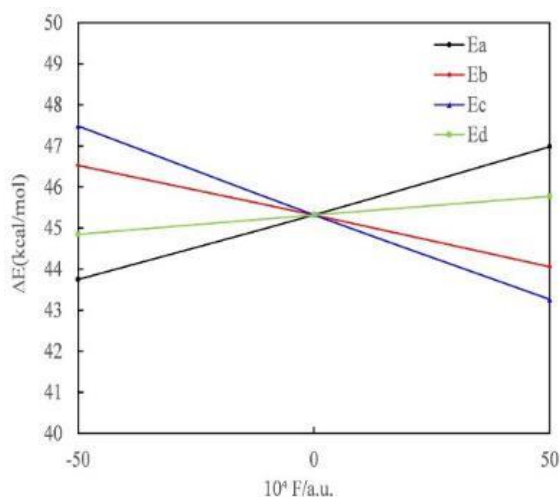


Рис. 3. Результаты расчетов барьеров энергии активации методом M06-2X-D3/6-311++G(d,p) для одной и той же напряженности электрического поля

Напротив, при приложении электрического поля в направлениях (с) и (d) влияние на высоту барьера реакции противоположно направлениям (а) и (b): отрицательное поле увеличивает высоту барьера, а положительное — уменьшает. На рис. 3 видно, что наибольшее изменение высоты барьера (4,22 ккал/моль) наблюдается при приложении поля в направлении (с). Тем не менее, по сравнению с изменениями барьера в растворителе это воздействие мало, поэтому мы предполагаем, что процесс переноса протона в 5-ClU более чувствителен к эффектам растворителя.

Заключение

В данной работе методом функционала плотности M06-2X-D3/6-311++G(3df,3pd) исследовано влияние электрического поля, приложенного в четырех направлениях, на высоту барьера переноса протона в молекуле 5-ClU. Результаты показали, что при приложении положительного электрического поля в направлении а высота барьера увеличивается, а при отрицательном — уменьшается, но изменения незначительны. При приложении поля в направлении (b) высота барьера остается неизменной, возможно, из-за перпендикулярности направлению переноса протона. Влияние поля в направлениях (с) и (d) противоположно (а) и (b). В сравнении с эффектом растворителя, влияние электрического поля на высоту барьера невелико, что позволяет предположить, что процесс переноса протона в 5-ClU более подвержен влиянию растворителя.

Список литературы

1. Baranov N.I., Bagrii E.I., Safir R.E., Bozhenko K.V., Cherednichenko A.G., Maksimov A.L. Quantum-Chemical Study of Formation of Alkyl- and Alkenyladamantanes by Ionic Alkylation with Olefins // *Kinetics and Catalysis*, 2024, 65(2), P. 93–100.
2. L. Y. Cheng. Proton transfer theoretical study catalyzed by 5-chlorouracil[J]. *Journal of Physical Organic Chemistry*. - 2024. -v. 37. - № 5.

УДК 65.014.12, 65.011.8

Чекурова С.С., Журавлева О.С. Аверина Ю.М., Рогачева А.Р.

Обеспечение информационной безопасности на примере нефтегазохимического комплексаЧекурова Светлана Сергеевна – магистр 2-го года обучения, chekurova.s.s@muctr.ru;Аверина Юлия Михайловна – к.т.н., заведующий кафедрой кафедры логистики и экономической информатики, Журавлева Ольга Станиславовна – старший преподаватель кафедры логистики и экономической информатики, главный специалист управления трансфера технологий, zhuravleva.o.s@muctr.ru.Рогачева Алена Романовна – магистр 2-го года обучения, 190162@muctr.ru

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева», Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9.

В статье рассматриваются ключевые аспекты и практики обеспечения информационной безопасности в нефтегазохимическом комплексе. В работе проведен анализ возможных рисков и уязвимостей и рассматриваются основные стратегии и меры по их минимизации. Основное внимание уделяется использованию современных технологий, таких как системы видеонаблюдения и защиты данных, а также соблюдению международных стандартов кибербезопасности и требований законодательства. Кроме того, в статье уделяется внимание повышению осведомленности сотрудников и важности формирования культуры безопасности в организации.

Ключевые слова: информация, безопасность, анализ рисков.

Ensuring information security by the example of the oil and gas chemical complex

Chekurova S.S., Zhuravleva O. C., Averina Y.M., Rogacheva A. R.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russian Federation

The article considers key aspects and practices of information security in the oil and gas chemical complex. The paper analyzes possible risks and vulnerabilities and considers the main strategies and measures to minimize them. The focus is on the use of modern technologies such as video surveillance and data protection systems, as well as compliance with international cybersecurity standards and legal requirements. The article also focuses on raising employee awareness and the importance of building a security culture within an organization.

Keywords: information, security, risk analysis.

Введение

Современный бизнес развивается за счет автоматизации производственных процессов с помощью информационных технологий и телекоммуникаций. Это приводит к увеличению объема информации, обрабатываемой и хранимой в электронном виде. Увеличение потока электронных документов и автоматизация процессов повышают зависимость от стабильности ИТ-инфраструктуры. Возрастающая сложность информационных систем предъявляет более жесткие требования к бесперебойной работе, безопасности и конфиденциальности данных. Это делает информационную инфраструктуру важнейшим активом бизнеса, повышая риск уязвимости сложных информационных систем [1].

Информация может принимать различные формы. Она может быть напечатана или написана на бумаге, сохранена на электронных носителях, отправлена по традиционной или электронной почте, показана на пленке или передана устно.

Независимо от того, в какой форме представлена информация и какими средствами она передается и хранится, всегда должен быть обеспечен надлежащий уровень защиты.

Цель информационной системы - безопасно и надежно организовать доступ к информации, методы передачи и хранения информации, методы обработки информации, правила контроля доступа к информации, методы поиска информации, методы резервного копирования информации и т. д. Информационная безопасность достигается путем внедрения всех

необходимых элементов безопасности, которые могут включать в себя политике руководства, инструкции, организационные структуры и программные функции. Эти инструменты должны быть реализованы таким образом, чтобы соответствовать требованиям безопасности организации [2,3].

Уже долгое время компании НГХК являются ведущими компаниями в России, именно поэтому они могут сталкиваться с множеством вызовов в области информационной безопасности, такими как: постоянная защита конфиденциальной информации от хакерским взломов, государственных акторов, террористических групп, генерирование планов на случай возможных чрезвычайных ситуаций. Эти примеры, лишь малая часть, доказывающая важность постоянного развития стратегии управления рисков в области обеспечения информационной безопасности.

Основная часть

Все компании отличаются друг от друга своей специализирующейся отраслью, своим размером, структурой собственности, географическим положением, видом выпускаемой продукции, финансовыми показателями и т. д. Учитывая каждую представленную особенность, можно определить, какие угрозы могут появиться на пути успешного функционирования предприятия. Подробный анализ деятельности компаний РФ в области нефтегазохимического комплекса, позволил составить матрицу взаимосвязи рисов, опасностей и угроз (Рис.1) [1,3].

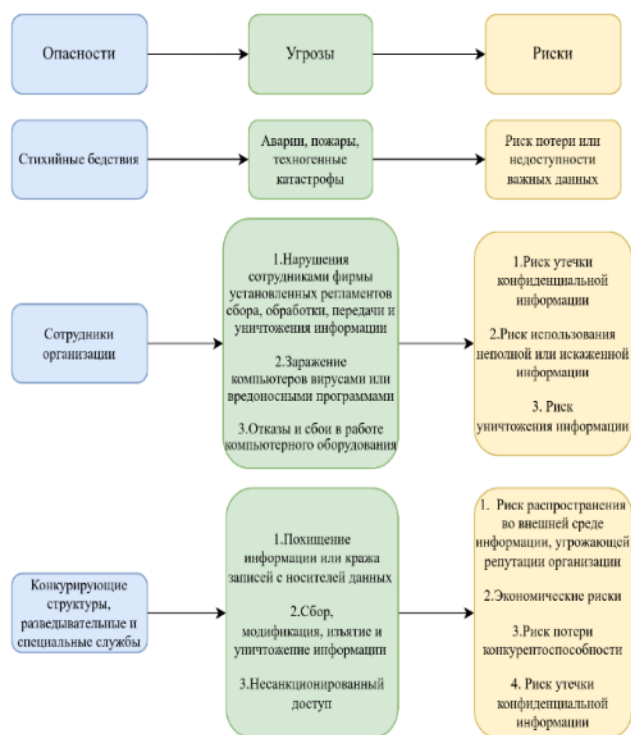


Рис.1 Матрица взаимосвязи рисков, опасностей и угроз для ИТХК

Создание системы и обеспечение информационной безопасности (ИБ) — это непрерывный процесс, включающий в себя правовые, организационные и технические меры. Для эффективного управления информационной безопасностью необходимо периодически анализировать защищенность ИТ-инфраструктуры, принимая во внимание все виды угроз и их развитие. Это особенно актуально для отраслей с крупной производственной инфраструктурой, таких как транспорт, энергетика или химическая промышленность, где используются опасные технологии.

Информационной поддержкой для диагностики достигнутого уровня информационной безопасности могут служить показатели, на основе количественной оценки которых можно установить уровень опасности или безопасности и обладающие высокой чувствительностью [4].

По мере того, как экономика становится все более зависимой от информационных технологий, возрастает угроза технологического терроризма. Примеры из газовой промышленности показывают, что проблемы информационной безопасности могут напрямую угрожать человеческим жизням. Поэтому создание механизмов защиты информационной инфраструктуры в потенциально опасных отраслях требует жесткого регулирования со стороны правительств, особенно для критически важных компаний. Последствия несанкционированного доступа к системам этих компаний могут быть катастрофическими как для них самих, так и для страны в целом.

Анализ работ компаний в области обеспечения информационной безопасности и анализ имеющихся в открытом доступе стандартов [5,6,7,8] позволил создать перечень основных механизмов, направленных на предотвращение раннее представленных угроз (Рис.1). Перечень механизмов:

1. Морально-этические механизмы:

- 1) Обучение и тренировки сотрудников по защите конфиденциальной информации.
- 2) Регулярные тактические и специальные учения, полевые и штабные тренировки для поддержания высокого уровня готовности сотрудников к чрезвычайным ситуациям.

2. Аналитические механизмы:

- 1) Оценка (проверка) уровня безопасности.
- 2) Определение уровней доступа к конфиденциальной информации и назначение ответственных лиц.
- 3) Контроль с соблюдением разработки SBOM (Software Bill of Materials), которая представляет собой перечень зависимостей, файлов, библиотек и других элементов, а также SLSA (Supply-chain Levels for Software Artifacts) — методологии описания и последовательного увеличения безопасности использования.

3. Правовые механизмы:

- 1) Правила контроля эффективности обеспечения информационной безопасности при эксплуатации системы охранной сигнализации.
- 2) Правила завершения модернизации системы оповещения.
- 3) Правила допуска сторонних организаций и их представителей к обслуживанию и модернизации системы охранной сигнализации.
- 4) Правила реагирования на нештатные ситуации.
- 5) Законодательные меры.
- 6) Технические, организационные и правовые меры по поведению персонала.

4. Технические меры:

- 1) Резервное копирование
- 2) Шифрование конфиденциальной информации при хранении и транспортировке.
- 3) Использование систем обнаружения и предотвращения вторжений (IDS/IPS).
- 4) Использование систем контроля доступа, таких как пароли, биометрические данные и смарт-карты.
- 5) Антивирусные системы.
- 6) Мониторинг и контроль
- 7) Использование систем видеонаблюдения и сигнализации.
- 8) Обеспечение надежного канала/пути связи с элементами защиты АЭ.
- 9) Регулярное обновление программного обеспечения и операционных систем.

Далее для наглядного представления в какой ситуации, при какой угрозе использовать представленные механизмы, были созданы иллюстративные материалы (Рис.2, Рис.3, Рис.4)



Рис. 2 Взаимосвязь видов угроз и морально-этических и аналитических механизмов.



Рис.3 Взаимосвязь видов угроз и правовых механизмов



Рис.4 Взаимосвязь видов угроз и технических механизмов

Таким образом, можно сказать, что система информационной безопасности компаний НГХК в РФ находится на высоком уровне, компания применяет широкий спектр мер, включая методы шифрования, организацию управления, методы контроля и аудита и т. д. Однако нельзя довольствоваться тем, что компания имеет на сегодняшний день. Мир цифровизации с каждым годом становится все более изощренным, и стратегии по развитию поддержания информационной безопасности должны развиваться параллельно с ним, поскольку даже самые незначительные угрозы могут привести к масштабной потере данных или необратимому уничтожению информации, что чревато полной блокировкой всех бизнес-процессов.

Заключение

В заключение следует отметить, что важность защиты и повышения уровня информационной безопасности невозможно переоценить. Учитывая стремительный рост киберугроз и постоянно меняющуюся технологическую среду, компании должны не только защищать свои данные, но и активно разрабатывать системы безопасности для предвидения потенциальных угроз.

Выводы к данной работе:

1. Компании НГХК в РФ демонстрируют целостный подход к обеспечению информационной безопасности, внедряя современные технологии, стандарты и практики управления кибербезопасностью. Инвестиции в обучение персонала, повышение осведомленности о киберрисках и развитие организационной культуры становятся ключевыми факторами в создании устойчивой системы безопасности.
2. Повышение уровня информационной безопасности не только укрепляет доверие клиентов и партнеров, но и помогает создать конкурентное преимущество на рынке. В условиях глобализации и цифровизации экономики компании должны продолжать адаптироваться и развиваться, чтобы защитить свои данные и активы. Это делает информационную безопасность не только необходимостью, но и стратегическим приоритетом, определяющим устойчивость и успех компаний в современном мире.

Список литературы

1. Информационная безопасность ОАО "Газпром": проблемы гиганта // Информационная безопасность URL: https://lib.itsec.ru/articles2/focus/informacionaya_bez_opasnost_oao (дата обращения: 09.11.2024).
2. ГОСТ Р 50922. Защита информации. Основные термины и определения. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. - 6 с.
3. ГОСТ Р ИСО/МЭК 17799 2005. Информационная технология. Практические правила управления информационной безопасностью. - М: Стандартинформ, 2006. - 55 с.
4. Гупалова, Т. Н. Эколого-экономические индикаторы в диагностике экономической безопасности хозяйствующего субъекта [Текст] / Т. Н. Гупалова, Д. Р. Алтышева, О. С. Журавлева // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК. Сборник материалов международной научно-технической конференции. - 2021. - С. 68–72.
5. Официальный сайт ПАО «Газпром». [Электронный ресурс] — URL: <https://www.gazprom.ru/careers/statistics/> (дата обращения: 09.11.2024).
6. Международный ISO/IEC стандарт 2700. Вторая редакция 2013-10-01. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ Системы менеджмента информационной безопасности Требования [Электронный ресурс] // FSTEC Russia - федеральная служба по техническому и экспортному контролю - Режим доступа: URL <https://fstec.ru/> (дата обращения: 09.11.2024).
7. Risk management guide for information technology systems. Recommendations of the National Institute of Standards and Technology: NIST 800-30. — USA. - 2002. - 56 p. (дата обращения: 09.11.2024).
8. Информационные технологии. Методы и средства обеспечения безопасности. Ч. 3. Методы менеджмента безопасности информационных технологий: ГОСТ Р ИСО/МЭК ТО 13335-3-2007. — Введ. 01.09.2007. - М.: Стандартинформ, 2007. - 76 с.

УДК 66.081.6.

Аверина Ю.М., Чекурова С.С.

SWOT-анализ развития мембранной технологии в России

Чекурова Светлана Сергеевна – магистр 2-го года обучения; chekurova.s.s@muctr.ru;

Аверина Юлия Михайловна – к.т.н., заведующий кафедрой кафедры логистики и экономической информатики, averina.i.m@muctr.ru

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева»,

Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9.

В данной статье рассматривается текущее состояние мембранных технологий в России, их конкурентоспособность на международной арене. Для оценки развития мембранной технологии в России, составлен SWOT-анализ. Особое внимание уделено анализу существующих препятствий и рисков, которые могут помешать эффективному развитию мембранных технологий.

Ключевые слова: SWOT-анализ, мембранный рынок, мембранная технология.

SWOT analysis of membrane technology development in Russia

Chekurova S.S.¹, Averina Y.M.¹

¹ D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russian Federation

This article reviews the current state of membrane technologies in Russia, their competitiveness in the international arena. Special attention is paid to the analysis of existing obstacles and risks that may hinder the effective development of membrane technologies. The article is intended for specialists in the field of chemical engineering, ecology, as well as for public and private investors interested in the development of high technologies in Russia.

Keywords: SWOT- analysis, membrane market, membrane technology.

Введение

В последние десятилетия проблемы снабжения питьевой водой и очистки сточных вод становятся все более актуальными. Устойчивый рост населения, урбанизация и изменение климата ставят перед человечеством серьезные задачи в области управления водными ресурсами. Мембранная технология, одна из самых передовых и эффективных, играет ключевую роль в решении этих задач. В данной статье рассматривается состояние и значение мембранных технологий на мировом и российском рынках водоснабжения и очистки сточных вод [1].

Необходимость развития мембранных технологий возникла по нескольким важным причинам во всем мире:

1. Растущий спрос на чистую воду. Спрос на чистую питьевую воду растет в связи с ростом населения и урбанизацией. Мембранные технологии предлагают эффективное решение для очистки и опреснения воды, что особенно важно в районах с ограниченными ресурсами.

2. Экологические проблемы. Загрязнение водоемов и ухудшение качества воды становится глобальной проблемой. Мембранные технологии помогают эффективно удалять загрязняющие вещества, способствуя улучшению состояния окружающей среды и соблюдению экологических стандартов.

3. Снижение затрат на очистку. Мембранные системы могут быть более экономичными в эксплуатации, чем традиционные методы очистки, такие как химическая обработка или отстаивание. Это делает их привлекательными для компаний и коммунальных служб.

4. Потребность в устойчивом развитии. Современное общество сталкивается с проблемой устойчивого развития и защиты окружающей среды. Мембранные технологии способствуют более рациональному использованию водных ресурсов и снижают негативное воздействие на природу.

5. Развивающаяся промышленность и сельское хозяйство. Мембранные технологии используются во многих промышленных отраслях, таких как пищевая, химическая и фармацевтическая промышленность. Это расширяет сферу их применения и повышает спрос на эффективные системы очистки.

6. Забота о здоровье населения. Качество воды напрямую влияет на здоровье человека. Мембранные технологии могут помочь обеспечить население безопасной и качественной водой, что является важным аспектом общественного здоровья.

Таким образом, необходимость развития мембранных технологий во всем мире обусловлена сочетанием экологических, экономических и социальных факторов, что делает их важным инструментом для решения глобальных проблем.

Основная часть

За рубежом рынок мембран является быстрорастущим сектором технологий водоподготовки. Общий объем рынка растет в соответствии с развитием мировой экономики и растущей потребностью в передовых технологиях очистки воды, мерах по защите окружающей среды и сокращению выбросов вредных газов. Ожидается, что в течение прогнозируемого периода среднегодовые темпы роста рынка керамических мембран во всем мире составят более 6 % (рис. 1) [2].

США, Европа и Азия - страны с наибольшим количеством заказов и постоянной тенденцией к росту объемов производства.



Рис 1.- Динамика рынка керамических мембран на прогнозируемый период [2].

Страны, где внешний рынок мембранных технологий наиболее развит, — это США, Китай, Корея, Тайвань, Япония, Индия и европейские страны.

Основными преимуществами мембранных технологий зарубежных компаний является постоянный реинжиниринг, желание развиваться в динамическом темпе и открытость к инновациям.

По результатам изучения общедоступной информации о состоянии рынка мембран можно сделать вывод, что рынок керамических мембран в России занят иностранными компаниями, такими как [3,4]:

- CeraMem (США), которая в основном занимается производством керамических мембран промышленного назначения,
- ТАМІ (Франция), которая производит промышленные и бытовые мембраны.

Каждая из этих компаний предлагает свои технические решения, позволяющие оставаться «на плаву» в условиях жесткой рыночной конкуренции (Таблица 1) [5,6].

Таблица 1. «Технические решения компаний»

Компания	Технические решения компании
CeraMem	Сенсорный экран HMI
	Дополнительная функция обратного потока позволяет периодически удалять загрязнения
	Сварная сверхпрочная рама из углеродистой стали с эпоксидным покрытием.
	Полностью автоматический встроенный контроллер упрощает эксплуатацию
ТАМІ	Полностью автоматический цикл очистки CIP по инициативе оператора для полного восстановления потока
	Могут автоклавироваться
	Можно стерилизовать при высоких температурах и с помощью окислителей
	Может быть химически регенерирована
	Мембраны других производителей могут быть заменены на мембраны INSIDE

Таким образом, зарубежный мембранный рынок является перспективным направлением развития технологий водоподготовки, где особую роль играет научно-техническая работа ведущих мировых компаний по созданию инновационных решений в области водоподготовки.

Учитывая растущий зарубежный рынок мембранных технологий, российским компаниям, производящим мембранные системы, необходимо продолжать инвестировать в исследования и разработки новых материалов и технологий для создания более эффективных и экономичных систем водоподготовки.

Российский рынок мембран менее динамичен, и его доля на мировом рынке пока невелика. Возможно, одной из основных причин этого является недостаток инвестиций в отечественное производство мембранных технологий и отсутствие соответствующих государственных программ поддержки отрасли. Однако, учитывая растущий спрос на водоподготовку и энергоэффективность, российский рынок мембран имеет дальнейший потенциал для развития [4].

Для оценки перспектив развития мембранной технологии в России ниже представлен SWOT-анализ (Рис.2).

Сильные стороны	Слабые стороны
1. Научный потенциал: Россия обладает мощной научной базой и квалифицированными кадрами в области химии, физики и материаловедения. 2. Ресурсы и сырьё: Наличие богатых природных ресурсов, таких как вода и различные химические вещества, необходимых для мембранных технологий.	1. Недостаток финансирования: Ограниченные инвестиции в исследования и разработки мембранных технологий по сравнению с другими странами. 2. Низкий уровень коммерциализации: Сложности с переходом от научных исследований к внедрению технологий в промышленность.
Возможности	Угрозы
1. Рост потребности в очистке воды: Увеличение спроса на технологии очистки и переработки воды в связи с экологическими проблемами. 2. Развитие новых рынков: Возможности для экспорта мембранных технологий в страны с развивающейся экономикой. 3. Инновации и новые разработки: Появление новых материалов и технологий, которые могут повысить эффективность мембран. 4. Глобальные тренды: Увеличение интереса к устойчивым и экологически чистым технологиям.	1. Конкуренция: Высокая конкуренция со стороны зарубежных компаний, которые уже имеют развитые мембранные технологии. 2. Экономическая нестабильность: Колебания экономической ситуации в стране могут повлиять на финансирование и инвестиции. 3. Отсутствие нормативной базы: Недостаточная законодательная поддержка для внедрения и развития новых технологий. 4. Технологические риски: Возможные сложности в разработке и внедрении новых мембранных технологий, связанные с их сложностью и стоимостью.

Рис.2 SWOT-анализ развития мембранной технологии в России.

Основные аспекты, которые могут повлиять на будущее развитие этого сектора в стране, показывает SWOT-анализ:

1. Преимущества мембранных технологий, такие как высокая эффективность и низкие эксплуатационные расходы, открывают возможности для их применения в различных отраслях, таких как водоподготовка, пищевая промышленность и энергетика. Учитывая растущие экологические требования и необходимость устойчивого развития, мембранные технологии могут стать важным инструментом для решения современных ресурсных и экологических проблем.

2. Такие недостатки, как высокие первоначальные инвестиции и необходимость в квалифицированном персонале, подчеркивают важность государственной поддержки и инвестиций в образование и исследования. Это не только снижает барьеры для выхода на рынок, но и повышает профессиональные стандарты, что, в свою очередь, способствует более широкому внедрению мембранных технологий.

В то же время необходимо учитывать такие угрозы, как конкуренция со стороны зарубежных технологий и нестабильная экономическая ситуация. Важно разработать стратегии по минимизации влияния этих факторов, включая диверсификацию производства и активное участие в международных проектах.

Заключение

Мембранные технологии имеют значительный потенциал для роста и развития в России. Проведенный SWOT-анализ позволяет выделить наиболее важные факторы, влияющие на их внедрение и

распространение. Для достижения успеха в этой области необходимо объединить усилия государства, научного сообщества и бизнеса, что позволит создать благоприятные условия для инновационного развития и повысить конкурентоспособность российской экономики на международной арене.

Список литературы

1. Аверина Ю.М., Терпугов Г.В., Кацерева О.В., Труберг А.А., Скопин А.Л., Кабанов О.В., Ляпин И.Ф. Новые технологические процессы с применением мембран. - Москва: Издательство РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2009. - 72 с.
2. Анализ размера и доли рынка керамических мембран – тенденции роста и прогнозы (2024–2029 гг.) // URL: <https://www.mordorintelligence.com/ru/industry-reports/ceramic-membranes-market>.
3. Мировой и российский мембранный рынок. [Электронный ресурс]. URL: <http://refdb.ru/look/1298942-pall.html>
4. Научно-производственная компания «ГЕНОС» [Электронный ресурс]. М., 2009–2015. URL: http://www.genos.ru/ceramic_membranes.html.
5. CeraMem® Industrial Systems // URL: <https://s3.alsys-group.com/uploads/2021/02/alsys-us0600-ceramem-lis-industrial-systems-data-sheet-v02.21.pdf>
6. Мембраны TAMI // Инжиниринговая компания РУС ТЕХНОЛОДЖИ URL: <https://rus-technol.ru/membrany/tami/?ysclid=m4fdxu0jkz918716399> (дата обращения: 21.11.2024).

УДК 621.313.13

Маныч А.А., Богомолов Б.Б., Журавлева О.С.

Оптимизация процессов очистки от железа высокочистого моногидрата сульфата марганцаМаныч Арсений Антонович – студент; amanych2003@gmail.com

Богомолов Борис Борисович – к.т.н., доцент кафедры Логистики и Экономической Информатики; ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева», Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9.

Журавлева Ольга Станиславовна – старший преподаватель кафедры Логистики и Экономической Информатики;

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева», Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9.

Рассмотрен марганец, как «критический» материал в производстве высокочистого моногидрата сульфата марганца (HPMSM). Изучены существующие методы получения высокочистого моногидрата сульфата марганца. Рассмотрены условия для реализации технологии. Предложены методы оптимизации существующего промышленного метода очистки от железа.

Ключевые слова: высокочистый моногидрат сульфата марганца, литий-ионные батареи, оптимизация.

Optimization of iron purification processes of high-purity manganese sulfate monohydrate

Manych A.A., Bogomolov B.B., Zhuravleva O.S.

D.I. Mendeleev Russian University of Chemical Technology, Moscow, 125047, Miusskaya Square, 9, Russia.

Manganese is considered as a "critical" material in HPMSM production. The existing methods for obtaining high-purity manganese sulfate monohydrate have been studied. The conditions for the implementation of the technology are considered. Methods of optimization of the existing industrial method of iron purification are proposed.

Keywords: high-purity manganese sulfate monohydrate, lithium-ion batteries, optimization.

Согласно Концепции развития электротранспорта в Российской Федерации, к 2030 году каждый десятый автомобиль, произведенный в России, будет электромобилем. По прогнозам Международного энергетического агентства (МЭА), к этому времени в мире будет насчитываться от 200 до 350 миллионов электромобилей [1]. Однако производство электромобилей было бы невозможно без различных компонентов. Одним из самых важных являются катоды литий-ионных тяговых аккумуляторных батарей. Марганец - важный материал для литий-ионных батарей (LIB), поскольку он используется во всех катодах. Поэтому исследования в этой области важны как с экономической, так и с экологической точки зрения.

Главным критерием качества финального продукта цепочки производства HPMSM является его чистота от примесей. Мировые компании устанавливают свою спецификацию на высокочистый моногидрат сульфата марганца. Поскольку содержание железа в марганцевой руде всех месторождений стабильное и руда содержит от 1 до 10 процентов, то проблему снижения содержания железа

в HPMSM невозможно решить подбором специального сырья с низким содержанием Fe. Поэтому необходимо эффективное технологическое решение снижения содержания железа на уровне <3 ppm. Многие крупные производители катодных материалов, которые в свою очередь являются потребителями HPMSM, устанавливают жесткие требования относительно содержания железа ($Fe < 5$ ppm). Эти данные приводятся в сравнительной таблице 1 спецификаций компаний-потребителей и китайского стандарта на HPMSM. Железо действительно является критическим показателем, управление которым влияет на успешность бизнеса производства HPMSM. Основная задача - проанализировать существующие методы производства HPMSM и изучить возможность оптимизации процесса более глубокой очистки от железа высокочистого моногидрата сульфата марганца.

Необходимо рассмотреть разные методы, целью которых является получение требуемого потребителями по чистоте высокочистого моногидрата сульфата марганца, более подробно.

Табл. 1. Сравнительная таблица спецификаций компаний-потребителей и китайского стандарта на HPMSM

		Китайский стандарт	Спецификация SMM	Спецификация UMICORE	Спецификация CNGR	Спецификация NICHIA
Mn	%	32.0	32.0	32.0	32.0	31.5

Продолжение Табл. 1

		Китайский стандарт	Спецификация SMM	Спецификация UMICORE	Спецификация CNGR	Спецификация NICHIA
Ni	ppm	50	100	250	50	50
Co	ppm	50	100	200	50	50
Fe	ppm	10	10	10	5	5
Cu	ppm	10	10	10	8	7
Na	ppm	100	100	200	50	50
Ca	ppm	100	75	50	40	50
Mg	ppm	100	60	50	30	30
Zn	ppm	10	10	10	8	8
Al	ppm	-	10	10	10	10
Si	ppm	-	80	70	50	30
Cr	ppm	-	10	10	5	5
Cd	ppm	5	10	10	5	5
Pb	ppm	10	10	10	3	3
K	ppm	100	100	100	50	50
F	ppm	-	30	30	30	30
pH		4.0-6.5	4.0-6.0	4.0-6.0	4.0-6.0	4.0-6.0
Water insoluble	ppm	100	100	100	50	50
Magnetic impurities	ppb	300	300	300	300	300

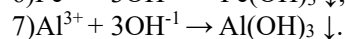
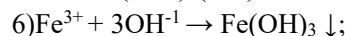
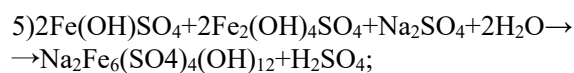
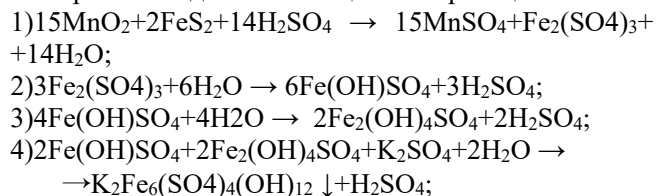
Метод получения HPMSM из марганцевых руд включает в себя такие важные операции, как комбинационная реакция, которая содержит стадии перевода Mn в раствор, предварительное удаление Fe и удаление K/Na. Во время комбинационной реакции решается сразу несколько задач:

1. Во-первых, это перевод марганца в растворимую форму (диоксид марганца нерастворим в серной кислоте) в присутствии пирита.

2. Марганец, в свою очередь, окисляет железо, которое выпадает в осадок в виде гидроокислов, а также в виде двойных солей с Na и K, то есть происходит одновременная очистка от Na/K.

3. Ключевыми факторами для высокого извлечения Mn и достаточного удаления Fe/Na/K, а также других примесей (Al, Si) являются степень помола Mn концентрата и CaCO₃, температура и pH процесса.

Уравнения для комбинационной реакции:



Следующий важный этап - очистка растворов сульфидом бария, что позволяет осуществлять вторую стадию удаления Fe, а также удаление тяжелых металлов (Ag, Pb, Cd, Bi, Cu, Zn, Ni, Co и т.д.). При добавлении сульфида бария в раствор сульфата марганца происходит ионообменная реакция с образованием сульфидов тяжелых металлов, которые выпадают в осадок. При удалении тяжелых металлов Ag, Pb, Cd, Bi, Cu и т.д. выпадают в осадок при относительно низком значении pH. Zn выпадает при pH 2-3, Ni и Co - при pH 5, Fe - при pH 6, а Mn - при pH 7. Поэтому лучше контролировать удаление тяжелых металлов при pH 5,5-6,0. Если значение pH слишком высокое, марганец выпадет в осадок, а если значение pH слишком низкое, осаждение никеля и кобальта будет неполным.

Последующий этап включает в себя очистку растворов бифторидом марганца.

Далее необходимо очистить раствор от F. Процесс основан на образовании нерастворимого фторида церия, который выпадает в осадок.

Последним этапом получения HPMSM является кристаллизационная выпарка. Очищенный раствор сульфата марганца непрерывно подается в специальный выпарной кристаллизатор (реактор со змеевиками, в которые подается пар) и выпаривается [2].

Метод получения сульфата марганца высокой чистоты путем восстановления с использованием порошка мягкой марганцевой руды в качестве сырья.

Этот процесс характеризуется тем, что он содержит следующие этапы:

- a) Обработка порошка мягкой марганцевой руды концентрированной серной кислотой;
- b) Удаление большей части примесей (Ca, Mg, K, Na) выщелачиванием;
- c) Фильтрация;
- d) Промывка фильтрата;
- e) Добавление перекиси водорода в качестве восстановителя для того, чтобы уменьшить порошок мягкой марганцевой руды и затем выщелочить его;
- f) Выщелачивание кристаллизуется и концентрируется, а после перекристаллизуется один раз для получения продуктов сульфата марганца высокой чистоты [3].

Способ получения высокочистого сульфата марганца и использование порошка MnS или металлического марганца

В этом методе твердое вещество сульфата марганца, которое содержит примеси, добавляют в раствор сульфата марганца после выщелачивания серной кислотой руды сульфата марганца, далее добавляют реагент для удаления примесей MnF_2 и удаления примеси Ca и Mg. Порошок MnS или металлический марганец используется в качестве средства для удаления примесей тяжелых металлов, что позволяет обеспечить эффективность удаления примесей и контролировать значение pH реакции между 3,5-7. MnF_2 и MnS или металлический марганец могут быть добавлены одновременно или последовательно. Для получения продукта сульфата марганца высокой чистоты необходимо фильтровать, концентрировать при нормальном давлении, кристаллизовать, обезвоживать и сушить [4].

Основными характеристиками всех этих методов, на основе которых их можно сравнивать между собой, являются процессы, направленные на удаление большей части тяжелых примесей из раствора конечного продукта, перевода марганцевой руды в жидкое состояние, а также режимы технологического процесса, которые влияют на степень очистки и правильность проведения каждого микропроцесса.

Но в данных технологиях не рассматривается важный пункт для удовлетворения потребительских требования – чистота HPMSM от большого количества железа.

Экспертами в данной области на предприятии ТОО «Таза Метал Технолоджис» были выявлены возможности оптимизации процессов очистки для более глубокого удаления Fe.

Основными способами, которые позволяют добиться снижения железа в составе HPMSM до жестких требований потребителей, являются:

1) Очистка растворов с BaS и H_2O_2 , которая позволяет добиться стабилизирующегося содержания Fe на уровне 2,5 – 2,8 мг/л.

2) Применение Mn концентрата тонкого помола на операции окисления железа, которое приводит к полному окислению Fe, что в свою очередь, обеспечивает более полное осаждение железа после корректировки pH в сравнении со стандартным режимом.

3) Применение Mn концентрата тонкого помола на операции окисления Fe во время комбинационной реакции обеспечивает след результаты и преимущества:

a. Уже после стадии очистки с BaS уровень содержания Fe в HPMSM гарантированно ниже 10 ppm (стандартный HPMSM);

b. После дополнительной стадии очистки от Fe с H_2O_2 в лабораторных условиях получен HPMSM с содержанием Fe <1 ppm.

Список литературы

1. Проектно-учебная лаборатория экономической журналистики НИУ ВШЭ. Электромобили в России: драйвера развития и перспективы внедрения: официальный сайт. – Москва, 2023. -URL: <https://www.hse.ru/news/804540601.html> (дата обращения 18.10.2024).
2. Focus on developing the production of critical materials for electric vehicle batteries. Taza Metal Technologies. 2024. P. 45
3. Patent № 103011296 China. Production process for high purity manganese sulfate through reduction with pyrolusite powder as raw material: № 201210519841 заявл. 07.12.2012; опубл. 10.12.2014 / Nanfang Manganese Industry Group Co ltd. – с. 7
4. Patent № 101508467A China. Preparation of high purity manganese sulfate: № 2009100068889 заявл. 02.03.2009; опубл. 19.08.2009 / Hubei Kaiyuan Chemicals & Technology Co Ltd. – с. 7.

УДК 658.51

Рогачёва А.Р., Богомолов Б.Б.

Структурное моделирование проектирования узла электрофлотации системы водоочисткиРогачёва Алёна Романовна – студент; 190162@muctr.ruБогомолов Борис Борисович – к.т.н., доцент кафедры; bogomolov.b.b@muctr.ru

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»,

Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9.

В статье рассмотрен метод электрофлотации как один из эффективных способов очистки сточных вод. В работе представлена методика моделирования процесса электрофлотации для его лучшего понимания. Созданы IDEF0 - диаграммы для наглядного отображения процесса электрофлотации на производстве.

Ключевые слова: электрофлотация, очистка, сточные воды, моделирование

Structural modelling of design of electroflotation unit of water treatment system

Rogacheva A.R., Bogomolov B.B.

The paper considers the electroflotation method as one of the effective methods of wastewater treatment. The paper presents a methodology of modelling the electroflotation process for its better understanding. IDEF0 - diagrams are created for visualisation of electroflotation process in production.

Keywords: electroflotation, treatment, wastewater, modelling

Введение

Для поддержания и сохранения экологического баланса окружающего мира огромное значение играет очистка сточных вод. В условиях постоянно развивающейся промышленности требуются эффективные, инновационные способы для их очистки. Существует несколько методов очистки сточных вод, применяемых на различных стадиях этого процесса. (табл.1)

Серьёзной проблемой в современных условиях является загрязнение сточных вод мелкими взвешенными частицами органических остатков и тяжёлыми металлами.

Очистка сточных вод от тяжелых металлов и мелких взвешенных частиц органических остатков представляет собой сложную задачу из-за проблемы, связанной с тем, что мелкий размер частиц создаёт

трудности очистки, а токсичность органических загрязнений или таких металлов, как, например, свинец, требуют быстроты процесса очистки большого объёма воды.

Основная часть

Одним из высокоэффективных способов очистки водных масс от трудноудаляемых загрязнений является метод электрофлотации, который основан на использовании электрического поля для удаления загрязнений из сточных вод. Он заключается в использовании наномасштабных пузырьков водорода и кислорода, которые образуются при электролизе воды на катоде и аноде соответственно. Эти пузырьки выполняют функцию агентов, которые притягивают примеси и помогают им подняться на поверхность водного раствора [1].

Таблица 2. Стадии очистки сточных вод

Очистка сточных вод	Определение	Методы, используемые на этапе очистки		
Механическая очистка	Предварительная очистка вод от мелко- и крупнодисперсных примесей	Отстаивание	Процеживание	Фильтрация
		Извлечение взвешенных твёрдых элементов	Пропускание водных масс через решётки и сита	Устранение мелких частиц с разным составом с помощью различных фильтров.
Физ.-хим. очистка	Удаление мелких частиц, а также щелочей и кислот	Коагуляция и флокуляция	Электрофлотация	Другие методы
		Устранение зарядов частиц с помощью коагулянтов и их удаление с помощью флокулянтов	Электролиз воды, при котором нерастворимые вещества удаляются с пузырьками водорода и кислорода	Адсорбция, притягивающая органические соединения; Экстракция, при которой экстрагент удаляется с загрязнениями; Эвапорация, когда пар уносит с собой летучие примеси; Использование ионитовых фильтров и др.

Продолжение таблицы 1

Биологическая очистка	Удаление загрязняющих органических соединений с помощью микроорганизмов	Аэробный	Анаэробный	Другие методы
		Разложение загрязнений с помощью бактерий в присутствии кислорода;	Разложение загрязнений с помощью бактерий в отсутствии кислорода;	Искусственное влаготведение, использующее биологические фильтры, использование гидропонных систем и т.д.
Дезинфекция	Обеззараживание сточных вод	Ультрафиолетовое облучение, хлорирование, озонирование, электролиз		

Электрофлотация может работать с высокой скоростью, что позволяет обрабатывать большие объемы сточных вод за короткий период времени, немаловажно, что данный метод задействует минимальное количество использования химических реагентов, только коагулянты и флокулянты, что делает этот метод более экологически чистым по сравнению с другими методами. Также, поскольку процесс электрофлотации способствует образованию пузырьков газа, это может уменьшить образование осадка и облегчить последующую обработку отходов[1].

Важное значение для процесса электрофлотации играют свойства сточных вод, которые очищают описываемым методом. При увеличении температуры воды до 70-80 °С происходит снижение перенапряжения водорода для большинства металлов, что приводит к уменьшению вязкости жидкости и поверхностного натяжения на границе фаз и способствует более интенсивному процессу электрофлотации. Для более интенсивной очистки водных масс от различных примесей необходимо содержание в них флокулянтов в количестве 1-3 мг/л на 1500-2200 мг/л взвешенных частиц[2]. Большое значение играет содержание ПАВ, которые работают в количестве от 2 до 10 мг/л[3]. Также одним из важнейших этапов перед началом процесса

электрофлотации является регулирование pH воды. При повышенном pH электрофлотация может быть менее эффективной из-за образования осадка и плохой ионной дисперсии. С другой стороны, при низком pH могут возникнуть проблемы, такие как коррозия электродов и низкая эффективность процесса. Поэтому оптимальное pH для электрофлотации лежит в диапазоне от 6 до 10, в зависимости от конкретных условий и типов загрязнений в сточной воде[1-2].

Электрофлотация должна обеспечивать допустимое качество сточных вод, спускаемых в открытые водоёмы после их очистки. Т.е. такие водные массы не должны содержать более 500 мг/л взвешенных и всплывающих веществ, содержать вещества, способные засорять сети или отлагаться на стенках труб, содержать вредные вещества, препятствующие биологической очистке сточных вод или сбросу в водоем, иметь температуру выше 40°C[4].

Электрофлотация сточных вод включает несколько стадий, таких как формирование дисперсной фазы, образование пузырьков, формирование газовых флокул, переход этих флокул на поверхность воды, образование пены на поверхности воды[5]. Для структурирования общей информации об этих этапах построен информационный объект структуризации процесса электрофлотации(табл.2).

Таблица 3. Информационный объект структуризации процесса электрофлотации

Этап	Описание этапа	Ресурсы проведения этапа
Предварительная обработка сточных вод	Формирование дисперсной фазы, посредством процессов коагуляции или флокуляции для более успешного последующего удаления примесей.	1.Коагулянты 2.Загрязнённая сточная вода 3.ГОСТ Р 51642-2000 «Коагулянты для хозяйственно-питьевого водоснабжения.» 4. Перемешивающие устройства 5. Компьютерное ПО
Образование пузырьков	Образование газовых пузырьков с помощью процессов на электродах: 1. $pH \leq 7$: Анод: $3H_2O \rightarrow \frac{1}{2}O_2 + 2H_3O^+ + 2e^-$ Катод: $2H_3O^+ + 2e^- \rightarrow H_2 + 2H_2O$ 2. $pH > 7$: Анод: $2OH^- \rightarrow \frac{1}{2}O_2 + 2e^- + H_2O$ Катод: $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$	1.ИТС 36-2017 «Обработка поверхностей и пластмасс с использованием электролитических или химических процессов» 2. N 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" 3. Электрофлотатор 4. Компьютерное ПО 5. Производственные инструкции

Продолжение таблицы 2

Формирование газовых флокул	Процесс образования мелких частиц вещества в большие скопления (флокулы)	1.Сульфидные реагенты 2.ПАВ 3.Воздушные насосы
Переход флокул на поверхность воды	По мере подъема к поверхности воды газовых пузырьков, они захватывают флокулы, поднимая загрязнения наверх.	1.Сульфидные реагенты 2.Воздушные насосы
Образование шлака и его удаление	Образование трёхфазной пены «частица-пузырьки газа-вода» на поверхности воды и удаление примесей с поверхности с последующей проверкой качества очищенной воды.	1.N 416-ФЗ. «О водоснабжении и водоотведении» 2. Щётки и скребки
Проверка качества воды	Снятие проб и проверка качества воды на соответствие ГОСТам	1.ГОСТ Р 58556-2019 "Оценка качества воды водных объектов с экологических позиций" 2.Аналитическое оборудование

Моделирование технологического узла электрофлотации поможет свизуализировать последовательность действий, ресурсы, информацию и взаимодействие между различными частями процесса. Моделирование представляет собой анализ объектов через их абстрактные представления; создание и изучение упрощенных аналогий реальных объектов, процессов или явлений с целью объяснения этих явлений и предсказания интересующих исследователя явлений.

Основной методикой при построении структурной модели ХТС является процедура формирования модели бизнес-процесса в нотации диаграммы IDEF0, которая состоит из следующих основных этапов:

В начале разработки бизнес-процесса ХТС контекстная диаграмма отражает взаимодействие с окружающим миром через входные (данные или объекты, потребляемые или изменяемые в ходе процесса), выходные (основной результат деятельности), управляющие (стратегии и алгоритмы) и ресурсные элементы.

На последующем этапе организационно-технологического моделирования контекстная диаграмма разделяется на основные функции, затем эти функции разбиваются на более мелкие – до достижения необходимого уровня детализации описания. Каждая функция, подвергаемая декомпозиции, соответствует отдельной части описания – диаграмме. В итоге, модель представляет собой набор иерархически упорядоченных диаграмм, каждая из которых описывает определенную функцию, действие или работу[6].

Для лучшего восприятия и понимания процедуры электрофлотации представлены IDEF0-диаграммы процесса (Рис.1, Рис.2):



Рис.1. Контекстная IDEF0-диаграмма процесса электрофлотации на производстве.

Структурная модель формируется с учетом цикла Деминга, в соответствии с которым после каждого этапа выполняется контроль промежуточного результата процесса и в случае неудовлетворительного решения возможны его коррективы, что соответствует обратным связям на IDEF0-диаграмме. В структурной модели показаны основные материальные, технологические и эксплуатационные ресурсы проектирования узла электрофлотации и определена их роль в поиске решений: переменные ресурсы, постоянные ресурсы или ограничения. Распределение информационных потоков на диаграмме показывает также форму представления ресурсов в проектировании ХТС (исходные данные, результаты, переменные, константы, управление)

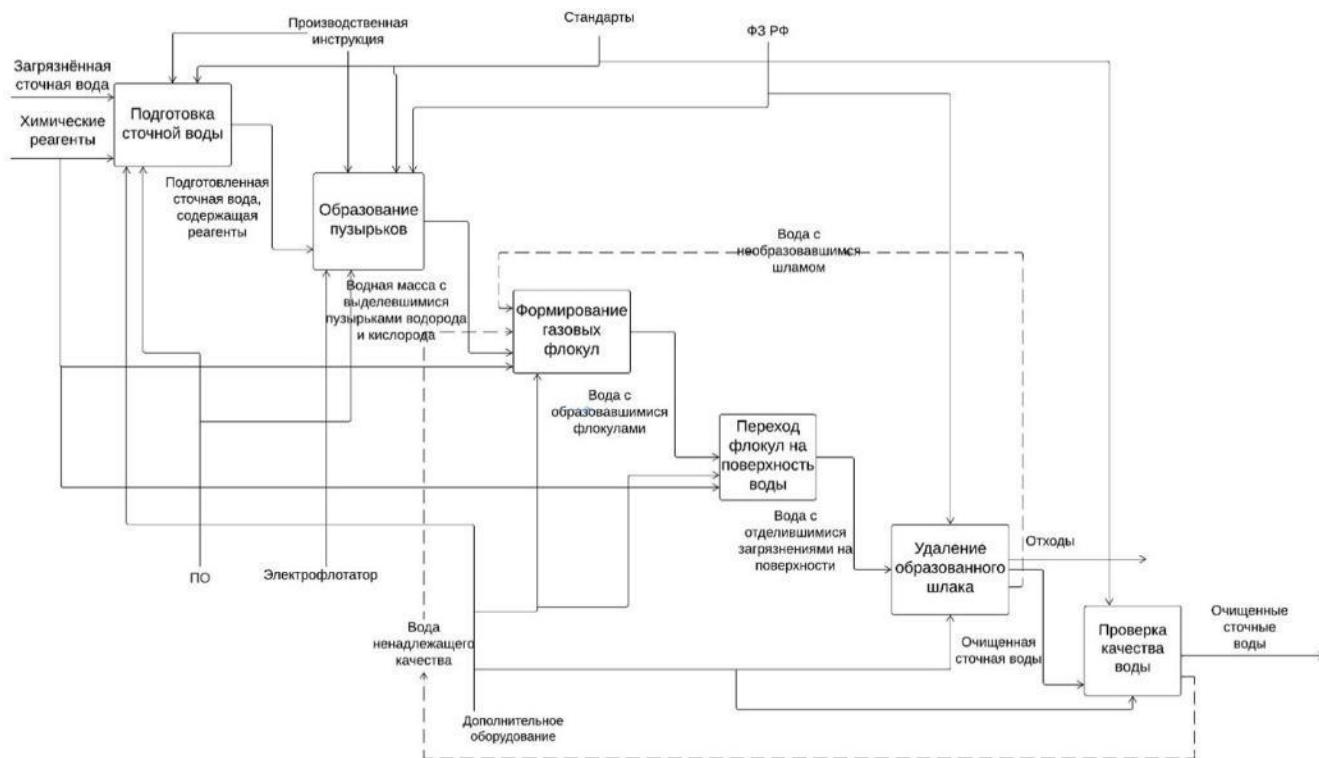


Рис.2. IDEF0-диаграмма для процесса электрофлотации на производстве.

Заключение

Моделирование производственного процесса с помощью построения IDEF0-диаграмм является полезным инструментом для описания документации при управлении проектами в различных областях. Оно позволяет подробно изучить структуру и функционирование процесса, что в свою очередь упрощает проведение анализа, оптимизацию и управление им, а также помогает в случае реорганизации или реинжиниринге производства.

Список литературы

1. Колесников В.А., Ильин В.И., Капустин Ю.И. и др. Электрофлотационная технология очистки сточных вод промышленных предприятий / Под. ред. Колесникова В.А. М.: Химия, 2007.
2. Колесников В.А., Ильин В.И., Колесников А.В. Электрофлотация в очистке сточных вод от нефтепродуктов, красителей, ПАВ, лигандов и биологических загрязнений // Теоретические основы химической технологии. 2019. Т. 53. № 2. С. 205-228

3. ГОСТ Р 51642-2000 Коагулянты для хозяйственно-питьевого водоснабжения: Введ.2000-09-11. – М.: Изд-во стандартов, 2011. – 11 с.

4. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения: федер. закон Рос. Федерации от 30.03.1999 г. № 52-ФЗ (ред. от 24.07.2023 г.) // КонсультантПлюс [сайт].- URL:https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22481/bb9e97fad9d14ac66df4b6e67c453d1be3b77b4c/

5. Сантехника. Отопление. Кондиционирование. [Электронный ресурс]. – официальный сайт. – Москва, 2002. – URL: <https://www.c-o-k.ru/articles/tehnologicheskij-raschet-ustanovok-elektroflotacii-vody>

6. Организационно-экономическое моделирование: моделирование бизнес-процессов: учебное пособие / Б. Б. Богомолов; М-во образования и науки Российской Федерации, Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева. – Москва: РХТУ, 2011

УДК 677.074

Стародубцева Н.Ю., Зверева О.В., Соловьева О.Р.

Современные приборы для мониторинга водных объектов

Стародубцева Надежда Юрьевна – бакалавр 4-го года обучения; 211268@muctr.ru;

Зверева Ольга Владимировна – ассистент кафедры ЛогЭКИ;

Соловьева Ольга Руслановна – бакалавр 4-го года обучения; ola_sol04@mail.ru;

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева»,
Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9.

В данной работе рассмотрен минимальный необходимый перечень приборов для выездного мониторинга на водные объекты. В статье проанализирована функциональность и портативность устройств. Обоснован выбор современных приборов оценки качества воды для оптимизации мониторинга.

Ключевые слова: анализ воды, контроль качества, мониторинг, современные приборы

Modern instruments for monitoring water bodies

Starodubtseva N.Yu., Zvereva O.V., Soloveva O.R.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russian Federation

This paper considers the minimum necessary list of devices for offsite monitoring of water bodies. The paper analyzes the functionality and portability of the devices. The choice of modern water quality assessment devices for optimization of monitoring is substantiated.

Keywords: water analysis, quality control, monitoring, modern devices

Введение

Мониторинг водных объектов представляет собой систему наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния водных объектов. Существует множество способов мониторинга состояния воды. Специалисты по мониторингу берут пробы воды, отложений и тканей рыб, чтобы определить ключевые показатели качества, таких как растворенный кислород, pH, ОВП, мутность [1, 9, 10]. Использование современных приборов для анализа водных объектов позволяет точно и быстро оценивать качество воды, определять ее загрязнители и контролировать эффективность очистительных процессов. Сочетание различных методов и приборов обеспечивает комплексный подход к мониторингу водных ресурсов, что особенно важно в условиях роста антропогенной нагрузки на окружающую среду.

Современные приборы и автоматизированные системы, такие как спектрофотометры, кондуктометры, титраторы и люминометры, существенно повышают точность и эффективность анализа [2]. Таким образом, выбор методов анализа и соответствующего оборудования зависит от целей мониторинга и свойств анализируемых водных объектов. Регулярный контроль с применением различных методов позволяет обеспечить результативное управление водными ресурсами, минимизировать воздействие на экосистемы и соблюдать принципы устойчивого развития. Поэтому в данной статье определен минимальный необходимый набор приборов для проведения экспресс-методов мониторинга качества водных объектах. Исследование направлено на выявление наиболее универсальных, компактных и экономически оправданных устройств,

обеспечивающих точность и оперативность измерений.

Основная часть

1. Люминометр System SURE Plus

Это небольшой по размеру и простой в использовании прибор (рис. 1.). Он позволяет мгновенно оценивать уровень гигиены различных поверхностей (в том числе воды). В основе работы люминометра лежит метод, основанный на люминесцентном определении количества внутриклеточного АТФ (аденозинтрифосфата – это универсальная энергетическая молекула, находящаяся во всех растительных, животных и бактериальных клетках, в том числе дрожжах и плесени). Он относится к скрининговым методам, позволяющим быстро и безопасно выявлять потенциально опасные биологические риски. В табл. 1. приведены основные характеристики Люминометра System SURE Plus.



Рис.1. Люминометр System SURE Plus [3].

Таблица 1. Основные характеристики Люминометра System SURE Plus [4]

Основные характеристики	
Цена	От 175 888 руб.
Диапазон измерений интенсивности люминесценции при разложении АТФ, с ⁻¹	от 0 до 9999
Предел относительного среднего квадратического отклонения измерений интенсивности АТФ, %	28
Время измерения, с	15
Габаритные размеры, мм, не более	72x191x32
Масса (с элементами питания), г, не более	260
Электропитание: В (батарейки)	от 1,2 до 1,5
Тип элемента питания (2 элемента АА)	LR6 или E91
Объем памяти, измерений	2000
Условия эксплуатации: Температура, °С	от +5 до +40
Относительная влажность, %	от 20 до 85

Способ использования Люминометра System SURE Plus: сначала необходимо взять с помощью тампона Ультраснап образец пробы с поверхности (10x10 см) или опустить резервуар Акваснап в исследуемую воду. Далее закрываем пробник, надламываем клапан и выдавливаем реагент. Потом помещаем пробирку в люминометр. Последним пунктом прибор обрабатывает полученные результаты.

2. Кислородометр АКПИМ-1-02Т.

Принцип работы анализатора АКПИМ-1-02Т основывается на электрохимических методах, которые позволяют быстро определять концентрацию кислорода в жидкости. Для выполнения процесса требуется использование такого явления, как диффузия. При выполнении исследования имеющийся в составе жидкой среды кислород поступает в прибор, после чего на встроенных электродах образуются электрические токи. Исходя из полученных параметров, за счет использования автоматизированного цифрового преобразователя осуществляется расчет показателя концентрации газа в воде. Как только будет выполнено преобразование сигнала, полученная информация относительно концентрации кислорода в исследуемой жидкости выводится на встроенный дисплей устройства. Внешний вид прибора и его основные характеристики приведены на рисунке 2 и в таблице 2.



Рис.2. Кислородометр АКПИМ-1-02Т [5]

Таблица 2. Основные характеристики Кислородометра АКПИМ-1-02Т [6]

Основные характеристики	
Цена	От 134 400 Р
Диапазон измерений:	
- концентрации кислорода, мкг/дм ³	0,1 - 20000
- концентрации кислорода, мг/дм ³	0,01 - 100
- парциального давления кислорода, мм рт. ст.	0,1 - 2000
- парциального давления кислорода, кПа	0,0001 - 200
- температуры анализируемой жидкости, °С	от 0 до +50
Пределы допускаемой погрешности кислородометра АКПИМ-1-02Т (АКПИМ-02Т) при измерении:	
- в диапазоне (0 - 2000) мкг/дм ³	± (1 + 0,025*А)
- в диапазоне (2 - 20) мг/дм ³	± 0,025*А
- в диапазоне (0 - 20) кПа	± (0,001 + 0,01*А)
- в диапазоне (20 - 200) кПа	± 0,02*(А - 10)
- в диапазоне (0 - 200) мм рт. ст.	± (0,2 + 0,01*А)
- в диапазоне (200 - 2000) мм рт. ст.	± 0,022*(А - 100)
- температуры, °С	± 0,3
Время установления 95 % показаний при скачкообразном изменении концентрации кислорода при +25 °С, с, не более	30
Время установления рабочего режима после включения, мин, не более	5
Срок службы амперометрического сенсора	не ограничен
Потребляемая АКПИМ-1-02Т (АКПИМ02Т) мощность, В·А, не более	2
Напряжение питания	аккумулятор, адаптер
Масса анализатора АКПИМ-1-02Т (АКПИМ 02Т), кг, не более	1

*А - показания анализатора в выбранной единице измерения.

Переносной анализатор АКПИМ-1-02Т (АКПИМ 02Т) также может использоваться в автоматизированных системах управления и контроля технологическими процессами в пищевой, химической, микробиологической, фармацевтической и микроэлектронной.

3. PC213 Карманный мультипараметровый (рН/ЕС/ТДС/Сол. /Темп.).

Карманный мультипараметровый прибор PC213 предназначен для одновременного измерения рН, ЕС, ТДС, солености и температуры быстро, точно и надежно (рис. 3.). PC213 имеет большой и четкий экран с широким углом обзора и 2-цветной подсветкой (указывающей 2 разных режима), двустрочный дисплей с индикацией завершенных калибровок и стабильных показаний. Полный комплект включает все необходимые компоненты, включая готовые к использованию калибровочные растворы, калибровочные бутылки, растворы для хранения, батарейки ААА и ремешок. Комплект

поставляется в кейсе для переноски. (табл. 3.)



Рис. 3. PC213 Карманный мультипараметровый (pH/EC/TDS/Сол./Темп [7])

Таблица 3. Основные характеристики PC213 Карманного мультипараметрового прибора [7, 8].

Основные характеристики	
Цена	От 31 560 Р
Номер в госреестре СИ	90042-23
Диапазон измерения температуры, °C	0 ÷ 50
Тип прибора	Портативный
Диапазон измерения pH	-2 ÷ 16
Измерение солесодержания (TDS)	0,0001 - 10 г/л
Измерение электропроводности (УЭП)	0 - 20 мСм/м
Измеряемые величины	pH; Электропроводность; TDS; Температура; Соленость
Класс защиты	IP67
Наличие рег. удостоверения	Нет
Гарантия (мес.)	12
Страна производитель	Китай
Габаритные размеры, мм	40x40x178
Вес нетто, кг	0.133
Диапазон температур:	от 0 до 50°C
Питание:	DC3V, батареи AAA*4

Принцип действия канала измерения pH, ОВП – потенциометрический, основанный на измерении разности потенциалов измерительного электрода и электрода сравнения в датчике, при погружении их в анализируемый водный раствор. Принцип действия измерительного канала УЭП и общей минерализации (условно по NaCl) основан на измерении сопротивления между электродами в кондуктометрическом датчике, возникающем при погружении в анализируемую среду. Принцип действия измерительного канала температуры основан на преобразовании электрического сигнала

от датчика, сопротивление которого изменяется при изменении температуры жидкости, пропорционально измеряемой температуре. Принцип действия каналов измерений массовой концентрации растворенного в воде кислорода и мутности – оптический. Принцип действия измерительного канала ЭДС основан на измерении разности потенциалов между электродами в датчике, возникающем при погружении в анализируемую среду. В анализаторах предусмотрена автоматическая термокомпенсация измерений.

Таким образом, предложенный минимальный набор приборов для экспресс-методов мониторинга водных объектов включает в себя три ключевых устройства: люминометр System SURE Plus, кислородометр АКПМ-1-02Т и карманный мультипараметровый прибор PC213. Этот комплект предоставляет все необходимые инструменты для быстрого и точного контроля качества воды.

Люминометр System SURE Plus — прибор, предназначенный для определения микробиологической активности воды. Он измеряет люминесценцию, вызванную присутствием живых микроорганизмов, что позволяет оперативно оценить степень загрязненности воды и своевременно выявить возможные угрозы, связанные с микробным загрязнением. Высокая чувствительность прибора обеспечивает точность и достоверность данных, что крайне важно для предотвращения загрязнения воды патогенными микроорганизмами.

Кислородометр АКПМ-1-02Т — устройство для измерения растворенного кислорода в воде. Это ключевой показатель для оценки состояния воды, поскольку недостаток кислорода может свидетельствовать о нарушениях в экосистеме или о возможных проблемах с водоочисткой. Быстрая и точная регистрация уровня кислорода позволяет оперативно регулировать процессы аэрации и другие технологические параметры, минимизируя риски для качества воды.

Карманный мультипараметровый прибор PC213 — прибор для измерения нескольких параметров воды одновременно, таких как pH, температура, содержание хлора, проводимость и другие химические показатели. Этот прибор удобен в использовании, компактный и позволяет получить множество данных за короткое время, что делает его незаменимым инструментом для оперативного контроля качества воды на водных объектах.

Стоимость набора, составляющая 341 848 рублей, является обоснованной с учетом высокой точности измерений, мобильности и простоты использования приборов. Этот комплект является оптимальным решением для организаций, которые стремятся обеспечить качественный и своевременный мониторинг водных объектов, минимизируя риски загрязнения и улучшая эксплуатационные характеристики водоснабжения.

Заключение

Вместе эти приборы дают комплексную картину состояния воды, позволяя оперативно

выявлять проблемы на водных объектах и быстро реагировать на изменения. С их помощью можно контролировать не только биологическую и химическую безопасность воды, но и её физико-химические характеристики.

Список используемой литературы

1. Цикуниб, А. Д. Экологический мониторинг содержания селена в питьевой воде / А. Д. Цикуниб, С. А. Гончарова // Наука: комплексные проблемы. – 2019. – № 1(13). – С. 174-176.
2. Котова, А. Д. Современные приборы для измерения качества воды / А. Д. Котова // Электротехнологии АПК 2023 : Сборник тезисов V ежегодной студенческой научно-технической конференции, Новосибирск, 24 апреля – 26 2023 года. – Новосибирск: Издательский центр Новосибирского государственного аграрного университета "Золотой колос", 2023. – С. 37.
3. Центр лабораторного оборудования «NV-LAB»//URL: https://www.nv-lab.ru/catalog_info. (дата обращения: 12.12.2024).
4. Экологические приборы и оборудование «ЭКО-ИНТЕХ» // URL: <https://eco-intech.com/product/lyuminometr-systemsure-plus-pribor-dlya-monitoringa-gigieny/> (дата обращения: 12.12.2024).
5. Приборы газового анализа «ГАЗОАНАЛИТ» // URL: <https://gazoanalit.ru/catalog/perenosnye/analizator-akpm-1-02g/> (дата обращения: 12.12.2024).
6. Газоанализаторы ООО «АналитТеплоКонтроль» // URL: <https://gazoanalizators.ru/catalog/gazoanalizatory/perenosnye> (дата обращения: 12.12.2024).
7. Интернет-магазин «Олдис», заказ лабораторного оборудования // URL: https://novapribor.ru/catalog/laboratornoe_oborudovanie/multiparametrovye_pribory/ (дата обращения: 12.12.2024).
8. Заказ лабораторного оборудования «ЭКО сфера» // URL: <https://ekosf.ru/product/pc213/>
9. Особенности физико-химического анализа основных компонентов в природных водах и их влияние на биосферу: учеб. пособие / Ю. М. Аверина, А. Ю. Курбатов, О. В. Зверева, М. А. Ветрова, Д. Ю. Жуков, Е. Н. Кузин. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2019. – 92 с.
10. Методы контроля качества воды / Ю. М. Аверина, М. А. Ветрова, Е. О. Рыбина, А. А. Чумакова // Успехи в химии и химической технологии. – 2019. – Т. 33, № 3(213). – С. 25-27.

УДК 658.51

Рогачёва А.Р., Богомолов Б.Б.

Моделирование бизнес-процесса проверки качества воды в технологии флотационной очистки сточных водРогачёва Алёна Романовна – студент; 190162@muctr.ruБогомолов Борис Борисович – к.т.н., доцент кафедры; bogomolov.b.b@muctr.ru

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»,

Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9.

В статье рассмотрен процесс очистки сточных вод с помощью метода флотации как один из перспективных способов очистки сточных вод, а также рассматривается этап проверки качества обработанной воды. В работе представлена методика моделирования бизнес-процесса проверки качества вод в технологии флотации. Создана IDEF3 – диаграмма для наглядного отображения стадий контроля качества обработанных сточных вод

Ключевые слова: флотация, очистка, сточные воды, моделирование, проверка качества

Modeling of the business process of water quality control in the technology of flotation wastewater treatment

Rogacheva A.R., Bogomolov B.B.

The article considers the process of wastewater treatment using the flotation method as one of the promising methods of wastewater treatment, and also considers the stage of checking the quality of treated water. The paper presents a methodology for modeling the business process of water quality control in flotation technology. An IDEF3 diagram has been created to visually display the stages of quality control of treated wastewater

Keywords: flotation, purification, wastewater, modeling, quality control

Введение

Технология флотации для очистки сточных вод на сегодняшний день становится всё более популярной. Эффективность внедрения флотатора в технологический процесс очистки воды и применение данного вида её обработки в таких ключевых сферах, как подготовка вод для повторного использования в быту и на производствах, экология, промышленность, свидетельствуют о высоком интересе к изучению, модернизации и развитию технологии флотации. В России наблюдается активное внедрение флотационных систем, которые отличаются массой преимуществ, основными из которых являются высокая производительность и надёжность[1].

Важнейшим шагом в процессе очистки сточных вод с помощью флотатора является проверка их качества после обработки. Данный этап позволяет определить степень очистки и соответствие воды установленным стандартам. Главной задачей контроля качества является разработка эффективных методик, которые позволят точно оценивать физико-химические свойства очищенной воды, а также ее пригодность для дальнейшего использования или сброса[1].

Для визуализации процесса проверки качества обработанных сточных вод после процесса флотации хорошим инструментом является построение IDEF3-диаграммы, которая поможет чётко установить необходимые для определения качества воды действия и их последовательность [2].

Основная часть

Процедура процесса проверки качества очищенных сточных вод в технологии флотации базируется на стандартном процессе проектирования. Для этого этапа разрабатывается IDEF3-диаграмма, которая является понятной для усвоения организационно-экономической моделью[3]. На

диаграмме представляется информация о процессах, связанных с производством товаров, предоставлением услуг и выполнением других работ. В данном случае, метод IDEF3 направлен на описание последовательности выполнения работ и объектов, вовлечённых в процесс проверки качества обработанных сточных вод[4]. Важно, что диаграмма также включает ссылки на объекты, которые не относятся непосредственно к выполняемой работе, но играют важную роль в реализации бизнес-процесса, к ним относятся информационные и организационные ресурсы[3].

Моделирование процесса оценки качества сточных вод тесно связано с понятием менеджмента качества, а именно с **разработкой процедур управления изменениями продукции и услуг**, обеспечивающей быстрое реагирование на постоянно меняющиеся потребности потребителей и требования производств.

В результате моделируемого бизнес-процесса показатели качества составляют следующий список[5]:

1. Соответствие требованиям и стандартам:

- Выполнение требований ТЗ:
Эффективность очистки сточных вод установкой для разных загрязнителей должна быть не менее:
Нефтепродукты – 95%
Взвешенные вещества – 90%
Жиры – 90%
ХПК – 60%
БПК – 60%,
рН воды до 9
- Выполнение требований технологического регламента очистки сточных вод
- Выполнение государственных нормативов качества и безопасности (СанПиН 2.1.5.980-00,

Постановление Правительства РФ №728, ГОСТ Р 70722-2023)

2. Качество очищенной воды (СанПиН 2.1.5.980-00)[6]:

- Взвешенные вещества: до **300 мг/дм³**
- Водородный показатель (рН): 6,5 - 8,5
- Минерализация воды: до 1000 мг/дм³, в том числе: хлоридов – 350; сульфатов – 500 мг/дм³
- Растворенный кислород: более 4 мг/дм³
- ПДК нефтепродуктов: **10 мг/дм³**
- ПДК жиров: **50 мг/дм³**

3. Документационное оформление результатов проведения проверки качества очищенных сточных вод:

- Протокол о соответствии качества в случае успешного проведения испытаний

- Протокол о несоответствии качества воды установленным требованиям и составление рекомендаций по улучшению качества сточных вод

4. Мероприятия по управлению качеством:

- Связь показателей качества очищенных сточных вод с конструкционными особенностями флотатора

- Связь показателей качества очищенных сточных вод с ресурсами и параметрами процесса флотационной обработки воды

И т.д.

Ниже представлена IDEF-3 «Проверка качества сточной воды в технологии флотационной очистки сточных вод» (Рис.1).

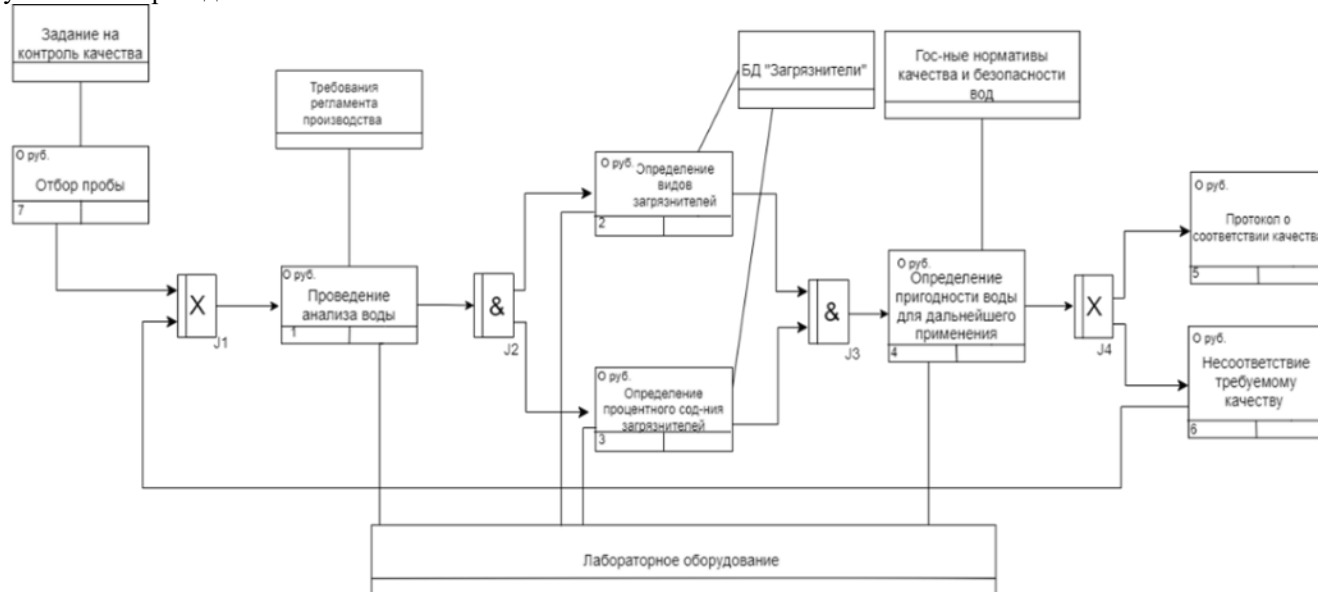


Рис. 1. IDEF3-диаграмма "Проверка качества сточной воды в технологии флотационной очистки сточных вод"

Рассмотрим диаграмму подробнее:

В соответствии с регламентом работ определённого подразделения разрабатывают проектное задание и формируют задание на контроль качества воды, первый этап которого обозначается как отбор пробы. После следует вход «Проведение анализа воды», перед которым предусмотрен перекрёсток типа «исключающее ИЛИ», суть которого заключается в повторном анализе воды в случае каких-либо нарушений (обратная связь)[4].

Проведение анализа делится на два этапа: «Определение видов загрязнителей» и «Определение процентного содержания загрязнителей». «Асинхронное И» на входе в эти работы соответствует требованию запуска двух работ при проведении анализа воды. «Асинхронное И» на выходе из них соответствует требованию к завершению всех работ до начала следующего шага, называемого «Определение пригодности воды для дальнейшего использования»[4].

В результате определения пригодности воды для дальнейшего использования в случае успешного проведения анализа и подтверждения соответствия проб воды требуемым характеристикам составляют

протокол о соответствии качества. В случае неправильно проведённого анализа, несоответствии качества воды требованиям происходит возврат на этап «Проведение анализа воды». Для отображения этой ситуации на выходе работы «Определение пригодности воды для дальнейшего использования» размещён перекрёсток «исключающее ИЛИ»[5].

В ходе выполнения этапа «проведение анализа воды» используются база данных о загрязнителях и требования регламента производства. Обязательным является выполнение государственных нормативов качества и безопасности вод при определении пригодности воды для дальнейшего использования. В связи с этим на диаграмме IDEF3 выделяются соответствующие блоки[5].

Для повышения эффективности проектных решений и организации работ ключевую роль играет программное обеспечение, предназначенное для поддержки принятия решений и оптимизации процессов. Использование таких программ способствует снижению количества проектных ошибок и уменьшению влияния человеческого фактора при решении необходимых задач[4]. На диаграмме

IDEF3 данному программному обеспечению соответствует отдельная ссылка[5].

Итак, процесс разработки IDEF3 для проверки качества сточной воды в технологии флотационной очистки сточных вод предоставляет возможность для выявления проблем, имеющих место при проверке качества воды, оптимизации процедуры и повышения эффективности очистки.

По результатам проверки качества в бизнес-процессе даются рекомендации по изменению параметров главного переменного ресурса, в данном случае флотатора, так как качество очищенной воды напрямую зависит от параметров работы флотатора. Если в системе менеджмента качества эти параметры гарантируют достижение определенных стандартов качества воды, то процесс проверки должен включать оценку влияния ресурсов флотации на результаты процесса очистки[5].

Примеры зависимости параметров и ресурсов флотатора на качество очистки сточных вод представлены ниже:

- Настраиваемая скорость потока воды во флотаторе: если скорость слишком высокая, это может привести к недостаточному контакту загрязняющих веществ с пузырьками, что снижает эффективность удаления, если слишком низкая – к нарушению физико-химических процессов.
- Скорость подачи воздуха: чем выше скорость подачи воздуха, тем большего размера образуются пузырьки. Мелкие пузырьки обеспечивают лучшее прилипание к частицам загрязняющих веществ.
- Концентрация реагентов: неправильная дозировка коагулянтов и флокулянтов может привести к недостаточному удалению твердых частиц и органических загрязнителей.
- Вид и качество реагентов: неподходящий вид коагулянтов и флокулянтов, а также плохое качество реагентов может привести к недостаточной коагуляции и флокуляции, что способствует невозможности образования крупных флоккул и изменению pH очищенных сточных вод.
- Способ образования пузырьков во флотаторе: способ образования пузырьков в процессе флотации может быть вакуумным, напорным и т.д. В конструкции флотатора часто предусматривается выбор между разными способами очистки. Выбор типа процесса очищения зависит от показателей загрязнений поступающих сточных вод и требований очистки.

Таким образом, в бизнес-процессе проверки качества воды не только оцениваются показатели качества, но и формируются рекомендации по изменению параметров работы или ресурсов флотатора. Это создаёт улучшения, связанные с использованием данных о качестве воды для оптимизации процессов, что является важным элементом системы менеджмента качества.

Заключение

Моделирование бизнес-процессов на этапе контроля качества сточных вод в технологии

флотационной очистки является важным инструментом для оптимизации производственных процессов. Использование современных подходов к моделированию открывает новые возможности для инноваций в области очистки, что, в свою очередь, способствует улучшению конкурентоспособности конечного продукта.

Моделирование помогает выявить потенциальные риски какого-либо бизнес-процесса, что является критическим элементом менеджмента качества. Это позволяет заранее разрабатывать меры по их минимизации и улучшению надёжности процессов, даёт возможность изучать влияние различных факторов на процесс контроля качества и формировать обоснованные прогнозы относительно будущих результатов.

Следует подчеркнуть, что моделирование является лишь одним из средств совершенствования процесса, требующим постоянного обновления и адаптации к изменениям в производственной среде и технологическом прогрессе.

Представленная модель бизнес-процесса оценки качества сточных вод может использоваться для любых способов очистки воды.

Список литературы

1. Флотационная очистка сточных вод / Н. А. Третьякова, Ю. С. Мороз, А. В. Никулин, Е. А. Кузнецова // Система управления экологической безопасностью: сборник трудов XIV международной научно-практической конференции. – Екатеринбург: УрФУ, 2020. – с. 201-205.
2. Сорокин М. А. Использование IDEF-моделей при анализе процессов контроля и испытаний продукции массового производства // Известия вузов. Машиностроение. – 2011. – №7. – С. 12–17.
3. Долганова О. И., Виноградова Е. В., Лобанова А. М. Моделирование бизнес-процессов: учебник и практикум для вузов. – М.: Изд-во Юрайт, 2023. – 289 с
4. Организационно-технологическое моделирование химико-технологических систем / Б. Б. Богомолов, Е. Д. Быков, В. В. Меньшиков, А. М. Зубарев // Теоретические основы химической технологии. – 2017. – Т. 51, № 2. – С. 221–229.
5. Организационно-экономическое моделирование: моделирование бизнес-процессов: учебное пособие / Б. Б. Богомолов; М-во образования и науки Российской Федерации, Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева. – Москва: РХТУ, 2011
6. СанПиН 2.1.5.980-00.2.1.5. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Санитарные правила и нормы: утверждены Главным государственным санитарным врачом РФ 22 июня 2000 года (с изм. от 04.02.2011, с изм. от 25.09.2014): введен 1 января 2001 года // КонсультантПлюс: справочная правовая система. – Москва, 1997.

УДК 355.242.4

Верхососова А.И., Аверина Ю.М., Зверева О.В.

Анализ перспективности широкого применения альтернативных видов топливных ресурсов на территории России

Верхососова Анастасия Игоревна – студент; verkhososova@gmail.com.

Аверина Юлия Михайловна – к.т.н., заведующий кафедрой логистики и экономической информатики;

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»,

Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9; averina.i.m@muctr.ru

Зверева Ольга Владимировна – ассистент кафедры логистики и экономической информатики;

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»,

Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9; zvereva.o.v@muctr.ru

В данной статье рассматриваются различные альтернативные виды топлива и их экологические, экономические и практические аспекты. Представлен анализ перспективности применения альтернативных моторных топлив на российском рынке. Каждый вид топлива проверен на соответствие критериям целесообразности применения в массовом производстве.

Ключевые слова: альтернативные источники энергии; моторное топливо, природный газ, этанол.

Analyzing the prospects for the wide application of alternative fuel resources in Russia

Verkhososova A. I., Averina J. M., Zvereva O.V.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russian Federation

This article discusses various alternative fuels and their environmental, economic and practical aspects. It analyzes the prospects of alternative motor fuels application on the Russian market. Each type of fuel is tested for compliance with the criteria of feasibility of application in mass production.

Key words: alternative energy sources; motor fuel, natural gas, ethanol.

Введение

Вопрос о создании альтернативного вида топлива для моторных двигателей был поставлен еще в середине 20-го века, однако технологии того времени не позволили этому направлению развиваться в широком масштабе. В настоящее время топливо для автомобильных моторов производится преимущественно из нефти, так как она обладает рядом преимуществ:

1) Нефть наиболее эффективный источник энергии. Для сравнения, минимальная теплота сгорания угля составляет 29,3 МДж/кг, в то время как этот же показатель у нефти находится на уровне 41 МДж/кг.

2) Нефть удобна при транспортировке. Залежи нефти находятся в жидкой фазе, благодаря этому её удобно извлекать и транспортировать по трубопроводам в разные страны, в разном виде. Она легко поддается химическим превращениям.

3) Самое главное преимущество – относительно дешевая себестоимость по оценке цена/качество.

Несмотря на свои преимущества, топливо из нефти сейчас отходит на второй план из-за более явных и весомых недостатков. Нефть относится к конечным, ископаемым и невозобновляемым энергоресурсам. Иными словами, её запасы ограничены и, учитывая, что в мире добывается и потребляется (промышленностью и автомобилями) порядка 127 тонн нефти каждую секунду, они будут исчерпаны к середине нашего столетия. При этом количество единиц автомобилей растет с каждым годом [1]. Главный отрицательный фактор – экологический вред. По подсчетам, на гражданина Российской Федерации

от различных видов транспорта приходится по 180 кг вредных веществ ежегодно. По оценкам ученых настоящий уровень загрязнения атмосферы приводит к росту различных заболеваний и сокращения продолжительности жизни в среднем на пять лет. Отчеты Минприроды РФ это подтверждают: «Загрязнение атмосферного воздуха... негативно сказывается на здоровье россиян. За последние пять лет заболеваемость хроническим бронхитом среди взрослого населения увеличилась в 1,7 раза, жалобы граждан на приступы удушья увеличились на 30%. Заболеваемость среди детей увеличилась в 1,5 раза... 10-15 млн граждан проживают в районах избыточного загрязнения атмосферного воздуха, а численность населения в районах, где уровень шума превышает допустимые нормы, составляет 30 млн человек» [2]. С начала столетия ученые всего мира бьют тревогу о предстоящих экологических катастрофах, которые постигнут человечество в случае отказа от альтернативных видов топлива. Возможно только истощение запасов и прямое отсутствие ископаемого топлива заставит людей поменять приоритеты. Основными критериями применимости и практичности использования новых видов топлива являются: прекращение использования невозобновляемых источников энергии, высокая экономическая эффективность, экологическая безопасность, значительная сырьевая база. В настоящее время внимание ученых сосредоточено на поиске альтернативы, отвечающей всем критериям [3].

Аналитическая часть

Синтетический бензин и ДМЭ (диметилловый эфир). Альтернатива синтетическому бензину может

быть представлена в виде синтетической нефти. Синтетическая нефть, в отличие от минеральной нефти, производится путем специального процесса, зачастую он основан на синтезе Фишера-Тропша. Это каталитическая химическая реакция, в ходе которой природный газ превращается в синтез-газ (CO и H_2), а он в свою очередь превращается в смесь углеводородов, по составу схожую с бензином. Синтетический бензин производят из ископаемых источников энергии, таких как ПНГ, газ или уголь, поэтому данный способ получения топлива нельзя назвать более экологичным, чем переработка нефти.

Метанол. Метиловый спирт в качестве топлива для ДВС обладает рядом преимуществ: его теплота сгорания составляет 22,7 МДж/кг, что в 2 раза меньше, чем у бензина; его октановое число выше 114,1, в то время как у бензина оно равно 96; также метанол обладает меньшей пожароопасностью. Тем не менее использование метанола в массовом производстве ограничено в развитых странах в виду его высокой токсичности. Как топливо метиловый спирт применяют только в гоночных болидах, то с 2022 года команды Формулы 1 переходят на топливную смесь бензина и биоэтанола. На территории Российской Федерации метанол производят преимущественно для газовой промышленности, так как он способствует снижению температуры конденсации примесей в природном газе. Как топливо для двигателей внутреннего сгорания метанол, в силу своей токсичности, не пригоден [4].

Электрический и гибридный привод. Интерес к экологически чистой энергии, включая солнечные панели и ветряные турбины, привел к вопросу о повышении экологичности наземного транспорта и появлению электромобилей. Современные технологии позволяют использовать батареи, которые увеличивают интервал между зарядками и сокращают время самой зарядки, продлевая срок службы и снижая стоимость аккумуляторов. Они обеспечивают пробег до 150 километров на одном заряде и требуют раз в три года замены аккумулятора. Технологии постоянно совершенствуются, однако экологически чистые методы зачастую оказываются весьма затратными и не могут быть применены к двигателям внутреннего сгорания (ДВС), что значительно усложняет переход от бензина к электричеству. Цены на электромобили значительно выше, чем на бензиновые автомобили, что ограничивает их доступность для потребителей. Гибридные автомобили, которые объединяют электродвигатели и ДВС, могут стать разумным компромиссным решением. В таких транспортных средствах электричество используется для движения в городских условиях, что помогает уменьшить негативное воздействие на окружающую среду. Тем не менее, в России практически не ведутся разработки современных гибридных электромобилей [5].

Водород и автомобили на топливных элементах. Топливный элемент представляет собой устройство, которое генерирует электроэнергию в автомобиле через реакцию обратного электролиза. В ходе этой реакции электрический ток вырабатывается за счет

взаимодействия водорода с кислородом, а побочным продуктом является вода. В настоящее время по всему миру активно обсуждаются перспективы развития водородной энергетики и использование водорода в качестве топлива для топливных элементов. Многие автопроизводители, особенно те, которые зависят от импорта нефти, инвестируют в разработку топливных элементов. Однако стоимость автомобилей, оснащённых такими элементами, превышает 1 миллион долларов США, что делает их недоступными для большинства потребителей. Использование топливных элементов также приводит к увеличению массы и габаритов автомобилей, а коэффициент полезного действия на протяжении жизненного цикла на данный момент не превышает 30%. Однако в России эта технология обретает популярность, ОАО «АвтоВАЗ» совместно с Уральским электрохимическим комбинатом работают над созданием топливных элементов для автомобилей. Прототипом двигателя является электрохимический генератор «Фотон», стоимость которого превышает 300 тысяч долларов США, что также делает его экономически невыгодным [6].

Этанол. Этиловый спирт (этанол) обладает высоким октановым числом (105) и энергетической ценностью, а также подходит для ДВС, что делает его хорошей альтернативой ископаемому топливу. Уже сейчас этиловый спирт используется в качестве топлива в некоторых странах, например, в Бразилии. Этанол повышает эффективность работы двигателя, снижает токсичность продуктов сгорания, увеличивает мощность и экономичность. Тем не менее его стоимость в разы выше стоимости бензина. По данным на 9 декабря 2024 года, стоимость этанола составляла 170 рублей за литр, в то время как цена одного литра АИ-95 59 рублей [7]. Самым большим препятствием использования этанола в массах является то, что может возникнуть конкуренция с посевными площадями под продовольствие. Увеличение площадей, отведенных под биоэтанол, приведет к сокращению площадей, используемых для производства продуктов питания, что не только повысит цены на определенные продукты, но и может привести к их дефициту. В долгосрочной перспективе такой способ борьбы за окружающую среду не очень осуществим. Для России, где нет значительного избытка продовольственных культур, идея использования автомобилей, работающих на этаноле, неуместна, сомнительна и маловероятна [8].

Биодизельное топливо. Биодизель — это экологически чистое и доступное по цене дизельное топливо, получаемое из местных растительных источников, обычно из растительных масел (наиболее доступным из которых является рапсовое), с использованием процесса переэтерификации. Основными компонентами являются растительное масло, метанол и небольшое количество щелочного катализатора (KOH). Химический состав биодизельного топлива представляет собой смесь сложных эфиров жирных кислот. В последние годы коммерческий интерес к биодизельному топливу

растет в Канаде, Германии и Европейском союзе. Биодизель — это многообещающая альтернатива традиционному топливу, но его практическое использование сталкивается с определёнными трудностями. Масштабное производство биодизеля ограничивают такие факторы, как местоположение, экономическая ситуация и климат [9].

Сжиженные углеводородные газы (СУГ). Сжиженный углеводородный газ представляет собой смесь бутана и пропана, которая, как моторное топливо, имеет несколько преимуществ по сравнению с другими газовыми видами топлива. При стандартных условиях температуры и давления, равных 1,6 МПа, это топливо превращается в жидкость. Кроме того, затраты на производство СУГ ниже, чем на бензин. Благодаря этим свойствам, сжиженный углеводородный газ широко применяется в качестве моторного топлива по всему миру. В России разработка этого топлива активно ведется в крупных нефтегазовых компаниях, таких как «Газпром» [9]. В будущем энергетические ресурсы, используемые для производства моторного топлива, могут столкнуться с серьезными ограничениями из-за увеличивающегося спроса на СУГ как на сырье для производства важных нефтепродуктов и незаменимого технического материала для различных отраслей промышленности. Также следует учитывать, что СУГ является ископаемым топливом, что подразумевает ограниченность его сырьевой базы. В виду ряда расхождений по критериям применимости, СУГ не может рассматриваться как альтернативный вид моторного топлива, также есть основания полагать, что его использование в транспорте может быть полностью прекращено в течение ближайшее десятилетие [10].

Природный газ. Природный газ считается экологически безопасным топливом, почти полностью состоящим из метана. Он широко используется в Евросоюзе для перевода автомобилей, особенно городских, с токсичного бензина на экологичную альтернативу. Для этого была разработана соответствующая нормативно-правовая база, включающая ценовые, налоговые, таможенные и кредитные меры, что привело к прогрессивному внедрению метана в массовую эксплуатацию. Замена бензина природным газом снижает выбросы угарного газа в 5-10 раз в зависимости от типа автомобиля. Эксперты считают, что использование природного газа увеличивает срок службы автомобилей, а выхлопные газы метановых двигателей на 60% менее вредны для человека и содержат мало канцерогенов и на 60-80% меньше разрушают озоновый слой, снижая риск парникового эффекта при этом на 25%. Этот фактор важен для реализации Киотского протокола, к которому присоединилась Россия [9]. Однако следует помнить, что запасы газа, подобно нефти, ограничены, и рано или поздно ученым придется искать альтернативу. Переход на природный газ может отложить острую потребность в замене бензина, но на данный момент нет гарантий, что он станет надежной основой топлива в долгосрочной перспективе [11].

Синтетическое топливо из атмосферного воздуха. Технология синтеза топлива из воздуха вызывает всё больший интерес, поскольку она решает проблемы, связанные с производством углеродно-нейтрального топлива, и соответственно снижением выбросов парниковых газов в атмосферу. Технология производства такого вида топлива сейчас активно развивается в Германии. Синтез проводится путём улавливания углекислого газа с помощью специальных установок, электролиза воды для получения водорода, а затем помещения газа и воды в реактор Фишера-Тропша, где и происходит превращение в смесь углеводородов [12,13].

Заключение

Таким образом, синтетический бензин, как и диметилловый эфир по экологическим признакам не могут быть перспективными, вследствие больших выбросов производства, так же использования запасов ископаемого угля, газа, нефти, что гарантирует наличие сырьевой базы, однако исключает соответствие экономическому признаку. Производство метанола очень токсично и дорого. Электродвигатели в наше время действительно являются достойной альтернативой, современные технологии все больше модернизируют электроавтомобили. Применение таких автомобилей не практично только на больших расстояниях, однако в пределах города, где возможно заряжать автомобиль, вполне реально. Водород с топливными элементами оказываются очень дорогими для использования, также у автолюбителей нужно будет перейти на совершенно новые автомобили, что делает данную альтернативу экономически не выгодной. Это экологичный вариант, но не настолько практичный, чтобы каждый мог его себе позволить. Топливо из этанола наиболее приближено к реальному применению, этанол эффективен, однако не экономичен, не стоек к морозам, сложно реализуема сырьевая база. Биодизель полностью соответствует экологическим критериям, однако отсутствует сырьевая база, что делает его использование практически в половине мира невозможным, так как нужны благоприятные климатические условия. Сжиженные углеводородные газы едва ли могут называться альтернативным топливом, только с экономической точки зрения. Природный газ получил приоритет за счет большой, однако не бесконечной сырьевой базы, экономичности, и относительной экологичности, но при всех плюсах, он остается сложно применимым.

Список литературы

1. Кириллов Н.Г. Природный газ как моторное топливо и экология автомобильного транспорта России. - М.: ИРЦ «Газпром», 2003. - 31 с.
2. Харсиева Л.А. Влияние загрязнения атмосферы на организм человека / Л.А. Харсиева, Х.Г. Чакхиева, А.И. Азиева // Студенческий. — 2019. — № 36-1(80). — С. 9-10.

3. Терентьев Г.А., Тюков В.М., В.М. Смаль В.М. Моторные топлива из альтернативных сырьевых ресурсов. - М.: Химия, 1989. - С. 149-150.
4. Юрлов, А. С. Применение метанола и МЭРМ в качестве топлива для снижения сажеобразования в дизеле / А. С. Юрлов // Улучшение эксплуатационных показателей двигателей внутреннего сгорания : материалы IX Международной научно-практической конференции: сборник научных трудов, Киров, 02 февраля 2016 года / Министерство сельского хозяйства РФ; ФГБОУ ВО "Вятская государственная сельскохозяйственная академия". Том Выпуск 12. – Киров: Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 2016. – С. 446-449.
5. Шумов, Ю. Н. Энергосберегающие электрические машины для привода электромобилей и гибридных автомобилей (Обзор зарубежных разработок) / Ю. Н. Шумов, А. С. Сафонов // Электричество. – 2016. – № 1. – С. 55-65.
6. Топливные элементы. Устройство, виды, принцип действия топливных элементов / А. А. Кусамин, С. А. Осмоловский, В. А. Черкашин [и др.] // Экономика и социум. – 2022. – № 5-1(96). – С. 1049-1055.
7. Этанол - Фьючерсный контракт - Цены : сайт. – URL: <https://ru.tradingeconomics.com/commodity/ethanol>
8. Найден, Е. С. Оценка влияния концентрации этанола и изопропанола в топливе на его свойства / Е. С. Найден // Родной край – основа всех начинаний поколения молодых : Сборник материалов международной научно-практической конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и учащихся, Рудный, 21–22 апреля 2022 года. – Рудный: Рудненский индустриальный институт, 2022. – С. 738-745.
9. Кириллов, Н.Г. Анализ перспективности различных видов альтернативных моторных топлив: сжиженный природный газ – моторное топливо XXI ВЕКА / Н.Г. Кириллов, А.Н. Лазарев // Двигателестроение. – 2010. – Т. 1, № 239. – С. 26-33. – ISSN 0202-1633
10. ПАО "Газпром" : сайт. – URL: <https://www.gazprom.ru/> (дата обращения: 09.12.2024).
11. Газификация. Природный газ в качестве моторного топлива. Подготовка, переработка и использование газа : науч.-техн. сб.: прил. к журн. "Наука и техника в газовой пром-сти" / Открытое АО "Газпром", Информ.-реклам. центр газовой пром-сти (ООО "ИРЦ Газпром").. – Москва : ИРЦ Газпром, 2004. – 21 с.
12. Официальный сайт Европейского Союза [Электронный ресурс]: сайт. – URL: <https://commission.europa.eu/select-language?destination=/node/1> (дата обращения: 20.04.2023)
13. ИНЕРАТЕК [Электронный ресурс]: сайт. – URL: <https://kit-gruenderschmiede.de/en/case-study/ineratec/> (дата обращения: 20.04.2023)
14. Верхососова, А. И. SWOT-анализ технологии синтеза автомобильного топлива путем переработки атмосферного воздуха / А. И. Верхососова, Ю. М. Аверина, О. В. Зверева // Образование и наука для устойчивого развития : Материалы XVI Международной научно-практической конференции, посвящённая 300-летию Российской академии наук. В 2-х частях, Москва, 16–19 апреля 2024 года. – Москва: Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, 2024. – С. 107-110.

УДК 519.8

Аверина Ю.М., Рой К.О., Журавлева О.С.

Применение метода анализа иерархий при организации производства эфирных масел

Аверина Юлия Михайловна – к.т.н., доцент кафедры логистики и экономической информатики;

Рой Ксения Олеговна – студент группы МТ-18; roi.k.o@mustr.ru

Журавлева Ольга Станиславовна – старший преподаватель кафедры логистики и экономической информатики.

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

Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9.

В статье рассмотрено применение метода анализа иерархий для принятия решения, что является наиболее критическим фактором при организации производства эфирных масел. Актуальность проведенного исследования заключается в отсутствии достаточных мощностей существующих производств, а также в активном возрождении эфирномасличной отрасли.

Ключевые слова: метод анализа иерархий, принятие решений, организация производства, эфирные масла

Usage of Analytic hierarchy process in essential oils plant organization

Averina J.M., Roy K.O., Zhuravleva O.S.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russian Federation

The article considers the application of the Analytic hierarchy process for decision-making of the most critical factor in organizing the production of essential oils. The relevance of the conducted research lies in the lack of sufficient capacities of existing production facilities, as well as in the active revival of the essential oil industry.

Key words: Analytic hierarchy process, decision-making, organization production, essential oils.

Введение

В современном мире эфирномасличная отрасль является неотъемлемой частью пищевой, фармацевтической, парфюмерной-косметической промышленности. В текущих условиях санкционного давления, ограничений на приобретения сырья, технологического оборудования и технологий на международном рынке, Президентом Российской Федерации В.В. Путиным поставлена задача обеспечения курса на обеспечение технологического суверенитета, а также импортозамещение, в первую очередь, в стратегических отраслях, к которым относится химическая промышленность. С высоким ростом потребительского спроса в России и мире целом возникает вопрос о необходимости создания новых площадок для промышленного выращивания эфиромасличных культур и производства эфирных масел. На сегодняшний день, экономика страны не позволяет закупать достаточное количество необходимых эфирных масел, которые не могут быть произведены в нашей стране. Страны, производящие товары, ввели ряд санкций, что, соответственно, повлияло на количество, качество и стоимость эфирных масел. В связи с этим, актуальным вопросом становится поиск на рынке, а также планирование и организация производства на территории Российской Федерации.

Экспериментальная часть

Целью данной работы является демонстрация возможности применения математического метода нахождения оптимальных решений на примере метода анализа иерархий в практической сфере деятельности (производство эфирных масел).

Метод анализа иерархий (МАИ) – один из математических методов принятия решений в условиях неопределенности и риска. В данном методе происходит сравнение «альтернатив» по нескольким

критериям, а также важности, присваиваемой критерию. Под альтернативами подразумеваются различные варианты нахождения оптимального решения. С помощью МАИ возможно проанализировать различные альтернативы организации производства и сравнить их по каждому из критериев [1-3]. Такой подход позволит выявить наиболее предпочтительные варианты и принять обоснованное решение о том, как организовать производство с учетом всех факторов и ограничений.

Метод анализа иерархий включает в себя несколько этапов

1) На первом этапе эксперты дают свои оценки, которые необходимо ранжировать согласно фундаментальной таблице суждений.

2) На втором этапе происходит сравнение критериев, определенных ранее, между собой. Делается выбор, какой из них важнее в общем.

3) На третьем этапе ведется расчет по формулам для определения отношения согласованности (ОС), если $ОС < 15\%$, значит оценки были выставлены адекватно, можно продолжать расчет. Если же показатель оказался больше 15% , необходимо еще раз ранжировать оценки, возможно, была допущена ошибка.

4) На четвертом этапе варианты сравниваются между собой по каждому из критериев, сколько критериев, столько раз необходимо провести расчет. Определяется ОС. Если он больше 15% , необходимо еще раз сравнить между собой альтернативы.

5) По формулам рассчитывается обобщенное отношение согласованности (ООС), если оно меньше 15% , все было посчитано верно, выбрана наилучшая альтернатива из всех возможных.

Действуя по алгоритму метода анализа иерархий были выбраны критерии и альтернативы для расчетов. При этом такие варианты, как

энергоэффективность и рентабельность были отброшены, так как было решено, что они не дадут значительный вклад в расчет. Производство уже по умолчанию должно быть рентабельным, иначе не имеет смысла его создавать.

Критерии: качество сырья (K_1), технологическая доступность (K_2), эффективность производства (K_3), экологическая устойчивость (K_4).

Альтернативы: по методу производства (B_1), по типу сырья (B_2), по оборудованию (B_3), возможность переработки в другие продукты (B_4). Была выбрана фокус-группа экспертов, которая на основе своих суждений давала оценки критериям и альтернативам.

При сравнении критериев между собой с точки зрения удовлетворения цели наиболее весомым критерием является качество сырья (47,4 %), далее следует технологическая доступность (31,4 %). Эффективность производства и экологическая устойчивость показали наименьший вклад, суммарно составляющий 20 %.

По критерию «качество сырья» наиболее важной альтернативой при организации производства является тип сырья (53,9 %), после него идет метод производства (30,5 %).

По критерию «технологическая доступность» важная альтернатива – метод производства, на втором месте оборудование (27,8 %), на третьем – возможность переработки в другие продукты (1,6 %), тип сырья принимает наименьшее значение, его вклад составил менее 1 %.

В зависимости от критерия «эффективность производства» метод производства снова является наиболее весомой альтернативой (49 %), затем идет тип сырья (30 %), оборудование и возможность переработки в совокупности дают вклад лишь около 21 %.

При расчетах от критерия «экологическая устойчивость» самым лучшим вариантом является возможность переработки в другие продукты (40 %), второй наиболее значимый вклад дает тип сырья (33,7 %). Вклад метода производства и оборудования составляет 26 %.

В таблице 1 представлен расчет итоговых значений для наиболее оптимального выбора альтернативы.

Таблица 1. Расчет итоговых значений приоритета

	K_1	K_2	K_3	K_4	Итоговые значения приоритетов
	0,47746684	0,31419085	0,150950511	0,057391799	
B_1	0,305984021	0,466878404	0,489870858	0,163800473	0,376133206
B_2	0,539335253	0,095277321	0,298978427	0,337475234	0,351949219
B_3	0,09412821	0,27760756	0,090332606	0,097396344	0,151390359
B_4	0,060552516	0,160236715	0,120818109	0,401327949	0,120527216
ИС	0,083939962	0,083939962	0,114986624	0,010454649	1
ОИС	0,084409017				
ООС	0,093787797				

По результатам итоговых значений метод производства является наиболее важным при создании производства эфирных масел. Однако тип сырья отстает от него лишь на 2,5 %. Метод производства и тип используемого сырья оказывают сходное влияние на конечный продукт. Поэтому при организации производства необходимо уделять равное внимание как выбору оптимального метода, так и качеству, и источнику сырья для достижения желаемых результатов.

Заключение

Для того чтобы принять решение о создании производства, необходимо сначала определить, с чего вообще начинать его организацию. Необходимо оценить требуемые ресурсы (как материальные, так и человеческие), выбрать и обосновать наиболее подходящую и экономически целесообразную технологию производства продукции, построить каналы сбыта готовой продукции, а также обеспечить обратную связь с потребителем для оценки качества и дальнейших маркетинговых действий по закреплению на рынке. Для этого был использован разработанный алгоритм и метод анализа иерархий для выбора важнейшей «альтернативы» при организации производства эфирного масла. Метод производства стал самым главным в этом случае. Это

подразумевает, что неважно, что мы захотим делать, если мы выберем один из методов (например, паровая дистилляция или же экстракция), мы сможем на одном оборудовании создавать различные виды масел при достаточном наличии сырья. На одном производстве получится создать разные линии с общей технологией производства, что позволит снизить затраты на НИР и НИОКР. Также можно будет создать лишь одну опытную установку для определения наилучших параметров при производстве разных масел.

Список литературы

1. Дорогов О.В., Теплова Я.О. Введение в методы и алгоритмы принятия решений: учебное пособие [Текст] / О.В. Дорогов, Я.О. Теплова — Москва: ИД "ФОРУМ": ИНФРА-М, 2018 — 240 с.
2. Бодров, В. И., Лазарева, Т. Я., Мартемьянов, Ю. Ф. Математические методы принятия решений: учебное пособие [Текст] / В.И. Бодров, Т.Я. Лазарева, Ю.Ф. Мартемьянов — Тамбов: ТГТУ, 2004 — 124 с.
3. Метод анализа иерархий: процедура применения / [Электронный ресурс] // Оценка стоимости бизнеса: теория и практика : [сайт]. — URL: <http://vamocenka.ru/metod-analiza-ierarxij-procedura-primeneniya> (дата обращения: 14.11.2024).

УДК 658. 661.834

Галиева Д.Д., Агапов А.А.

Анализ эффективности организации цепей поставок по добыче лития и его соединений в России

Галиева Динара Дарвиновна - ассистент кафедры логистики и экономической информатики; galieva.d.d@muctr.ru

Агапов Андрей Артемович - студент

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

Рассмотрен инновационный способ извлечения лития из сподуменового сырья в условиях Колмозёрского месторождения. Новый метод получения лития осуществляется по замкнутому циклу (с рекуперацией реагента) из рудных сред. Разработана организационно-функциональная структура цепи поставок компании по добыче и производству лития. Показано, что комплексный подход к организации и управлению цепями поставок в литиевой промышленности позволит расширить российский рынок продукции в этой отрасли.

Ключевые слова: литий, карбонат лития, организационно-функциональная структура, месторождения лития, сподумен, цепь поставок.

ANALYSIS OF EFFICIENCY OF SUPPLY CHAIN ORGANISATION FOR LITHIUM AND ITS COMPOUNDS MINING IN RUSSIA

Galieva D.D., Agapov A.A.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russian Federation

An innovative method of lithium extraction from spodumene raw materials in the conditions of Kolmozerskoye deposit is considered. The new method of lithium extraction is carried out by a closed cycle (with reagent recovery) from ores. The organisational and functional structure of the supply chain of the company for lithium mining and lithium production has been developed. It is shown that an integrated approach to the organisation and management of supply chains in the lithium industry will make it possible to expand the Russian market of products in this industry.

Keywords: lithium, lithium carbonate, organisational and functional structure, lithium deposits, spodumene, supply chain.

Литий – элемент XXI века. Спрос на литий продолжит расти по мере того, как транспортные средства будут становиться более «зелеными», а электричество – экологичным. Для этих целей широко используются литий-ионные аккумуляторы. На этом области применения лития не ограничиваются. Он находит в состав различной керамики и стекла, смазок, полимеров, востребован в фармацевтической отрасли, используется как легирующий элемент в сплавах. Уникальные химические и физические свойства делают литий незаменимым в производстве высокотехнологичной продукции. По прогнозам, уже в 2024 году общее потребление лития превысит 1 млн тонн: это в три раза больше, чем в 2019 г. К 2030 г. миру потребуется 3,2 млн тонн «белой нефти» [1].

Выделяют два ключевых источника лития: рудное и гидроминеральное сырьё. В России реализуется несколько проектов, и крупнейшим из них является освоение Колмозёрского месторождения. Реализует его предприятие «Полярный литий» — совместное предприятие «Росатома» и «Норильского никеля». В Колмозере сосредоточено 25% литиевых запасов России.

При добыче литиевых рудных минералов, как и любых других руд, первой стадией является их обогащение с получением рудного концентрата. Для разложения концентрата сподумена могут применяться те же методы, что и для других литиевых минералов – наиболее распространенными являются сернокислотный и щелочной методы переработки.

В работе предложен модернизированный сернокислотный способ, в котором осуществляется замена

серной кислоты на её соль – гидросульфат аммония NH_4HSO_4 .

На рис. 1 представлена химическая схема технологии получения карбоната лития с рециклингом гидросульфата аммония. Как видно из представленной схемы, получающийся сульфат аммония можно снова разложить на аммиак и гидросульфат аммония. Реализация новой технологии предложена на Колмозёрском месторождении, расположенном на Кольском полуострове в Мурманской области. Его разработка требует комплексного подхода, включающего значительные инвестиции в инфраструктуру, применение передовых технологий и строгий контроль экологической безопасности. Успешное освоение этого месторождения может значительно укрепить позиции России на мировом рынке лития и редких металлов, а также способствовать развитию региона и созданию новых рабочих мест [2, 3].

Строительство обогатительной фабрики и химико-металлургического завода для переработки литиевого концентрата является ключевым элементом производственной стратегии предприятия «Полярный литий». Обогащительная фабрика будет оснащена оборудованием для переработки руды, что позволит максимально эффективно извлекать литий и другие полезные компоненты. Специализироваться производство будет на карбонате и гидроксиде лития. Планируется начать опытно-промышленную разработку и строительство основных производственных объектов к 2026 году. Для этого потребуется создание детальных проектных решений, получение всей необходимой разрешительной

документации и закупка оборудования и материалов [4].

В данном комплексе работ предложен проект цепи поставок предприятия по добыче и производству лития, учитывающий множество факторов, такие как

технологические особенности, экономические и экологические аспекты. Рассмотрена логико-информационная модель цепи поставок предприятия.

На рис. 2 представлена часть логико-информационной модели: логистика снабжения.

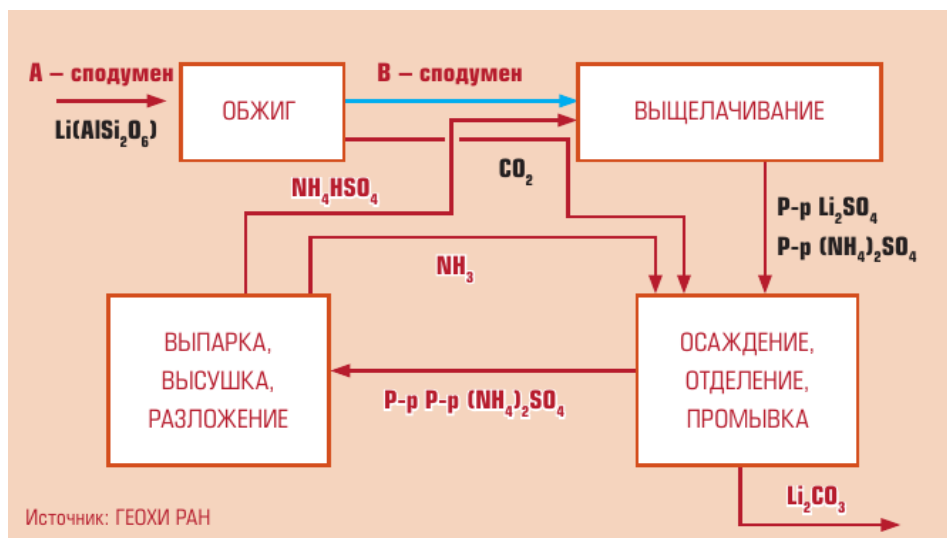


Рис. 1 Химическая схема технологии получения карбоната лития с рециклингом гидросульфата аммония.

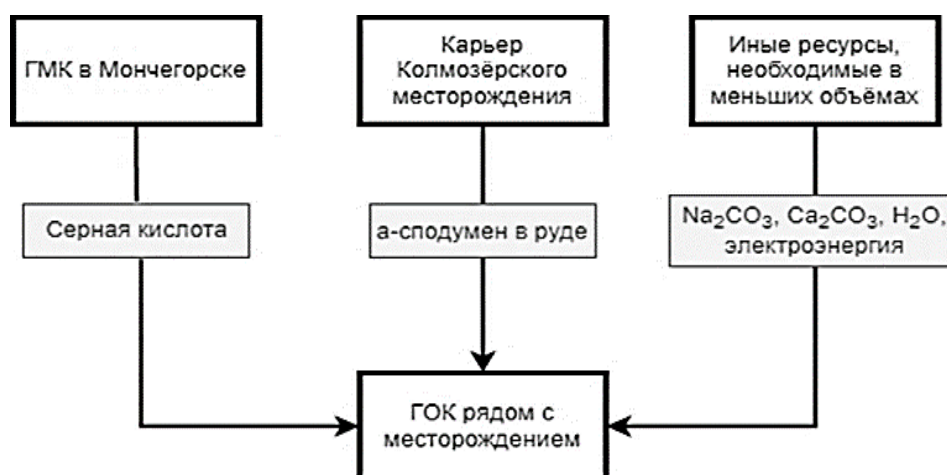


Рис.2 Часть логико-информационной модели: логистика снабжения

На рис. 3 представлена часть логико-информационной модели: извлечение лития.

В дальнейшем, на основании логико-информационной модели цепи поставок предприятия «Полярный литий» разработана организационно-функциональная структура цепи поставок предприятия «Полярный литий». Организационно-функциональная структура (ОФС) цепи поставок позволяет обеспечить функционирование и контроль над цепью поставок. Её проектирование позволяет настроить бизнес-процессы оптимальным способом с учётом экономических и законодательных условий, новых достижений науки и техники и других факторов.[5]. Предположены основные партнёры, поставляющие сырьё и потребляющие производимую продукцию. На рис.4. представлена обобщённая блок-схема организационно-функциональной структуры цепи поставок предприятия «Полярный литий».

Цепь поставок производства предприятия «Полярный литий», включает в себя множество

этапов начиная с добычи сырья и заканчивая доставкой конечной продукции потребителям. Также при её проектировании необходимо принимать во внимание особенности российского законодательства, международные санкции и политические риски.

Добыча и первичная переработка сырья осуществляется на Колмозёрском месторождении, лицензия на разработку которого принадлежит предприятию «Полярный литий». Обогащение руды планируется рядом с месторождением, это снижает затраты на транспортировку. Добыча планируется открытым способом в карьере. Далее руда поступает в дробильный комплекс, что позволит производить операции с ней более результативно. Дроблённая руда далее поступает на тяжелосредный сепаратор. Таким образом, возможно, пользуясь только физическими методами получить концентрат.

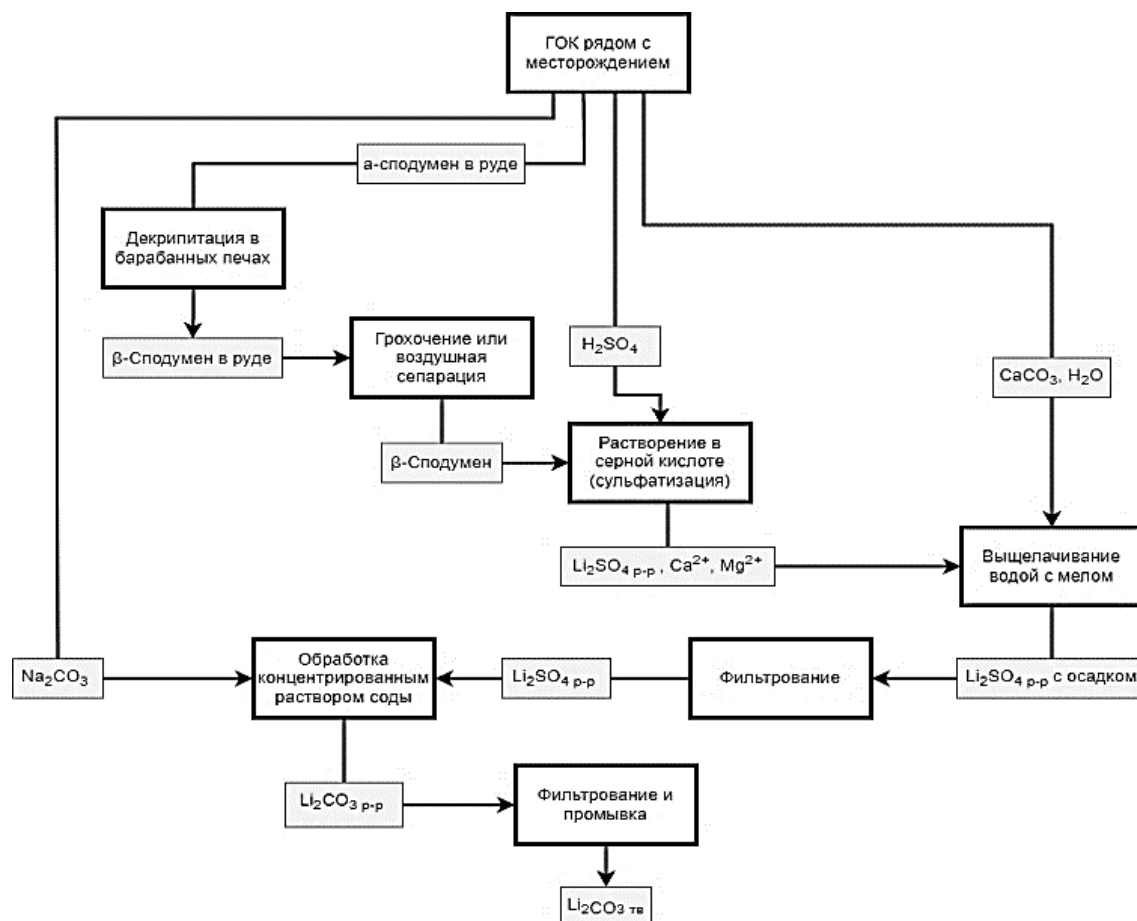


Рис. 3. Часть логико-информационной модели: извлечение лития

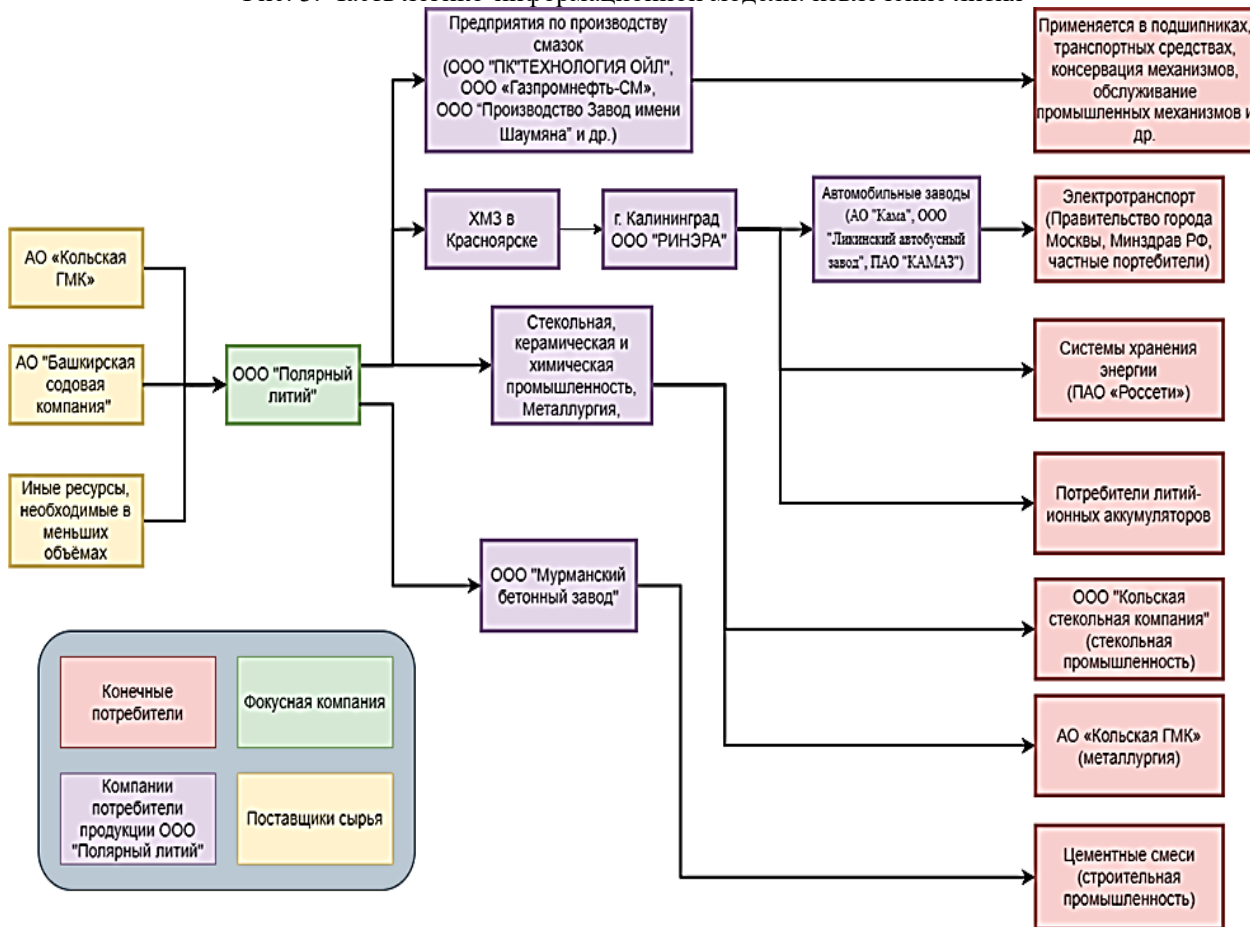


Рис.4 Обобщённая блок-схема организационно-функциональной структуры цепи поставок предприятия «Полярный литий».

Такой концентрат далее планируется доставлять тонарами (грузовыми автомобилями) на территорию АО «Кольская горно-металлургическая компания» в Мончегорске.

Переработка и получение карбоната лития также планируется силами предприятия «Полярный литий». Пока не будут введены основные производственные мощности рядом с месторождением, будет доставляться не кислота к руде, а руда к кислоте – в Мончегорск. Сейчас существует специализированная производственная площадка на предприятии ПАО «Химико-металлургический завод» в Красноярске. Переработка и получения карбоната лития возможна там. Также эта производственная площадка может использоваться для отчистки карбоната лития до аккумуляторной чистоты. Главным минусом является географическая удалённость этого предприятия от месторождения и возможных потребителей карбоната лития на территории России. При экспорте же в Китай это не приносит столь большие затраты на логистику [6].

Транспортировка продукции осуществляется автомобильным, железнодорожным и морским транспортом (Северный морской путь – в Китай). Важно учитывать географические особенности региона, главное – удалённость месторождения и отсутствие инфраструктуры. Для компании ООО «Полярный литий» критически важно наладить эффективную логистику, включающую строительство и поддержание автомобильных и железнодорожных дорог и портовых сооружений.

Главным потребителем карбоната лития являются предприятия по производству аккумуляторов. В России ООО «РЭНЕРА» уже сейчас строит два производственных комплекса. Первый в Калининграде, а второй рядом с Москвой. Доставка в и из Калининграда наиболее обоснована будет морским путём. Факт строительства крупного аккумуляторного завода в Калининграде говорит о планах в будущем продавать аккумуляторы в другие страны, однако сейчас упор идёт на внутреннего потребителя [4].

Большее количество аккумуляторных батарей планируется использовать в электротранспорте. Российскими автомобильными заводами, планирующие выпуск автотранспорта, являются ООО «Ликийский автобусный завод», производящий электробусы, и ПАО «КАМАЗ». Также электромобили намерена выпускать компания АО «Кама». В дальнейшем, в ходе развития рынка электромобилей, возможно появление других потребителей-автозаводов.

Для производства аккумуляторов создание крупного предприятия обоснованно ввиду технологических особенностей, однако предприятия, которым нужен литий, существуют в куда большем количестве. Производство смазок находится рядом с нефтеперерабатывающими комплексами на следующих предприятиях: Всероссийский Научно-Исследовательский Институт Смазочных Материалов – Санкт - Петербург, ООО "ПК"ТЕХНОЛОГИЯ ОЙЛ"

- Нижегородская область, Дзержинск, ООО «Газпромнефть - СМ» – Москва, ООО «Производство Завод имени Шаумяна» – Санкт-Петербург и др. География предприятий иных областей промышленности, использующие литий, не менее разнообразна и многочисленна

Предприятие «Полярный литий» интегрировано с другими компаниями. Такой подход позволяет наиболее эффективным способом использовать имеющиеся ресурсы, повышая итоговую ценность, а, следовательно, и стоимость продукции в конце цепи производства. При таком подходе все предприятия действуют как единое целое. В таком случае деньги становятся формой внутреннего взаимозачёта вложенных ресурсов внутри ВИК (вертикально-интегрированная компания) [4].

Поскольку литий входит в перечень стратегических видов минерального сырья, его независимая добыча становится важной задачей в рамках достижения технологического суверенитета РФ. Таким образом, наличие производства лития в РФ позволит повысить конкурентоспособность на мировом рынке лития и не позволит остановиться многим отраслям промышленности на внутреннем рынке. Это важно для государства, поскольку повышается способность России к дипломатическим манёврам по отстаиванию суверенитета.

Список литературы

1. Кудрявцев, П. Г. Литий: ресурсы, добыча и перспективы развития мирового рынка / П. Г. Кудрявцев, Н. П. Кудрявцев // International Scientific Journal Life and Ecology. – 2018. – № 1-2(9-10). – С. 116-117.
2. Боярко, Г. Ю. Сырьевой потенциал лития России / Г. Ю. Боярко, В. Ю. Хатьков, Е. В. Ткачева // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2022. – Т. 333, № 12. – С. 7-16. – DOI 10.18799/24131830/2022/12/3975.
3. Сернокислотное выщелачивание spodumенового концентрата Колмозерского месторождения / А. Г. Касиков, Е. А. Щелокова, К. А. Яковлев [и др.] // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Технические науки. – 2023. – Т. 14, № 2. – С. 102-106. – DOI 10.37614/2949-1215.2023.14.2.018.
4. Колмозерский ГОК: первое звено в литиевой цепочке | добывающая промышленность [Электронный ресурс]. <https://dprom.online/mtindustry/kolmozyorskiy-gok-pervoe-zveno-v-litievoy-tsepoche/> (дата обращения: 1.12.2024)
5. «Принципы промышленной логистики» / В. П. Мешалкин, В. Г. Дови, А. Марсанич. – М.: Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева, 2002. — 722 с.
6. Гончарова, Л. И. Современное состояние, основные тенденции, конъюнктура и перспективы развития рынка лития / Л. И. Гончарова, В. Д. Новосельцева // Север и рынок: формирование экономического порядка. – 2018. – № 6(62). – С. 114-123. DOI 10.25702/KSC.2220-802X.6.2018.62.114-123.

УДК 630.30

Вашук В.Р., Манюкова И.И., Журавлева О.С.

Изучение возможности решения проблем в лесопромышленном комплексе Ханты-Мансийского автономного округа – ЮгрыВашук Вероника Романовна студент verinea100@gmail.com

Манюкова Ирина Игоревна к.т.н., доцент кафедры Логистики и экономической информатики; ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»,

Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9

Журавлева Ольга Станиславовна старший преподаватель кафедры Логистики и экономической информатики;

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева».

*Статья посвящена обзору проблем, препятствующих развитию лесной отрасли в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре. Рассмотрены способы решений, благодаря которым лесная промышленность в перспективе может стать ведущей отраслью в условиях диверсификации экономики региона.**Ключевые слова: лесная промышленность, экономика, технология, инфраструктура.***Studying the possibility of solving problems in the forestry complex of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Yugra**

Vashchuk V.R., Manyukova I.I., Zhuravleva O.S.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russian Federation

*The article is devoted to an overview of the problems hindering the development of the forestry industry in the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Yugra. The ways of solutions are considered, thanks to which the forestry industry in the future can become a leading industry in the context of economic diversification in the region.**Keywords: forestry industry, economy, technology, infrastructure.***Введение**

Ханты-Мансийский автономный округ – Югра – один из значимых регионов России, являющийся устойчивым лидером среди субъектов РФ по ключевым показателям социально-экономического развития с доминирующей нефтегазовой отраслью. Согласно Стратегии социально-экономического развития Югры до 2036 года [1] планируется диверсифицировать экономику в сторону развития лесопромышленного комплекса, так как данная отрасль эксплуатируется с середины XX века. Однако, полный переход к лесной промышленности, как к ведущей, не представляется возможным из-за наличия проблем, сдерживающих развитие отрасли. Существующие проблемы и способы их решения будут рассматриваться в данной работе.

В 1950-х годах лесная промышленность являлась одной из ведущих отраслей в округе и активно развивалась. Общие запасы древесины определялись в 1,4 млрд м³, наибольшим количеством из которых являлись сосна, кедр, ель, берёза. Однако, не вся площадь лесов доступна для переработки и рубки, лишь пятая часть лесного массива пригодна по природно-географическим и экономическим показателям. Объёмы и состав лесов представлены в таблице 1 [2].

Ещё в прошлом веке обращали внимание на процесс рубки леса, который противоречил правилам ведения лесного хозяйства. Значительно больше вырубалась деловая древесина, чем дровяная, большая часть которой оставалась на корню или в срубленном виде на лесосеке, из-за чего лесной массив захламлялся и нарушался нормальный

процесс восстановления леса. Помимо неправильной вырубки, проблема заключалась ещё и в односторонней эксплуатации леса. Если лесозаготовка развивалась, то деревообработка значительно отставала, а также гидролизное, дрожжевое и целлюлозно-бумажное производство практически отсутствовало [3].

Таблица 1 – Состав лесов Западной Сибири и Ханты-Мансийского национального округа (в процентах) [2]

Порода	Западная Сибирь	Ханты-Мансийский национальный округ
Сосна	29,0	59,5
Кедр	19,0	13,4
Ель	4,0	10,3
Пихта	10,0	0,5
Лиственница	5,0	0,9
Всего хвойных:	67,0	84,6
Берёза	30,0	10,2
Осина	2,8	4,5
Тальники	0,2	0,7
Всего лиственных:	33,0	15,4

Вторая важная проблема лесопромышленного комплекса – это плохо развитая транспортная инфраструктура в отрасли и географическая удалённость региона от основных центров переработки древесины и потребителей – в округе имеется лишь одна механизированная лесовозная

дорога круглогодичного действия. Также это выражается в отсутствии лесовозных мостов, из-за чего освоение свободных участков леса представляется физически невозможным [4]. Кроме того, отсутствие лесовозных дорог непосредственно влияет на лесозаготовительные компании, поскольку вывоз древесины становится затруднительным, так как увеличиваются маршруты и затраты на транспортировку [5].

Третья проблема – слабая механизация производства. Связано это с тем, что лесозаготовительные компании используют устаревшую технику, производственные процессы остаются ручными или полумеханизированными [6]. Слабая механизация производственных процессов объясняется не только недостаточной технической оснащённостью лесосек, но и недостаточным использованием имеющихся механизмов [7]. Также остро стоит вопрос в недостатке квалифицированных кадров – инженеров, техников и механизаторов.

Обзорная часть

Вышеупомянутые проблемы с начала 2000-х годов пытаются решить учёные и люди, работающие в лесопромышленной отрасли.

В работах советского профессора Г.Ф. Морозова, которого называют основоположником частного лесоводства, предлагалось усовершенствовать процесс рубки дерева с возможностью совокупно естественного и искусственного восстановления леса. Способ рубки должен напрямую относиться к возрасту насаждений с заданными при проектировании таксационными параметрами, который обеспечивает быстрое воспроизведение срубленного материнского насаждения. Данный процесс является трудным для осуществления, но, кроме того, и сильным средством для успеха возобновления леса и удешевления сырья [8].

Блам Ю.Ш. и Машкина Л.В. рассматривают проблему неразвитости транспортной инфраструктуры. Отсутствие дорог и мостов препятствует освоению новых свободных участков. Авторы полагают, что будущее остаётся за частными предприятиями, которые обеспечивают себя сырьём на длительную перспективу. Следовательно, сосредоточение выкупленной у государства лесной зоны в частных руках, имеет большую возможность развития в ближайшие 15-20 лет, поскольку предприниматели будут адаптироваться ко всем происходящим изменениям и пытаться изменить ситуацию с транспортными путями, так как это напрямую повлияет на получение прибыли [9].

Бурдин Н.А. в своей работе обращает внимание на проблему, заключающуюся в устаревшем оборудовании. Уровень механизации основных производственных процессов составляет 70-80%, а уровень механизации труда на основных производственных операциях, с учётом трудозатрат на подготовительно-вспомогательных работах – 35-45%. Для предприятий, основным видом деятельности которых является лесозаготовка,

важной проблемой стало огромное количество существенно изношенного оборудования, требующее обновление парка машин. Техническое переоснащение таких предприятий в настоящем осуществляется в небольших объёмах по наиболее узким местам производственного процесса, что является следствием недостатка инвестиций на техническое перевооружение. В связи с этим, рекомендуется переход от самоходных машин, работающих в условиях лесосеки, к стационарному оборудованию нижних складов, так как оно изнашивается менее интенсивно, простое в обслуживании и эксплуатации, не требует высокой квалификации операторов, поскольку рабочие операции узко специализированы [10].

Заключение

Рассмотренные выше проблемы являются ключевыми на пути к развитию лесопромышленного комплекса Югры. Каждая из этих проблем в перспективе решаема путём обращения внимания правительства округа на существующие сложности развития лесной промышленности и привлечения инвестиций в данную отрасль. Для успешной эксплуатации лесопромышленной отрасли следует увеличить количество лесных дорог, в том числе круглогодичного действия, и улучшить их качество, что повысит экономическую рентабельность и даст возможность использовать лесные ресурсы в неблагоприятные сезоны. Следует также загрузить существующие мощности с последующим их увеличением в части инновационной, современной и уникальной продукции, создать новые мощности в области деревообработки, бумажного производства и увеличения глубины переработки древесины, привлечь инвестиции в современное оборудование. Кроме того, следует внедрить модели интенсивного использования и воспроизводства лесов, обеспечить рубки ухода для предотвращения гниения остаточных пней, а также рассмотреть возможность создания лесохозяйственных нормативов по лесным районам.

Целесообразно также развить уже существующий лесопромышленный кластер путём сотрудничества с соседними регионами, например, Красноярским краем и Томской областью. На данный момент кластер включает в себя предприятия, расположенные только в округе, сфера деятельности которых распространяется на производство и переработку сырья. Благодаря сотрудничеству можно будет развить логистические транспортные маршруты для расширения рынков сбыта и, соответственно, увеличению прибыли. Наиболее привлекателен Азиатский рынок, который имеет спрос на лесную продукцию, в том числе из Ханты-Мансийского автономного округа – Югры.

Список литературы

1. О стратегии социально-экономического развития Ханты-мансийского автономного округа – Югры до 2036 года с целевыми ориентирами до 2050 года [Текст] // Распоряжение правительство Ханты-

Мансийского автономного округа – Югры от 03.11.2022 №679-рп.

2. Кокосов Н.М., Никулин Н.М., Харин В.И. Ханты-Мансийский национальный округ: очерки природы и хозяйства // Свердловск: АН СССР. Урал. Филиал, 1956. 104 с.

3. Гололобов. Е.И. Развитие лесопромышленного комплекса ХМАО-Югры в 1950-1980-е гг.: достижения и проблемы // Сургут. Гос.ун-т – Сургут: ИЦ СурГУ, 2023. – 96с.

4. Адушкин П.С., Сабуров Д.С. Анализ основных проблем Российских лесозаготовок // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: материалы IV научно-технической конференции, С.-Петербург, 22–25 мая 2019 г. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. – 449 с.

5. Ленкова В.В., Костина О.В. Проблемы и перспективы развития лесопромышленного комплекса ХМАО-Югры //Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2017. – №. 4 (98). – С. 54.

6. Кислухина И.А. Проблемы и перспективы развития лесопромышленного производства в ханты-мансийском автономном округе-Югре //Лесной вестник/Forestry bulletin. – 2010. – №. 2. – С. 205-209.

7. Ленкова В.В., Куриков В.М., Костина О.В. Проблемы и перспективы развития лесопромышленного кластер ХМАО-Югры // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2018. – №. 1. – С. 1-1.

8. Родин С.А. Георгий Федорович Морозов-основоположник частного лесоводства //Лесной вестник/Forestry bulletin. – 2008. – №. 1. – С. 16-19.

9. Блам Ю.Ш., Машкина Л.В. Проблемы и перспективы развития лесного хозяйства и лесозаготовительной промышленности // Всероссийский экономический журнал ЭКО. – 2019. – №. 11 (545). – С. 45-62.

10. Бурдин Н.А. Технический уровень лесного сектора Российской Федерации: состояние, проблемы //Лесной вестник/Forestry bulletin. – 2012. – №. 5 (88). – С. 50-56.

УДК 667.6

Кривошеина Н.С., Богомолов Б.Б.

Алгоритм выбора антикоррозионного покрытия для резервуаров хранения нефти и нефтепродуктов

Кривошеина Наталья Сергеевна – студент; 203551@muctr.ru

Богомолов Борис Борисович – к.х.н., доцент кафедры;

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»,

Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9.

В статье рассмотрен алгоритм выбора систем антикоррозионного покрытия для резервуара хранения нефти и нефтепродуктов.

Ключевые слова: покрытия, антикоррозионные покрытия, защита резервуаров, ресурсосбережение, алгоритм, нанесение защитного покрытия.

The algorithm for choosing an anticorrosive coating for oil and petroleum products storage tanks

Krivosheina N.S., Bogomolov B.B.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russian Federation

The article discusses an algorithm for selecting anticorrosive coating systems for an oil and petroleum products storage tank.

Key words: coatings, anti-corrosion coatings, tank protection, resource conservation, algorithm, protective coating.

Введение

Хранение нефти и нефтепродуктов считается одним из ключевых этапов отрасли, наравне с добычей и переработкой. Особое внимание следует уделить резервуарам, отвечающим за хранение нефти и нефтепродуктов, и строго соблюдать нормы эксплуатации, установленные стандартами и правилами безопасности. Один из способов обеспечения защиты емкостного оборудования – нанесение антикоррозионного покрытия [1].

При реализации на предприятии системы менеджмента качества продукции при проектировании емкостей для нефтепереработки, необходимо алгоритмизировать процедуру выбора системы покрытия для обеспечения требований эксплуатации оборудования и рационального использования ресурсов проектирования аппаратов. Для обеспечения качества хранимого продукта необходимо гарантировать надежность резервуара посредством нанесения защитного покрытия. Качество покрытия напрямую связано с характеристиками резервуара: хорошая адгезия гарантирует долговечность, достаточная толщина обеспечивает надежную защиту от коррозии, а высокая твердость противостоит механическим повреждениям и износу.

Экспериментальная часть

Экспериментальная часть посвящена разработке алгоритма выбора антикоррозионного покрытия для резервуара. Система покрытий – это совокупность слоев материалов, которые наносятся на поверхность изделия для защиты от внешних воздействий и улучшения его характеристик, технологии нанесения, включающей материальные и технологические ресурсы,

оборудование и оснастку, а также эксплуатационные, организационные и информационные ресурсы создания и эксплуатации антикоррозионного покрытия.

Представление результатов проектирования покрытия в виде информационного объекта, определяющего все характеристики технологии нанесения и расчетные показатели готового покрытия, позволяет управлять информационными ресурсами, используемыми при разработке проектно-конструкторской документации. Разработанный информационный объект, включает в себя исходные данные, показатели продукта, показатели процесса [2,3].

Исходные данные – требуемый срок службы, материал емкости, стойкость к среде и атмосфере, термостойкость.

Показатели продукта – состав лакокрасочного покрытия (ЛКП), технологии нанесения лакокрасочного материала (ЛКМ), расчетные показатели характеристик покрытия.

Показатели процесса – бюджет, нормативные ограничения, переменные ресурсы.

Рассмотрим алгоритм проектирования антикоррозионного покрытия резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов на рисунке 1.

В качестве тестового примера для апробации алгоритма выбрано проектирование типовой системы антикоррозионного покрытия: стальной резервуар, требующий долговечного покрытия (срок службы свыше 15 лет) в условиях умеренной коррозионной активности (среднеагрессивная среда), атмосферного воздействия категории С3 и температурного диапазона от -40 до +40 °С.



Рис. 1. IDEF0-диаграмма алгоритма выбора системы покрытия резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов

Первой функцией алгоритма является “выбор состава покрытия”. В качестве исходных данных выступает техническое задание, включающее в себя требования антикоррозионной защиты, свойства готового покрытия и информацию о резервуаре. В управление функцией входит алгоритм выбора состава ЛКМ. Функция осуществляет поиск необходимых данных в базах данных и таблицах посредством запросов, параметры которых формируются на основе заданных требований.

В результате поиска формируется каталог лакокрасочных материалов, включающий различные составы (эпоксидные, полиуретановые, алкидные и другие), с выделением материалов, для применения в нефтегазовой отрасли [4]. Из каталога выбирается несколько альтернативных вариантов ЛКП, наиболее подходящих к требованиям эксплуатации резервуара, и ресурсы ЛКП из соответствующих таблиц базы данных.

Выбор лакокрасочных материалов для антикоррозионной защиты осуществляется на основе комплексного анализа, использующего базу данных. Процесс основан на последовательных шагах: — сначала, исходя из технического задания (текстовый пример), классифицируется тип поверхности (металл, бетон и т.д.) и необходимые эксплуатационные характеристики покрытия, включающие температурный режим (до 90°C, до 160°C, до 800°C, до 1000°C) и стойкость к атмосферным воздействиям и среде внутри резервуара. Затем, с учетом этих критериев, из базы данных отбираются составы ЛКМ, соответствующие требованиям. На завершающем этапе на основе отобранных составов ЛКМ проводится подбор оптимальной системы лакокрасочного покрытия, обеспечивающей надежную и долговечную защиту от коррозии.

На втором этапе алгоритма выполняется функция “выбор характеристик”. В качестве входных данных

используется список альтернативных ЛКП, которые были получены на предыдущем этапе из функции “выбор состава покрытия”. В управление функцией входит алгоритм выбора характеристик покрытия и алгоритм проведения испытаний, определяющих правила контроля качества покрытия. Ограничениями характеристик покрытия будут нормативные показатели и характеристики ЛКП, получаемые из базы данных лакокрасочных покрытий и нормативные документы с параметрами контроля. В процессе функции происходит отбор выбранных систем ЛКП на соответствие заданных характеристик.

На выходе функции мы получаем список отобранных систем лакокрасочных покрытий с указанием их характеристик, отсортированный по приоритету, а также указание на необходимость возврата к этапу выбора состава, если требуемые характеристики недостижимы [5].

Выполнив анализ данных, полученных из базы данных характеристик, свойств, систем антикоррозионных покрытий, определяем критерии оценки качества ЛКП и проводим сравнения систем покрытий по этим критериям и выбираем наиболее эффективные системы покрытий. Возможные критерии оценки качества ЛКП при выборе покрытия — это стоимость, срок службы, устойчивость к химическим веществам, расход, простота нанесения, быстрота высыхания. При реализации алгоритма выбирается один критерий эффективности, а другие возможные критерии представляются в виде ограничений.

При проведении анализа системы покрытий для тестового примера на вход в алгоритм выбора систем покрытия по характеристикам подаются все исходные данные, включающие в себя требуемые характеристики, специальные свойства покрытия, ограничения, а также исходную информацию о

резервуаре, на поверхность которого будут наноситься ЛКМ, и информацию о продукте, который будет там храниться.

На основе исходных данных производится выбор систем покрытия по сроку службы. Для этого определяется состояние поверхности, наличие дефектов и загрязнений, материал конструкции, климатические факторы. Для выбранных мною систем покрытия и с учетом всех данных подбираются такие системы покрытий, у которых срок службы больше 15 лет. Для выбранной системы, срок службы которой составляет менее 15 лет, дальнейшее использование ее не дает возможность рассматривать ее дальше, либо рассмотреть альтернативные методы повышения срока службы. В случае ее технологической неэффективности предусмотрен возврат к начальному этапу и корректировке выбора системы.

На этапе выбора такой системы, которая устойчива к агрессивным средам, ЛКП должно выдерживать степень агрессивности сред (сильноагрессивные, среднеагрессивные, слабоагрессивные) и категории коррозионной активности среды (C2, C3, C4, C5, CX). Согласно тестовому примеру коррозионная среда среднеагрессивная, а стойкость к атмосфере C3 средняя. Если ЛКП не неэффективно относительно данного параметра, то рассматривается возможность отклонения требований от заданных значений.

Этап «выбор технологии» основывается на предварительно отобранных системах лакокрасочных материалов, которые уже соответствуют необходимым характеристикам, полученные на предыдущем этапе из функции «выбор характеристик». Для каждого конкретного ЛКМ и для системы покрытий в целом проводится анализ и выбираются наиболее эффективные и подходящие методы нанесения. Этот анализ учитывает такие факторы, как характеристики самого покрытия, требования к качеству нанесения, доступное оборудование и экономическую целесообразность каждого метода. Выбор и анализ характеристик покрытия, выполненный на основе информации, полученной из базы данных технологий нанесения и нормативные документы, позволяет определить подходящие технологии нанесения антикоррозионного покрытия.

Выходным параметром функции является описание выбранной системы покрытия и рекомендованного метода ее нанесения (безвоздушный, воздушный и ручной), обеспечивающего наилучшее качество и эффективность (производительность, расход, качество). При выборе нанесения ЛКП анализируем достоинства и недостатки каждого возможного метода. Так, например, при наличии достаточного бюджета и квалифицированных сотрудников безвоздушное нанесение систем антикоррозионных покрытий наиболее выгодно по сравнению с другими.

Далее при рассмотрении функции «технико-экономический анализ» исходная информация

функции содержит данные о материале и размере покрываемой поверхности (типе резервуара), системе ЛКП, технологии нанесения, стоимости ЛКМ за единицу упаковки, оборудования, ремонта и обслуживания покрытия и емкости, потерь продукта из-за возможных утечек. Алгоритмическое обеспечение функции составляют экономические расчеты и анализ ограничений, определяемых нормативными документами. При неудовлетворительных результатах технико-экономического анализа происходит возврат в начало функции «технология нанесения» для выбора более бюджетную технологию.

При выполнении технико-экономического анализа системы покрытия ведется расчет ресурсов покрытия, потерь материала, оценки качества покрытия. Для оценки технико-экономических характеристик используются следующие параметры: стоимость ЛКМ, стоимость агрегатов для нанесения ЛКМ, различное дополнительное оборудование и спецодежда, съем складского сооружения, услуги обработки материалов.

На выходе функции «технико-экономический анализ» мы получаем детальный отчет, содержащий сравнительную оценку затрат и выгод для различных вариантов защиты резервуара, обоснование выбора оптимального варианта и прогноз его экономической эффективности. Этот отчет включает в себя оценку всех расходов (материалы, оборудование, рабочая сила, обслуживание) и потенциальных потерь, а также расчет срока окупаемости и показателей рентабельности.

В тестовом примере для резервуара РВС объемом 20 000 м³ диаметром 40м, высотой 18м общая площадь покрываемой поверхности равна 4742м². Задав теоретический расход на покрытие, рассчитаем какое количество каждого ЛКМ для покраски всего резервуара. Возможны два варианта покрытия.

Для первой системы внутреннего покрытия резервуаров теоретический расход равен 465-775 г/м², тогда нам понадобится 3700кг ИЗОЛЭП-oil. Для второй системы внутреннего покрытия резервуаров теоретический расход равен 210-360 г/м², тогда понадобится 1800кг ИЗОЛЭП-oil 350 AS.

Для первой системы для наружной окраски расход рассчитывается для каждого слоя: 1900кг ЦИНЭП, 2т ИЗОЛЭП-mio, 835 кг ПОЛИТОН-УР (УФ). Для второй системы для наружной окраски расход рассчитывается для каждого слоя: 1800кг ЦИНОТАНА, 500 кг АЛЮМОТАНА.

Проводим технико-экономический анализ, при котором из двух выбранных систем покрытий для внутреннего покрытия наиболее выгодная система под номером 2 почти на 2 млн. руб. дешевле и содержит добавку для повышения электропроводности, что позволяет покрытию не накапливать статический заряд, но предполагаемый срок службы одинаковый, однако первая система наиболее устойчива к химическим веществам таким как нефть и дизельное топливо, что предпочтительнее особенно для внутреннего покрытия. Для систем

наружного покрытия наиболее выгодная система под номером 2, но для первой системы срок службы соответствует 30 годам, тогда как при 2-й только 20 лет. Разница в цене соответствует порядка 2 млн. руб. В зависимости от поставленных ограничений в бюджете, можем подобрать экономически более выгодные системы покрытия или системы, срок службы и степень стойкости к агрессивным средам которых значительно выше.

Каждая из функций, которые включаются в алгоритм, реализуются с помощью логико-математических моделей, которые позволяют рассчитать характеристики покрытия, технологию, обеспечивающие ресурсы. Для обеспечения возможности анализа и принятия решений по альтернативным вариантам в алгоритме предусмотрено участие лица, принимающего решение.

Полный информационный объект, в котором есть вся информация, полученная в ходе алгоритма, на основе которой делается документ с техническими условиями соответствует ГОСТ 31385-2023.

Заключение

Благодаря разработанному алгоритму проектирования покрытия, который позволил систематизировать подход к выбору антикоррозионного покрытия для резервуаров, были изучены различные типы покрытий, оценены их преимущества и недостатки, проанализированы плюсы и минусы различных методов нанесения, а также проведен технико-экономический анализ, что облегчило проведение апробации алгоритма на практике. Были исследованы и выбраны наиболее

подходящие покрытия для внутренних и внешних поверхностей резервуара, а также проведен технико-экономический анализ выбранных систем покрытий.

Список литературы

1. Ильин, А.В. химическая технология нефть и ее переработка / А.В. Ильин, Р.Р. Давлетшин, А.И. Курамшин ; – Казань: Казанский университет, 2018 – 80 с.
2. ГОСТ 31385-2023. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия: межгосударственный стандарт : дата введения 2023-08-01 / – ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет. – Москва: Статус, 2023 – 122 с.
3. Стариков А.В. Анализ антикоррозионных покрытий стальных резервуаров в промышленной безопасности опасных производственных объектов: статья / А.В. Стариков, У.А. Хлесткова. – Самара: 2013. – 176с.
4. Деканов, В.В. и Судакова, Л.А. Лакокрасочные материалы и покрытия: учеб. пособие / В.В. Деканов, Л.А. Судакова. - М.: МГУПП, 2012. - 256 с.
5. ГОСТ 9.401—2018. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов: межгосударственный стандарт: дата введения 2019-07-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию. – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2018 – 122 с.

УДК 591.543.4

Верхососова А.И., Аверина Ю.М., Зверева О.В.

Анализ источников антропогенного загрязнения атмосферного воздуха диоксидом углерода

Верхососова Анастасия Игоревна – студент; verkhososova@gmail.com.

Аверина Юлия Михайловна – к.т.н., заведующий кафедрой логистики и экономической информатики; averina.i.m@muctr.ru

Зверева Ольга Владимировна – ассистент кафедры логистики и экономической информатики;

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»,

Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9;

В статье рассматриваются источники выбросов эмиссий углекислого газа по категориям. Проанализирована статистика выбросов парниковых газов на территории Российской Федерации. По результатам анализа статистических данных выявлен самый масштабный источник загрязнений окружающей среды.

Ключевые слова: экология; изменение климата; парниковые газы; двуокись углерода.

Analysis of sources of anthropogenic pollution of atmospheric air by carbon dioxide

Verkhososova A. I., Averina J. M., Zvereva O. V.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russian Federation

The article considers the sources of carbon dioxide emissions by categories. The statistics of greenhouse gas emissions on the territory of the Russian Federation is analyzed. According to the results of the analysis of statistical data the largest source of environmental pollution is identified.

Key words: ecology; climate change; greenhouse gases; carbon dioxide.

Введение

Диоксид углерода (CO_2) – самый известный парниковый газ, благодаря его высокой концентрации в атмосфере. Естественные источники CO_2 , бесспорно, есть и включают в себя вулканические выбросы и продукты жизнедеятельности практически всех живых организмов, а также испарения земли, которые в год составляют около 60 Гт. Источники антропогенного CO_2 включают сельское хозяйство, токсичная промышленность, но в первую очередь, сжигание органического топлива. По мнению большинства исследователей, углекислый газ, как и его прототипы в виде метана, является причиной глобального потепления, в основном вызванного парниковым эффектом. Основными источниками эмиссии парниковых газов в атмосферу выступают промышленные предприятия и объекты энергетической отрасли, функционирующие на ископаемом топливе, таком как газ, уголь, нефть и продукты их переработки [1, 7, 8]. В 2019 году глобальные выбросы углекислого газа (CO_2), связанные со сжиганием ископаемых видов топлива, достигли рекордного уровня в 38,0 гигатонн. Сейчас тенденции на снижение антропогенного вреда экологии набирают оборот, и есть основания полагать, что выбросы сократятся, однако на данный момент их количество почти неизменно. Важно отметить, что сокращение выбросов наблюдается преимущественно в развитых странах, состоящих в мировых экономических организациях, таких как ООН. С 2015 года цели устойчивого развития призывают человечество обратить внимание на экологические проблемы, однако несмотря на повышение энергоэффективности и расширение использования низкоуглеродных источников, в странах с высокими темпами роста

энергопотребления, для удовлетворения потребностей развития, выбросы парниковых газов продолжают увеличиваться [2]. В общемировом масштабе на долю Российской Федерации приходится 4,6% выбросов CO_2 [3,4].

Аналитическая часть

Рассмотрим статистику выбросов углекислого газа в России за 2020 год. Энергетический сектор, на долю которого приходится 78% всех выбросов, является основным источником загрязнения атмосферы. Промышленные процессы и использование промышленной продукции составляют 12%, сельское хозяйство — 6%, а отходы — 4%. Эти данные подчеркивают необходимость немедленных и целенаправленных мер для сокращения выбросов углекислого газа.

В секторе «Отходы» представлена информация о значительном вкладе утилизации продуктов жизнедеятельности человека в выбросы диоксида углерода. Этот процесс включает захоронение мусора и строительных отходов на специально отведенных полигонах, что помогает изолировать опасные промышленные остатки и предотвратить их негативное воздействие на здоровье людей. В 2020 году объем таких выбросов составил 67,62 миллиона тонн CO_2 , что составляет 70,9% от общего объема выбросов в этом секторе. Однако, несмотря на масштабы захоронения, важно отметить, что биологическая обработка твердых отходов составляет всего 0,021% от общего объема выбросов, что обостряет проблему более активного развития и внедрения технологий, направленных на переработку отходов. Особое внимание следует уделить очистке жидких отходов и стоков, которая составляет 29% от общего объема выбросов. Этот процесс включает

удаление загрязнений из сточных вод, что способствует улучшению качества окружающей среды. Очистка полужидких и твердых отходов также играет важную роль, поскольку она позволяет удалить наиболее легко разлагаемые органические вещества, стабилизируя отходы и превращая их в полезные ресурсы. Например, навоз после обработки становится качественным удобрением, в свою очередь это помогает развитию сельского хозяйства и снижению зависимости от химических удобрений.

На Рис.1 представлена динамика антропогенных выбросов углекислого газа (в миллионах тонн эквивалента CO_2 в год) за шестнадцатилетний период с 2004 по 2020 год. Анализ данных диаграммы позволяет сделать вывод о том, что количество выбросов углекислого газа в результате утилизации продуктов жизнедеятельности человека увеличивается с каждым годом, а работы по

оптимизации и снижению выбросов не проводятся в достаточном масштабе.

Сельское хозяйство производит около 6% от глобального объема выбросов парниковых газов, что составляет примерно 116,64 млн тонн CO_2 -эквивалента ежегодно. На внутреннюю ферментацию сельскохозяйственных животных приходится 33,5% (39,04 млн тонн CO_2 -эквивалента в год). Системы сбора и хранения навоза обеспечивают 11,1% (12,94 млн тонн CO_2 -эквивалента в год), рисоводство — 0,5% (0,61 млн тонн CO_2 -эквивалента в год). Известкование и внесение мочевины составляют 0,9% (1,11 млн тонн CO_2 -эквивалента в год). Возделывание почвы приводит к выделению 54% (62,95 миллионов тонн CO_2 -эквивалента в год) газа. Динамика количества выбросов, как и в прошлом секторе, растет с каждым годом.

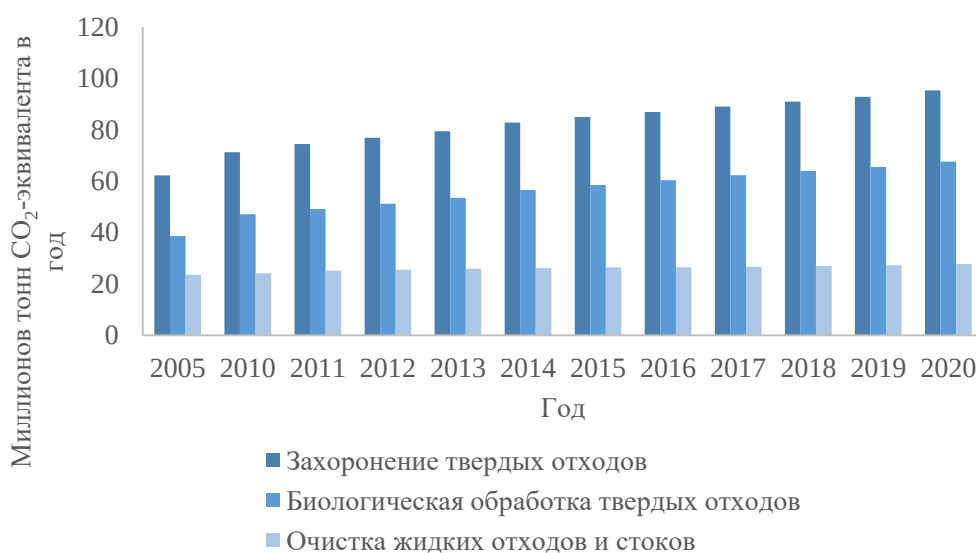


Рис.1 Выбросы парниковых газов, связанные с отходами. Данные Российского национального кадастра антропогенных выбросов.



Рис.2. Выбросы парниковых газов в сельском хозяйстве. Данные Российского национального кадастра антропогенных выбросов.

Выбросы парниковых газов, связанные с промышленными процессами и использованием промышленной продукции, составляют 12 % от общего объема выбросов. Как и динамика выбросов сельского хозяйства, в этой категории также демонстрируется положительная тенденция. По сравнению с 2005 годом, когда выбросы от промышленности составили 208,95 миллионов тонн CO_2 -эквивалента в год, наблюдается рост, так как показатель в 2020 году увеличился в 1,1 раз и составил 241,73 миллионов тонн CO_2 -эквивалента в год. Наибольшее количество выбросов приходится на металлургию, её доля составляет 44,4% (107,26 млн тонн), затем химическая промышленность 30,4% (73,37 млн тонн). Доля производства продукции из минерального сырья составила 14,9% (36,01 миллионов тонн CO_2 -эквивалента в год), использования растворителей и неэнергетических продуктов из топлива 0,8% (2,01 млн тонн), электронной промышленности 0,01% (0,02 млн тонн), использования фторированных заменителей озоноразрушающих веществ 9% (21,93 млн тонн), производства и использования другой продукции 0,5% (1,16 млн тонн).



Рис. 3. Выбросы парниковых газов, связанные с промышленными процессами и использованием промышленной продукции. Данные Российского национального кадастра антропогенных выбросов

В России основным источником выбросов углекислого газа (CO_2) является энергетическая промышленность. В 2020 году выбросы CO_2 в результате добычи твёрдых топлив составили 64 миллиона тонн, а в результате деятельности, связанной с нефтью и газом, — 152,8 миллиона тонн. Большая часть выбросов CO_2 — 86%, или 1380,9 миллиона тонн, образуется в результате сжигания ископаемого топлива. К сожалению, выбросы парниковых газов, связанные с транспортной деятельностью, продолжают расти, несмотря на

внедрение эффективных транспортных решений и улучшение транспортной политики [5].

Заключение

В результате анализа антропогенных источников загрязнения атмосферного воздуха двуокисью углерода были выявлены четыре основные категории выбросов: энергетика, промышленность, сельское хозяйство и отходы. По статистике именно категория энергетики показывает самый большой процент по выбросам, она составляет 78%, это более одного миллиона тонн газа в год. Человечество вынуждено признать необходимость снизить количество эмиссий парниковых газов во избежание глобального изменения климата.

Список литературы

1. Арутюнов В.С. Глобальное потепление: миф или реальность, катастрофа или благо? // Российский химический журнал (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И.Менделеева). - 2005. - Т. XLIX, № 4. - С. 102-109.
2. Emissions Gap Report 2020 Executive summary. 2020 United Nations Environment Programme // United Nations Environment Programme (2020). Emissions Gap Report. Executive summary. Nairobi. –2020. –16 p.
3. Greenhouse Gas Inventory Guidance Direct Emissions from Statonary Combustion Sources // United States Environmental Protection Agency. -2016. -21p.
4. Trends in global CO_2 and total greenhouse gas emissions: 2019 Report // PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. The Hague. 2020. - 70 p.
5. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]: сайт. – URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 25.11.2024).
6. Верховосова, А. И. SWOT-анализ технологии синтеза автомобильного топлива путем переработки атмосферного воздуха / А. И. Верховосова, Ю. М. Аверина, О. В. Зверева // Образование и наука для устойчивого развития : Материалы XVI Международной научно-практической конференции, посвящённая 300-летию Российской академии наук. В 2-х частях, Москва, 16–19 апреля 2024 года. – Москва: Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, 2024. – С. 107-110.
7. Обработка поверхности металлов в поле низкочастотных воздействий / Г. Н. Фадеев, В. С. Болдырев, Ю. М. Аверина, Н. А. Богатов // Цветные металлы. – 2019. – № 10. – С. 73-77. – DOI 10.17580/tsm.2019.10.12.
8. Ахметова, В. Н. Контроллинг на малых инновационных предприятиях / В. Н. Ахметова, Е. А. Барабанщикова, Ю. М. Аверина // Успехи в химии и химической технологии. – 2017. – Т. 31, № 15(196). – С. 76-77

УДК 66.023

Сазонов И.А., Башлыкова А.И., Савинков С.В.

Влияние цифровизации на производительность труда в лабораторных условиях

Сазонов Илья Александрович, студент; sazonovilyaa@yandex.ru

Башлыкова Анастасия Игоревна, студент; anastasiabashlykovarhty@gmail.com

Савинков Сергей Валериевич к.т.н., доцент кафедры;

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»,

Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9.

В статье рассмотрена возможность внедрения цифровизации в текущую деятельность лаборатории на примере комплексного использования оборудования учебно-научного центра химической и электрохимической обработки материалов РХТУ им. Д.И. Менделеева, предназначенного для анализа покрытий в области обработки поверхностей печатных плат. Для цифровизации с целью повышения производительности труда и экономической эффективности было предложено использовать систему управления лабораторной информацией (Laboratory Information Management System), показавшей наилучшие результаты.

Ключевые слова: цифровизация, эффективность труда, экономическая эффективность, лабораторная деятельность, бизнес-процессы.

The impact of digitalization on labor productivity in laboratory conditions

Sazonov I.A., Bashlykova A.I., Savinkov S.V.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russian Federation

The article considers the possibility of introducing digitalization into the current activities of the laboratory using the example of the integrated use of equipment from the Educational and Scientific Center for Chemical and Electrochemical Processing of Materials at the Mendeleev Russian Technical University, designed to analyze coatings in the field of surface treatment of printed circuit boards. For digitalization, in order to increase labor productivity and economic efficiency, it was proposed to use the Laboratory Information Management System, which showed the best results.

Keywords: digitalization, labor efficiency, economic efficiency, laboratory activity, business processes.

Введение

В связи с быстрым развитием технических возможностей и увеличением спроса на продукцию электронной промышленности, производство печатных плат стало предметом постоянного совершенствования и инноваций. Внедрение новых технологий, автоматизация производственных процессов, повышение качества и точности выпускаемой продукции становится важным фактором для обеспечения конкурентоспособности компаний отрасли.

Для повышения эффективности и рентабельности работы учебно-научного центра была предпринята попытка проведения локальной цифровизации, объединяющей лабораторное оборудование целевого назначения.

Цифровизация представляет собой перевод общего массива аналоговой информации в цифровое пространство. Локальная цифровизация деятельности заключается в процессе внедрения цифровых технологий и методов в области операций и процессов, проводимых в лабораторном окружении. Внедрение локальной цифровизации приведет к улучшению эффективности, точности и надежности работы учебно-научного центра и его исследовательских методов путем использования современных цифровых решений.

В работе будет изучена деятельность учебно-научного центра в области обработки покрытий

печатных плат и будет выдвинут ряд предложений, касающихся локальной цифровизации, применение которых должно создать эффективное цифровое пространство, повышающее эффективность деятельности центра.

Основная часть

Трансформация образовательной сферы, научных исследований, управленческих задач и общественных связей через внедрение цифровых инноваций играет решающую роль в развитии современного образовательного процесса [1, 2].

Процесс включает в себя такие этапы, как организация онлайн-курсов, вебинаров и дистанционного обучения, использование виртуальной и дополненной реальности для создания интерактивных образовательных материалов, а также разработка систем электронного обучения для управления учебным процессом и контроля успеваемости студентов [3].

В контексте цифровизации также важно учитывать её влияние на бизнес-деятельность организации. Цифровизация бизнеса представляет собой значительное изменение продуктов и операционных моделей компании за счет инновационных технологий.

Подробно тема цифровизации бизнес-процессов разобрана в статье [4]. В работе подтверждается, важность внедрения инновационных цифровых

технологий как важного инструмента для укрепления бизнес-процессов. В то же время акцентируется внимание на том, что внедрение цифровизации и высоких технологий требует специфических усилий, в зависимости от сферы бизнеса, времени и материальных ресурсов. Отмечается прагматическая роль процесса цифровизации относительно будущего упрощения ведения бизнеса.

В рамках технологических процессов лабораторной деятельности широко распространена концепция «цифровых двойников». Цифровой двойник – это виртуальная модель реального объекта или процесса, которая позволяет в реальном времени отслеживать изменения, вносить корректировки и проводить симуляции без необходимости вмешательства в реальные системы. В контексте обработки поверхностей печатных плат цифровые двойники могут быть использованы для моделирования процессов обработки, оптимизации параметров процесса, анализа реакций и прогнозирования результатов.

Таким образом, использование цифровых двойников в лабораторной деятельности, связанной с химической обработкой поверхностей печатных плат, позволяет значительно улучшить процессы исследования и производства, повысить эффективность использования ресурсов и оборудования, а также снизить риски и затраты, связанные с проведением экспериментов [5].

Решать задачи автоматизации деятельности лаборатории призваны системы ЛИМС (Laboratory Information Management System – система управления лабораторной информацией), специализированные программные средства контроля за работой оборудования в лаборатории, входящих и исходящих потоков, начиная от планирования испытаний и управления жизненным циклом образцов и заканчивая работой со штрихкодами и авторизацией электронной подписи пользователя.

Внедрение этой системы приводит к множеству положительных изменений, среди которых стоит выделить следующие аспекты: она значительно снижает вероятность ошибок, связанных с человеческими промахами, благодаря автоматизации процессов, что также освобождает лабораторный персонал от повседневных однотипных задач. Это обеспечивает более высокий уровень контроля качества исполнения работы благодаря стандартизации процессов, управляет и поддерживает компетенции сотрудников за счет четкой системы аттестации и разграничения доступа к определенным видам работ в зависимости от их квалификации и должностных обязанностей. К тому же, система способствует эффективному управлению информационными потоками и документацией внутри лаборатории, что делает рабочие процессы более организованными и менее затратными в плане времени и ресурсов.

Внедрение ЛИМС подразумевает ряд процессов, разделенных на следующие этапы, устанавливающие единое цифровое пространство в рамках специализированного программного обеспечения: 1) согласование охвата проекта; 2) постановка задачи; 3) реализация проекта (включая создание прототипа); 4) проведение первичных испытаний (по алгоритму «Подходит – подтвердить внедрение, не подходит – внести правки»); 5) проверка ЛИМС на практике; 6) запуск; 7) обсуждение и поддержание.

Основной целью цифровизации является рост отдачи от используемых ресурсов. Применительно к персоналу речь будет идти о росте производительности труда. С одной стороны, цифровизация предполагает определенные затраты как материальные, так и организационные, и социально-экономические, но, с другой – рост результатов, получаемых благодаря цифровизации, должен «перекрыть» данные затраты.

Измерение производительности рабочего труда в условиях лаборатории осуществляется путем сопоставления количества произведенных услуг за определенный период времени в объемном измерении ($Q_{вп}$ – объем вырабатываемых услуг) к затратам рабочего времени на производство этих услуг (T_p – затраты рабочего времени)

При прямом делении этих чисел используется показатель выработки (B):

$$B = Q_{вп} / T_p \quad (1)$$

Как видно из соотношения (1), показатель выработки характеризует производительность рабочего труда.

Проведенный хронометраж рабочего дня сотрудника лаборатории с учетом цифровизации и без нее показал следующие результаты. Общее количество рабочего времени без цифровизации составляет 540 минут, а с использованием цифровых технологий – 367 минут. Разница между этими показателями является разницей в эффективности труда. В таблице также отмечены окна, образовавшиеся вследствие сокращения времени на выполнение операции. Образовавшееся свободное время можно использовать для повышения эффективности рабочего труда.

Заключение

Представлены известные способы цифровизации деятельности организации. Также проанализированы существующие способы цифровизации технологических процессов обработки покрытий ПП химическим и электрохимическим методом. Представлен анализ статей, связанных с выявлением эффективности внедрения цифровизации в технологические и бизнес-процессы предприятий различных сфер деятельности.

Был проведен анализ системы ЛИМС как средства повышения эффективности деятельности

учебно-научного центра РХТУ им. Д.И. Менделеева и проанализировано влияния цифровизации на производительность труда сотрудника лаборатории посредством составления хронометража, отражающего повышение эффективности рабочего времени, и, как следствие, повышение производительности труда. Сделан вывод о целесообразности дальнейшей работы в этом направлении.

Список литературы

1. Савинков С.В., Киселев В.М. Мониторинг индикаторов реализации «Стратегии развития химического комплекса РФ до 2030 года», часть 1. РУСАЙНС, М.: – 2022, 120 с.
2. Дежина Е.В., Черных Ю. С. Об особенностях организации учебного процесса в условиях цифровизации образования. Актуальные вопросы образования. – 2022. – № 3. – С. 280-284.
3. What is digital transformation? - Text: electronic // The Enterprises Project: [website]. – URL: <https://enterpriseproject.com/what-is-digital-transformation>
4. Скрипкин И.В., Шишков П.О. Цифровизация как ключевой компонент общей стратегии развития бизнеса. М.: Хроноэкономика. – 2022. – No. 2(36). – Р. 135-138.
5. Моисеенко, В. А. Актуальные вопросы внедрения цифровых двойников в промышленности / Модернизация экономических систем: политика, экономика, общество и право: Материалы IV Международной научно-практической конференции, Махачкала, 16 апреля 2020 года. – Махачкала: Дагестанский государственный университет, 2020. – С. 87-92.

УДК 69

Верхососова А.И., Аверина Ю.М., Зверева О.В.

Основные направления применения химических технологий в строительной отрасли

Верхососова Анастасия Игоревна – студент; verkhososova@gmail.com.

Аверина Юлия Михайловна – к.т.н., заведующий кафедрой логистики и экономической информатики; ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева», Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9; averina.i.m@muctr.ru

Зверева Ольга Владимировна – ассистент кафедры логистики и экономической информатики; ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева», Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9; zvereva.o.v@muctr.ru

В статье рассмотрены ключевые аспекты строительства, на которые влияет химическая технология. Описаны перспективные направления её применения, такие как улучшение качества и прочности строительных материалов, защита от коррозии, разработка более доступных строительных решений, создание инновационных материалов.

Ключевые слова: строительные материалы, химическая технология, добавки для бетона, композитные материалы, клеи-герметики, алюминиевые сплавы, защитные покрытия.

Main directions of application of chemical technologies in the construction industry

Verkhososova A. I., Averina J. M., Zvereva O. V.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russian Federation

The article considers key aspects of construction that are affected by chemical technology. It describes promising areas of its application, such as improving the quality and strength of building materials, protection against corrosion, development of more affordable construction solutions, and creation of innovative materials.

Key words: building materials, chemical technology, concrete admixtures, composite materials, sealant adhesives, aluminum alloys, protective coatings.

Введение

Современное строительство вместе с прогрессом неумолимо выходит на новый уровень. Ни одно архитектурное сооружение невозможно представить без применения химической технологии, именно поэтому необходимо хорошо понимать химическую сущность происходящих на строительной площадке процессов, знать свойства применяемых материалов и заложенные в них потенциальные возможности. Это позволит применять каждый материал наиболее эффективным образом. В результате повысится срок службы сооружений, уменьшится их масса и улучшатся другие важные показатели. Цель работы: показать влияние развития химической технологии на строительные материалы.

Аналитическая часть

На основе химии полимеров получены новые неорганические и элементоорганические материалы, которые существенно меняют технику строительства и облик сооружений. Достойное место среди конструкционных материалов занимают стеклопластики, причем прогресс в этой области зависит от разработки новых недефицитных органических полимеров или их композиций с минеральными вяжущими веществами. В настоящее время стеклопластики представляют собой композиционные полимерные материалы, армированные стеклянными волокнами, которые изготавливаются из расплавленного неорганического стекла. В качестве матрицы обычно используют как термореактивные синтетические смолы (такие как фенольные, эпоксидные и полиэфирные), так и термопластичные полимеры (например, полиамиды,

полиэтилен и полистирол). Эти материалы обладают высокой прочностью, низкой теплопроводностью и отличными электроизоляционными свойствами, а также могут быть прозрачными для радиоволн [1]. Они находят широкое применение в строительстве, судостроении, радиоэлектронике, производстве бытовых предметов, спортивного оборудования, оконных рам для современных стеклопакетов и других областях [2].

С каждым годом смелее применяется стекло. Стеклянные поверхности стали ключевым элементом выразительности в современной архитектуре, акцентируя внимание не только на форме, размерах и расположении окон, но и на балансе между глухими и остекленными частями зданий. Использование строительного стекла продолжает расти, и в некоторых современных зданиях светопрозрачные ограждения могут занимать 70-80% и более площади фасада. Нынешний этап развития стекла характеризуется применением строительных стекол с определенными свойствами, что стало возможным благодаря достижениям в физике, химии, материаловедении и технологиях. С увеличением площадей остекления, которые стали сопоставимы с площадью стен, а в некоторых случаях стены полностью заменяются стеклом, требования к свойствам стекла значительно изменились. Ранее многие функции, которые сегодня выполняет остекление (такие как формирование микроклимата и поддержание гигиенической обстановки в помещениях), были возложены на каменные стены [3, 4].

Существенно увеличился спрос на металлоконструкции, особенно на основе легких

алюминиевых сплавов. Однако не только эти направления определяют облик современного строительства. Наиболее значительный прогресс достигнут в совершенствовании технологии производства традиционных строительных материалов и изделий. Эта технология является в подавляющем большинстве случаев, по существу, химической. На строительные объекты поступает продукция, все более разнообразная по ассортименту и свойствам. Так, химия решительно вторглась в совершенствование такого важного производства, как цементное; с ее помощью удалось получить сверхбыстротвердеющие цементы со сроками схватывания, исчисляемыми минутами. Прочность бетонов на таких цементах уже через несколько часов позволяет эксплуатировать конструкции. Таким образом, даже первые шаги в этой области сулят в перспективе радикальные изменения технологии сборного железобетона и может быть в ряде случаев отказ от прогрева изделий [5].

Почётная роль в совершенствовании строительного производства сейчас принадлежит добавкам, а также смазкам. Например, трудно представить себе бетон высокой морозостойкости, выпускаемый без применения специальных добавок. В наше время ни одно железобетонное сооружение в суровых климатических условиях не возводится без введения в бетон таких веществ. Масштабы использования всевозможных добавок, например ускорителей твердения и противоморозных, позволяющих вести зимнее строительство при температуре бетона до -35°C , за последнее десятилетие расширились. Это позволило быстрее и успешнее освоить богатейшие районы Сибири и Дальнего Востока, исключить сезонность при строительстве автомагистралей, использовании нефти- и газоносных недр Тюменской области и других «кладовых» нашей Родины [6].

Крупных достижений добились искусные сочетания между собой как различных неорганических материалов, так и неорганических с органическими (стеклопластики, цементные бетоны, армированные стекловолокном) – композитные материалы. Важность этого направления определяется тем, что при использовании многих органических материалов нельзя не считаться с их сравнительно высокой стоимостью, в ряде случаев дефицитностью и неполной обеспеченностью сырьем для их производства. Кроме того, в некоторых случаях органические полимеры недостаточно долговечны, имеют повышенную деформативность, невысокую прочность и низкую рабочую температуру. Если же комбинировать их с неорганическими материалами, то удастся получить композиции с преимуществами тех и других, почти полностью лишенные недостатков, присущих им при применении каждого такого материала в отдельности. Под термином «сочетание материалов» имеется в виду также придание им новых дополнительных свойств или резкое усиление существующих не только путем введения добавок или использования компаундов, но и благодаря пропитке пористых материалов мономерами с их последующей полимеризацией. На этом пути строительство встречает приятные сюрпризы.

Например, пропитывая неводостойкие, недостаточно прочные материалы, удается придать им высокую устойчивость к действию жидких и газообразных сред, превосходные механические свойства и красивый внешний вид. Трудно переоценить это, безусловно, весьма перспективное направление работ, требующее превосходной химической подготовки от исполнителей. Совсем недавно возможность получать в производственных условиях крупноразмерные изделия на основе цементного бетона с маркой по прочности при сжатии выше 100 Мпа казалась маловероятной. Но уже сейчас таким образом удастся не только улучшить физико-механические показатели бетона, но и изменить в нужном направлении отношение прочности сжатия к прочности при растяжении [7, 8, 12].

Варьируя глубину пропитки за счет соответствующей технологии, удается вести процессы либо преимущественно в направлении получения высокопрочных изделий, либо повышения их непроницаемости и долговечности (при этом особое значение приобретает существенное увеличение стойкости изделий и конструкций к действию агрессивных сред). Если первое направление связано с практически полной пропиткой бетона и поэтому экономически не всегда доступно, то второе, требующее поверхностной пропитки, используется почти во всех сферах строительства. Так, в дорожном строительстве зарубежном известен успешный опыт использования эластичных органических олигомеров, наносимых на свежий бетон. Этот олигомер, пропитывая поверхностный слой цементного бетона, во много раз повышает морозостойкость дорожных покрытий, в том числе в условиях совместного действия мороза и противогололедных реагентов, обычно солей.

Одним из ключевых достижений последних лет стала разработка нового метода подготовки поверхности алюминиевых сплавов [9, 13]. Этот метод предполагает использование локальной химической обработки с различными составами, а также местное анодное окислирование в электролите на основе фосфорной кислоты с применением растворов и паст. Эти технологии успешно применяются при ремонте изделий в авиакосмической промышленности, особенно в сочетании с клеями и композитными материалами. Кроме того, особое внимание уделяется исследованию ресурсной прочности клеевых соединений. Клеевые соединения, используемые в конструкциях самолетов и вертолетов, подвергаются значительным нагрузкам. Поэтому они должны демонстрировать высокую стойкость к воздействию различных факторов, что является критически важным для обеспечения надежности и безопасности летательных аппаратов. Герметики стали широко использоваться в различных сферах, включая строительство, судостроение и приборостроение. В строительстве их применяют для герметизации швов между бетонными конструкциями. Помимо своей основной функции, заключающейся в обеспечении непроницаемости, герметики также часто выступают в роли клеевых материалов. Они могут служить защитным покрытием, которое защищает конструкции от воздействия атмосферы, коррозии,

тепла и механических повреждений. Растущий интерес к жилой и коммерческой недвижимости, а также к объектам инфраструктуры требует применения современных строительных материалов. Среди них особое место занимает строительная химия, которая представлена как готовыми продуктами, так и дополнительными компонентами. При комплектации объектов используется широкий ассортимент строительной химии. Это включает клеи, герметики, монтажные пены, лакокрасочные материалы, шовные заполнители, добавки для сухих строительных смесей и растворов, а также пропиточные и антикоррозионные составы и наливные полы. Качество материалов играет ключевую роль в успешном проведении строительных работ, именно поэтому научные исследования и разработки являются основой для создания таких материалов. Как зарубежные, так и отечественные компании вкладывают значительные средства в это направление [10].

В области предохранения строительных конструкций и сооружений от коррозии все шире применяется включение в систему антикоррозионных мероприятий сразу нескольких методов защиты. При этом в случае изменения условий эксплуатации конструкции, когда в силу каких-либо причин в неполной мере «сработало» одно из защитных средств, ему на смену приходит другое. Подобная комбинированная защита от коррозии рекомендуется, например, для арматуры железобетонных конструкций, работающих в условиях действия кислых газов. Введение в бетон сразу двух добавок — замедлителей коррозии — одной, обладающей высокими защитными свойствами в щелочной среде, другой в кислой, гарантирует торможение коррозии арматуры и в условиях карбонизированного бетона [11, 12]. Естественно, что комбинированная антикоррозионная защита железобетонных конструкций и сооружений может включать одновременное использование лакокрасочных и металлопокрытий: лакокрасочных покрытий с «подстраховкой» добавками — замедлителями коррозии и т. д. Высокое качество продукции, получение разнообразной гаммы материалов с заданными свойствами, изделий и конструкций из них — вот основное направление, которое может быть обеспечено благодаря химизации строительства.

Заключение

В современном строительстве активно используются химические технологии, которые способствуют повышению качества материалов, снижению затрат и улучшению эксплуатационных свойств зданий. Важнейшая тенденция развития научного прогресса в строительстве на ближайшие годы должна быть связана с улучшением лабораторной базы и научной квалификации сотрудников, перестройкой системы организации научных работ, более тесными взаимосвязями между специалистами, занятыми прикладными исследованиями строительного профиля, и учеными, развивающими фундаментальные направления в области химии.

Кроме того, надо учесть, что проблема создания безотходных химических производств, вызванная необходимостью охраны окружающей среды и соображениями экономического характера, а также желанием рационального расходования сырьевых ресурсов планеты, тесным образом переплетётся с проблемами строительства. Сейчас уже многое сделано и еще больше предстоит выполнить, чтобы отходы химических, металлургических и некоторых других производств после их переработки с использованием последних достижений химии стали полноценными строительными материалами.

Список литературы

1. Белов В.В., Петропавловская В.Б., Храпцов Н.В. Строительные материалы: учебник М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2014. 272 с.
2. Дорофеева, А. А. Технологии изготовления стеклопластика / А. А. Дорофеева, Н. Л. Дорофеева // Молодежный вестник ИрГТУ. – 2018. – Т. 8, № 3. – С. 66-68.
3. Соловьев С.П., Динеева Ю.М. Стекло в архитектуре. – М.: Стройиздат, 1981. – 191 с.
4. Осипов Ю.К., Матехина О.В. Обобщенная теоретическая модель тепловой защиты жилых зданий с помощью наружных ограждающих конструкций // Вестник СибГИУ. 2015. № 1 (11). С. 50 – 55.
5. Ратинов В.Б., Иванов Ф.М. Химия в строительстве. М.: Стройиздат, 1977. 202 с.
6. Структурные зависимости морозостойкости ячеистого бетона. / Е. Г. Величко. // Строительные материалы. - 2012. - N 4. - С. 73-75.
7. Байер, В. Е. Материаловедение для архитекторов: Учебное пособие. – М.: АСТ, Транзиткнига: Астрель, 2005.
8. Сарсенбай, А. С., Станевич, В. Т., Кудрышова, Б. Ч., Капустин, А. П. Повышение эффективности арболитовых композиций комплексными добавками // Наука и техника Казахстана. – 2019. – № 1. – С. 44-50.
9. Сатбаев, Б. Н. Особенности получения жаростойких сплавов и композиционных материалов // Наука и техника Казахстана. – 2003. – № 3. – С. 45-49.
10. Хайруллин, И.К. Герметизирующие материалы в современном строительстве / И.К. Хайруллин // Строительные материалы. – 2014. – № 1. – С. 95-98.
11. Методы защиты от коррозии металлических конструкций подземных сооружений / Р. С. Федюк, И. Е. Гаврилов, А. С. Мухранов, И. В. Пожидаев // Современные проблемы лингвистики и методики преподавания русского языка в ВУЗе и школе. – 2022. – № 40. – С. 635-639.
12. Композиционные материалы. Классификация, особенности свойств, применение и технологии получения / Е. Н. Субчева, Ю. М. Аверина, Е. В. Юртов, О. В. Зверева. – Москва : Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, 2017. – 128 с. – ISBN 978-5-7237-1535-6.
13. Обработка поверхности металлов в поле низкочастотных воздействий / Г. Н. Фадеев, В. С. Болдырев, Ю. М. Аверина, Н. А. Богатов // Цветные металлы. – 2019. – № 10. – С. 73-77.

УДК 666.94

Покровский С.Я., Зверева О.В., Пигас А.В.

Анализ способов определения и контроля выбросов цементных производств

Покровский Савва Ярославович – бакалавр 4го года обучения;

Зверева Ольга Владимировна – ассистент кафедры ЛогЭКИ;

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева»,

Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9.

В данной статье поэтапно рассмотрено производство цемента. На каждом этапе определены основные виды выбросов. Проанализированы различные способы количественного и качественного анализа состава этих выбросов для определения их точности и применимости на различных цементных производствах. Рассмотрены системы предиктивного контроля выбросов, которые являются альтернативой другим широко применяемым методам оценки.

Ключевые слова: цементное производство, мониторинг выбросов, контроль выбросов, защита экологии.

Analysis of methods for determining and controlling emissions from cement production

Pokrovskiy S.Y., Zvereva O.V., Pigas A.V.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russian Federation

This article considers the production of cement in stages. At each stage, the main types of emissions are identified.

Various ways of quantitatively and qualitatively analyzing the composition of these emissions are analyzed to determine their accuracy and applicability to different cement plants. Predictive emission control systems are considered as an alternative to other commonly used estimation methods.

Keywords: cement production, emission monitoring, emission control, environmental protection.

Введение

Производство цемента является значительной частью всей отрасли строительных материалов, оказывающая довольно сильное негативное влияние на окружающую среду. Ввиду этого необходимо контролировать и оценивать выбросы этих производств, во избежание ухудшения экологической ситуации в районах данных заводов. На данный момент активно развиваются предиктивные системы контроля выбросов производств, которые позволят в разы сократить выбросы многих заводов. Однако, на производствах цемента часто используются устаревшие методы контроля выбросов, которые дают неточный результат или работают нестабильно. Целью этой работы является анализ современной литературы для выявления наиболее часто используемых способов оценки и контроля выбросов цементных производств, а также оценка их эффективности.

Аналитическая часть

Прежде чем переходить к основным загрязняющим веществам, необходимо изучить основные этапы производства цемента. В общем случае производство цемента включает в себя три ступени:

1. *Добыча и подготовка сырья.* На данном этапе в карьерах, которые чаще всего расположены вблизи цементного производства, добываются оксиды кальция, кремния, алюминия и железа. Сырьё измельчается и смешивается.

2. *Производство цементного клинкера.* Полученная на первом этапе сырьевая смесь в специальных печах нагревается до температуры около 1500 °C и затем быстро охлаждается.

3. *Смешивание и измельчение клинкера до консистенции цемента.* На финальном этапе производства существует четыре различных метода получения цемента из клинкера: сухой, полусухой, мокрый и полумокрый. Все эти способы более подробно описаны в работах [1] и [4]. Каждый из них имеет ряд преимуществ и недостатков, связанных как со свойствами получаемого цемента, так и с экологией.

Теперь рассмотрим три основных вида воздействия цементных производств на окружающую среду:

1. *Выбросы пыли.* Выбросы пыли могут возникать на каждом из вышеописанных этапов производства цемента. Это может происходить за пределами завода на этапе добычи сырья и во время самих технологических процессов при контакте потоков воздуха и газа с измельченными смесями. Также, часто не учитывают выбросы пыли при упаковке, транспортировке и хранении уже готового цемента, однако часто количество образующейся на этих этапах пыли может быть не меньше.

2. *Выбросы металлов и их соединений.* На цементных производствах могут происходить выбросы как нелетучих металлов, так и летучих их соединений. Выбросы первых возникают на тех же этапах, что и выбросы пыли. В данном случае металлы являются частью пыли, в которую они попадают из сырья. В сырье же они присутствуют в качестве примеси. Выбросы же летучих соединений металлов связаны с отсутствием необходимых систем вентиляции или их неисправностью.

3. *Газообразными выбросы.* При производстве цемента в атмосферу могут попадать различные газы: CO₂, SO₂, NO₂ и др. Основная доля выбросов CO₂

приходится на этап обжига клинкера. Он включает в себя термическое разложение CaCO_3 с углекислого газа. Также, при расчёте выбросов этого газа учитывается сжигание топлива, необходимое для всех технологических процессов и процессов транспортировки. На этих же этапах образуются и оксиды азота. Выбросы же SO_2 зависят от концентрации серосодержащих примесей в сырье, при сжигании которых на этапе обработки сырья и образуется сернистый газ.

Существует широкое множество подходов к определению выбросов на цементном производстве. Рассмотрим три универсальных подхода для большинства цементных производств.

1. Инвентаризация выбросов парниковых газов при производстве цемента

В статье [4] рассмотрен один из самых распространенных способов оценки выбросов углекислого газа в атмосферу. Данный метод опирается на химизм производства цемента, а также на многолетнюю статистику региона и конкретного производства, по которому ведётся подсчёт. Этот способ находит широкое применение, однако имеет ряд значительных недостатков. Часто бывает невозможно определить все необходимые для расчёта коэффициенты из-за недостатка данных, например статистических. Кроме того, этот способ не учитывает другие пути выброса CO_2 в атмосферу, например при транспортировке сырья и готового продукта. Также данный способ никак не учитывает возможное повышение выбросов в следствии сбоев в работе производства. Ввиду всех недостатков при расчёте выбросов производства данным методом невозможно достаточно точно оценить выбросы, а следовательно, минимизировать их.

2. Расчет концентраций металлов в атмосферных выбросах по содержанию металлов в снежном покрове

Существуют различные методы оценки выбросов металлов, но одним из наиболее доступных является мониторинг снежного покрова. Этот метод является относительно дешевым и информативным индикатором загрязнения выбросами промышленных предприятий и автотранспортом в зимний период. Подробно такой способ оценки выбросов рассмотрен в статьях [2] и [3], тонкости могут варьировать в зависимости от региона расположения производства и устройства самого завода.

3. Статистический подход

Часто, рассмотренные выше методы не подходят для оценки выбросов по ряду причин, например, оценка по концентрации в снежном покрове не подходит для регионов, где снега мало или нет в принципе. Также некоторые методы не могут учесть увеличение выбросов различных веществ, которое происходит из-за специфического устройства завода. В таком случае применяется статистический метод, рассмотренный в руководстве [12].

Многие природоохранные регулирующие органы по всему миру требуют от обрабатывающих

производств отслеживать уровни выбросов загрязняющих веществ с помощью систем непрерывного мониторинга выбросов (CEMS (Continuous Emission Monitoring System)). Более подробно принцип работы таких систем рассмотрен в статьях [9] и [10], выделим основные моменты. CEMS — это оборудование, используемое для непрерывного мониторинга выбросов, и оно одобрено большинством органов власти. Система CEMS состоит из нескольких компонентов, позволяющих определять концентрацию газа или твердых частиц или интенсивность выбросов конкретных загрязняющих веществ. Также во многих странах законодательно установлена необходимость их установки на производстве.

Эффективной альтернативой CEMS являются системы предиктивного мониторинга выбросов (PEMS (Predictive Emission Monitoring System)), основанные на программном обеспечении и принятые большинством природоохранных регулирующих органов для мониторинга и регистрации выбросов предприятий, в том числе цементной промышленности. PEMS — это новая концепция, которая оценивает концентрацию выбросов на основе сложных математических моделей. PEMS достаточно широко используют при определении показателей выбросов NO , NO_2 , CO , CO_2 , углеводородов, SO_2 и пыли.

При использовании PEMS систему сначала необходимо “обучить” оценке выбросов на данном производстве. На этапе обучения система CEMS временно используется для измерения фактических выбросов. Затем система моделирует взаимосвязь между различными входными данными (технологическими данными) и выходными данными (выбросами). После проверки систему CEMS можно удалить и использовать систему PEMS для обработки всех данных о выбросах.

Основными преимуществами использования PEMS являются повышенная производительность, повышенная точность, относительно простая установка и снижение расходов. К недостаткам предиктивных систем контроля выбросов можно отнести необходимость переобучения модели после реконструкции установки или каких-либо изменений в производстве, ограниченность применения на гибких технологических процессах, на установках с устаревшими или проприетарными системами управления без стандартных интерфейсов.

Законодательный аспект, особенности использования и перспективы использования предиктивных систем контроля в России и мире рассмотрены в статьях [5-8]. Впервые законодательное регулирование применения PEMS было осуществлено в США в 1990-х годах. На территории Европейского союза эти системы в меньших масштабах. Однако во многих странах ЕС уже разрабатывают проекты законов, обязывающих владельцев производств оснащать свои заводы данными системами. Из этого можно сделать вывод, что в ближайшее десятилетие их применения

значительно расширится. Уже сейчас, по данным многочисленных экономических исследований, например [10], рынок PEMS показывает рост, темп которого увеличивается с каждым годом не только в США и странах ЕС, но и во многих других странах, в том числе и в России, хоть в РФ в настоящее время и отсутствует законодательная и нормативная база, регламентирующая правила создания и эксплуатации и требования к PEMS.

Заключение

Анализ современных источников литературы показал, что основные подходы к определению выбросов загрязняющих веществ при производстве цемента со временем не понесли существенных изменений и являются актуальными на сегодняшний день. Однако, с развитием информационных технологий появились предиктивные системы контроля выбросов, которые позволяют наиболее точно, в сравнении с используемыми ранее методами, оценивать и, кроме того, предсказывать выбросы на цементных производствах.

Список литературы

1. Производство цемента. ИТС 6 - 2015. - М.: Бюро НДТ, 2015. - 293 С.
2. Якунин С. А. Разработка математических моделей для расчета концентраций металлов в атмосферных выбросах по содержанию металлов в снежном покрове / С. А. Якунин, Р. Р. Шипилова, К. Н. Новикова // XXV тупелевские чтения (школа молодых ученых) - Казань, 10–11 ноября 2021 г. - С. 431-436.
3. Оценка загрязнения атмосферного воздуха пылью по данным снегосъёмки на основе реконструкции полей выпадений / А. Ф. Щербатов, В. Ф. Рапута, В. В. Турбинский, Т. В. Ярославцева // Анализ риска здоровью. – 2014.
4. Коробова О. С. Инвентаризация выбросов парниковых газов при производстве цемента. / О. С. Коробова, Т. В. Михина // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2008.
5. Мешалкин В. П. Автоматический контроль выбросов: опыт применения предсказывающих систем / В. П. Мешалкин, Д. О. Скобелев, А. Ю. Попов // Компетентность. – 2020. – № 9-10. – С. 15-21.
6. Грачев В. А. Развитие предиктивных систем контроля выбросов загрязняющих веществ / В. А. Грачев, Д. О. Скобелев, А. Ю. Попов // Экология и промышленность России. – 2020. – № 24 (10). – С. 43-49.
7. Фахртдинова С. З. Анализ опыта применения предиктивных систем контроля выбросов загрязняющих веществ / С. З. Фахртдинова // Альманах научных работ молодых ученых университета ИТМО: материалы Пятьдесят первой (LI) научной и учебно-методической конференции Университета ИТМО. - Санкт-Петербург, 02–05 февраля 2022 г. - С. 251-254.
8. Скобелев Д. О. Подходы к автоматическому контролю эмиссий промышленный предприятий в индустрии 4.0 / Д. О. Скобелев, А. Ю. Попов // Компетентность. – 2021. – № 35 (1). – С. 11-12.
9. ARC: What are Emission Monitoring Systems (EMS)? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.arcweb.com/blog/what-emission-monitoring-systems-ems> (дата обращения: 23.11.2024).
10. Hint Global: Predictive Emission Monitoring Systems (PEMS) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.hint-global.com/blogs/predictive-emission-monitoring-systems> (дата обращения 23.11.2024).
11. Теляшев Э. Г. Производство цементного клинкера с получением серной кислоты из байпасных дымовых газов. / Э. Г. Теляшев, И. Р. Хайрудинов, Б. С. Жирнов, И. М. Арпишкин, О. М. Рябинина // Башкирский химический журнал. - 2014. - Т. 21. - № 3. - С. 104-108.
12. Руководство ЕМЕР/ЕЕА по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ, 2016 г. - 37 С. URL: <https://www.eea.europa.eu/ru/publications/rukovodstvo-emer-eaos-po-inventarizacii-vybrossov-2016> (Дата обращения 23.11.2024).

УДК 544.18

Habte H.H., Курочкин А.В., Маркова Е.Б., Чередниченко А.Г.

Катализаторы на основе редкоземельных элементов в производстве олефинов: оценка KLuMo_2O_8 для эффективной конверсии пропана

Habte H.H., аспирант 3-го года обучения кафедры Физической и коллоидной химии РУДН, Россия, Москва;
 Курочкин А.В., аспирант 1-го года обучения кафедры Физической и коллоидной химии РУДН, Россия, Москва;
 Маркова Е.Б., кандидат химических наук, доцент, кафедры Физической и коллоидной химии РУДН;
 Чередниченко Александр Генрихович, доктор химических наук, заведующий кафедры Физической и коллоидной химии РУДН, Россия, Москва.

Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, Россия.

Данное исследование посвящено изучению эффективности использования соединения KLuMo_2O_8 , в качестве катализатора при термокаталитическом крекинге пропана с целью селективного получения «легких» олефинов, в том числе пропилена и этилена. Каталитические эксперименты проводились в проточном реакторе в диапазоне температур 300-750°C, и результаты сравнивались с результатами термического крекинга, а также других известных катализаторов, таких как ванадит и ванадат самария. Исследуемый катализатор продемонстрировал высокую каталитическую активность и селективность по пропилену, достигнув показателя 46,0 % селективности при 1023 К. При этом в условиях термического крекинга в основном образуются метан и этан с минимальным образованием олефинов. Несмотря на то, что KLuMo_2O_8 имеет непористую структуру с низкой удельной поверхностью, его сильные кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства способствовали его высокой каталитической эффективности.

Ключевые слова: гетерогенный катализ, синтез «легких» олефинов, крекинг пропана, молибдаты редкоземельных металлов.

RARE-EARTH-BASED CATALYSTS IN OLEFIN PRODUCTION: EVALUATING KLuMo_2O_8 FOR EFFICIENT PROPANE CONVERSION

Habte H.H., Kurochkin A.V., Markova E.B., Cherednichenko A.G.

Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 6 Miklukho-Maklaya Street, Moscow, 117198, Russian Federation

This study is devoted to the study of the effectiveness of using the compound KLuMo_2O_8 as a catalyst in the thermo-catalytic cracking of propane for the selective production of «light» olefins, including propylene and ethylene. The catalytic experiments were carried out in a flow reactor in the temperature range of 300-750°C, and the results were compared with those of thermal cracking, as well as other known catalysts such as vanadite and samarium vanadate. The studied catalyst demonstrated high catalytic activity and selectivity for propylene, reaching 46.0% selectivity at 1023 K. At the same time, methane and ethane are mainly formed under thermal cracking conditions with minimal formation of olefins. Despite the fact that KLuMo_2O_8 has a non-porous structure with a low specific surface area, its strong acid-base and redox properties have contributed to its high catalytic efficiency.

Keywords: heterogeneous catalysis, synthesis of «light» olefins, propane cracking, rare-earth metal molybdates.

Введение

Термокаталитическое разложение стало перспективным методом переработки природного газа, привлекающим значительное внимание благодаря своей способности производить ценные продукты при минимизации последствий для окружающей среды [1]. Легкие олефины (такие как пропилен, этилен) служат важными прекурсорами в химической промышленности, облегчая синтез широкого спектра продуктов, включая полимеры (полиэтилен, полипропилен) и оксигенаты (этиленгликоль, ацетальдегид, ацетон, окись пропилена). В последние годы мировой спрос на эти ценные олефины значительно возрос [2].

Каталитический крекинг - процесс, проводимый в условиях гетерогенного катализа, позволяет получать

углеводородные продукты, состав которых заметно отличается от тех, которые получают при термическом крекинге или пиролизе. Использование катализаторов значительно повышает селективность реакции за счет изменения механизма с радикального на ионный. Общепринятое объяснение этого механизма заключается в образовании ионов карбония [3].

Процесс каталитического крекинга природного газа с получением олефинов и водорода является эндотермическим процессом, согласно принципу Ле Шателье, для более высокой конверсии потребуются либо более высокие температуры, либо более низкие давления [4].

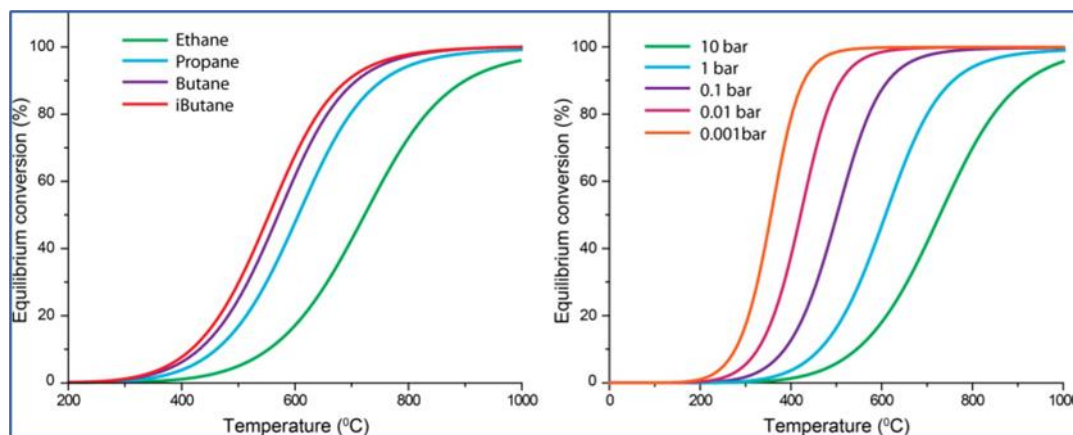


Рис. 1. Равновесное превращение парафинов C2–C4 в олефины в зависимости от температуры при давлении 1 бар (слева) и зависимость дегидрирования пропана от давления в зависимости от температуры (справа)[4].

В промышленных процессах производства пропилена, таких как Oleflex, Catofin, STAR, Linde и FBD-4, используются катализаторы Pt–Sn на подложке или катализаторы на основе CrO_x. Хотя эти катализаторы демонстрируют значительную активность, они не лишены ограничений, в частности высокой стоимости, связанной с катализаторами на основе Pt, и выраженной токсичности, связанной с катализаторами на основе CrO_x [5]. Цель исследования заключалась в оценке эффективности соединения KLuMo₂O₈ в качестве катализатора крекинга пропана при получении высокоценных олефинов (пропилена и этилена).

Пироксалоподобные структуры, KLuMo₂O₈, хорошо подходят для таких реакций, как крекинг пропана, благодаря сильным кислотно-щелочным центрам каталитического расщепления, стабильности в восстановительных условиях, наличию ионов Mo, которые повышают окислительно-восстановительную активность соединения [6].

Экспериментальная часть

Элементный состав катализатора был проанализирован до и после реакции с помощью прибора рентгеновской флуоресцентной спектроскопии Clever C-13 (XRF). Параметры пористой структуры катализаторов определяли до и после реакции по изотермам адсорбции-десорбции азота при 77 К, измеренным с помощью автоматического высоковакуумного адсорбционного анализатора Micromeritics ASAP-2020 MP, в диапазоне относительного давления паров от 0,001 до 0,98. Образцы предварительно вакуумировали до остаточного вакуума ниже 7-10 Торр при температуре 400°C со временем дегазации 300 мин.

Исследование каталитического крекинга пропана проводили в реакционной установке с проточным U-образным кварцевым реактором, расположенном в печи с электрическим нагревом. Процесс осуществляли в стационарных условиях при атмосферном давлении в широком диапазоне температур. В качестве исходного сырья использовали пропан высокой степени чистоты (99,98 мас.%) при скорости подачи 55,8 мкмоль/с, которая поддерживалась постоянной во всех экспериментах. Температура крекинга пропана постепенно

повышалась с 300°C до 750°C. После прохождения реакционной смеси через реактор отбирали объем газообразного продукта в объеме 0,125 мл для анализа и переносили в газовый хроматограф (ГХ) Хроматек Кристалл-5000M, снабженным пламенно-ионизационным детектором и детектором по теплопроводности. Скорость подачи продукта в ГХ также измерялась в объеме в секунду (мл/с) при всех температурах эксперимента. Количество катализатора, использованного в реакции, составляло 0,155 г. Результаты, полученные при каталитической конверсии пропана, были сопоставлены с данными термического крекинга и литературными данными [7].

Степень конверсии пропана определяли с использованием следующего уравнения:

$$W_i = \frac{\frac{n_i}{3} \times x_i \times F}{m} [\mu\text{mol} / \text{g s}]$$

где n_i , x_i , F и m обозначают количество атомов углерода в продукте, молярную долю этого продукта, общий расход и количество катализатора соответственно.

Селективность при каждой температуре рассчитывалась для каждого компонента по формуле:

$$S_i = \frac{\frac{a_i}{3} \times n_{i\text{out}}}{n_{\text{C}_3\text{H}_8\text{in}} - n_{\text{C}_3\text{H}_8\text{out}}}$$

где a_i , $n_{i\text{out}}$, $n_{\text{C}_3\text{H}_8\text{in}}$ и $n_{\text{C}_3\text{H}_8\text{out}}$ обозначают количество атомов углерода в продукте (i), молярный расход продукта (i) на выходе из реактора, молярный расход C₃H₈ на входе в реактор, и молярный расход C₃H₈ на выходе из реактора.

Результаты каталитической конверсии сравнивались с данными термического крекинга. Степень конверсии пропана измерялась после достижения устойчивого уровня количества прореагировавшего пропана.

$$\alpha = \frac{n_{\text{init}} - n_{\text{res}}}{n_{\text{init}}}$$

где n_{init} и n_{res} – начальное и остаточное молярное количество пропана соответственно.

Обсуждение результатов

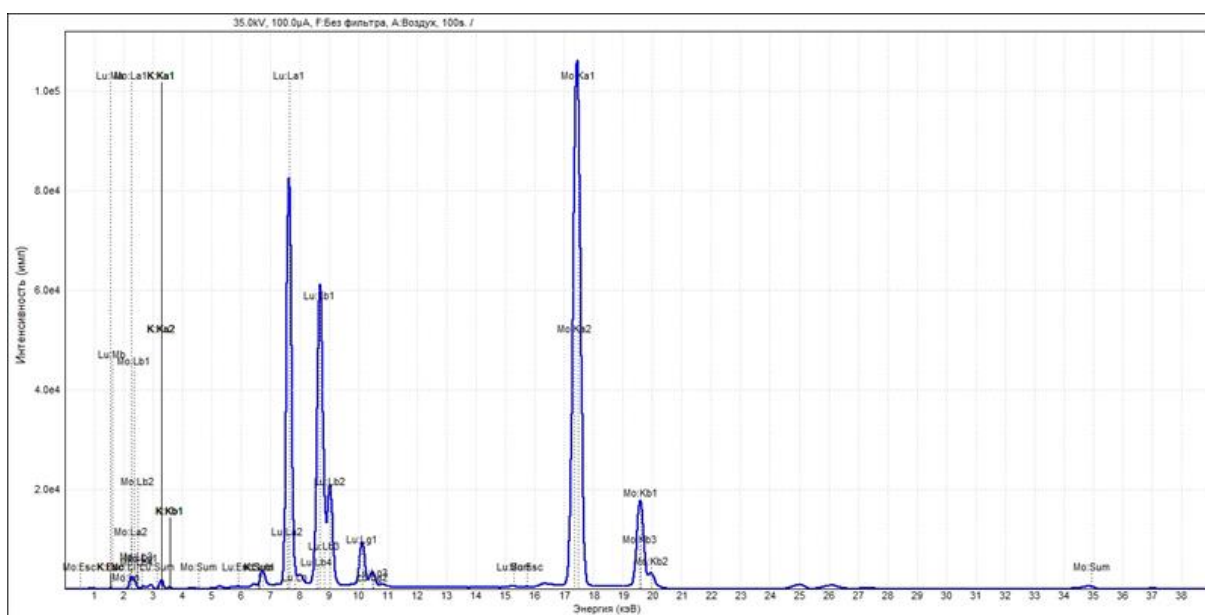
Для расчета кривых распределения пор по размерам был применен метод Барретта–Джойнера–Халенды (ВЖН) с использованием изотермы десорбции в пределах диапазона капиллярной конденсации. Полученные данные свидетельствуют о том, что катализатор KLuMo_2O_8 имеет непористую структуру (табл. 1). Отсутствие точки перегиба на изотерме адсорбции азота указывает на отсутствие микропористости в монослое, заполняющем

поверхность катализатора газом. Как видно из данных рентгеновской флуоресцентной спектроскопии (РФА) в спектре присутствуют сигналы, соответствующие энергии излучения Ka1 (калий: 3,31 кэВ, молибден: 17,48 кэВ) и $\text{K}\beta 1$ (К: 3,31 кэВ, Мо: 17,48 кэВ), подтверждающие наличие калия и молибдена в анализируемом образце материала. Наличие энергии излучения La1 (7,66 кэВ), La2 (7,60 кэВ), $\text{L}\beta 1$ (8,71 кэВ), $\text{L}\beta 2$ (9,05 кэВ), $\text{L}\theta 1$ (10,14 кэВ) подтверждает присутствие лантана (рис. 2, табл. 2).

Таблица 1. Параметры пористой структуры катализатора

Катализатор	$^a S_{\text{BET}}$ (m^2/g)	$^b W_o$ (cm^3/g)	$^c W_{\text{ВЖН}}$ (cm^3/g) desorption/adsorption	$^d 2x_o$ (nm)	$^e 2x_o$ ВЖН (nm) desorption/adsorption
KLuMo_2O_8	1,66	0,013	0,0122/0,0047	11,7	16,5/23,2

$^a S_{\text{BET}}$ - удельная площадь поверхности, рассчитанная по методу BET; $^b W_o$ - объем пор, рассчитанный по методу BET; $^c W_{\text{ВЖН}}$ объем мезопор, рассчитанный по методу ВЖН; $^d 2x_o$ - размер пор, определенны по уравнению BET для область капиллярной конденсации на ветви десорбции с использованием модели ВЖН; $^e 2x_{o\text{ВЖН}}$ - средний размер мезопор, рассчитанный методом ВЖН с использованием данных об адсорбции/десорбции.

Рис. 2. Результаты рентгено-фазового анализа катализатора KLuMo_2O_8 до проведения реакцииТаблица 2. Результаты элементного анализа катализатора KLuMo_2O_8 методом рентгеновской флуоресцентной спектроскопии.

Элемент	Содержание	Интенсивность	Отклонение
Калий	5,62	195,24	2,5
Молибден	45,22	14872,21	7,0
Лантан	49,16	14027,53	7,1

При термическом крекинге пропана при температуре выше 500 °С начинается образование продуктов реакции, выход которых составляет приблизительно 2,0 %. При повышении температуры до 650 °С степень конверсии пропана возрастает примерно до 20,0 %, причем основными продуктами являются водород и метан. KLuMo_2O_8 является эффективным катализатором для производства пропилена с селективностью 46,0 % при 1023 К. Этот показатель превосходит термический крекинг и сравним с результатами, полученными при использовании катализаторов SmVO_3 и SmVO_4 . Это делает его перспективным материалом для каталитических процессов, в которых предпочтение отдается получению пропилена, а не этилена (табл. 3).

Термический крекинг пропана производит первую очередь CH_4 и C_2H_6 без существенных олефинов (C_2H_4 , C_3H_6). KLuMo_2O_8 показывает значительное увеличение селективности олефин (C_2H_4 и C_3H_6), в частности пропилен (C_3H_6), с повышением температуры. При температуре 1023 К селективность по пропилену достигает 46,0 %, что является заметным улучшением по сравнению с термическим крекингом. SmVO_3 достигает более высокой селективности по этилену (C_2H_4) (72,0 %) по сравнению с KLuMo_2O_8 но производит меньше пропилен (C_3H_6). SmVO_4 обладает сбалансированной селективностью как по этилену (C_2H_4), так и по пропилену (C_3H_6).

Таблица 3. Результаты каталитической конверсии пропана

Катализатор	Температура, (K)	Конверсия, α	Селективность, S (CH ₄), %	Селективность, S (C ₂ H ₄), %	Селективность, S (C ₃ H ₆), %
Without Catalyst [8]	973	0,210	71,0	--	--
	1023	0,230	73,0	--	--
KLuMo ₂ O ₈	773	0,213	58,0	39,0	--
	873	0,346	37,0	32,0	18,0
	973	0,875	31,0	19,0	40,0
	1023	0,998	29,0	14,0	46,0
SmVO ₃ [8]	973	0,600	23,0	69,0	8,0
	1023	0,950	21,0	72,0	7,0
SmVO ₄ [8]	973	0,950	15,0	43,0	42,0
	1023	1.00	11,0	44,0	25,0

Термический крекинг пропана производит первую очередь CH₄ и C₂H₆ без существенных олефинов (C₂H₄, C₃H₆). KLuMo₂O₈ показывает значительное увеличение селективности олефин (C₂H₄ и C₃H₆), в частности пропилена (C₃H₆), с повышением температуры. При температуре 1023 К селективность по пропилену достигает 46,0 %, что является заметным улучшением по сравнению с термическим крекингом. SmVO₃ достигает более высокой селективности по этилену (C₂H₄) (72,0 %) по сравнению с KLuMo₂O₈ но производит меньше пропилена (C₃H₆). SmVO₄ обладает сбалансированной селективностью как по этилену (C₂H₄), так и по пропилену (C₃H₆).

Заключение

Проведенный эксперимент подтверждает эффективность использования KLuMo₂O₈ в качестве катализатора для селективного получения высокоценных олефинов, таких как пропилен и этилен. Отмечено, что степень конверсии увеличивалась в зависимости от температуры, с заметным сдвигом в сторону получения желаемых продуктов (этилена и пропилена). Конверсия пропана при термическом крекинге имела низкие значения (~20% при температуре 650°C) и в основном приводила к получению метана и этана без существенного образования олефинов. Несмотря на то, что KLuMo₂O₈ обладает непористой структурой с малой площадью поверхности, он эффективно катализирует крекинг пропана, благодаря своим уникальным кислотно-основным свойствам и высокой окислительно-восстановительной активности. Такие характеристики делают его

перспективным катализатором для промышленного получения пропилена.

Список литературы

1. Duma Z.G., Swartbooi A., Musyoka N.M. Thermocatalytic decomposition of methane to low-carbon hydrogen using LaNi_{1-x}Cu_xO₃ perovskite catalysts // Appl. Catal. A Gen. - 2024. - V. 677.
2. Wang G., Zhu X., Li C. Recent Progress in Commercial and Novel Catalysts for Catalytic Dehydrogenation of Light Alkanes // Chemical Record. - 2020. - V. 20.- № 6. - P. 604–616.
3. Li C., Wang G. Dehydrogenation of light alkanes to mono-olefins // Chemical Society Reviews. - 2021. V. 50. - № 7. - P. 4359–4381.
4. Sattler J.J.H.B. et al. Catalytic dehydrogenation of light alkanes on metals and metal oxides // Chemical Reviews. - 2014. - V. 114. - № 20. - P. 10613–10653.
5. Markova E.B. et al. Peculiarities of Dehydrogenation and Destruction of Propane in Transitional Catalytic Systems MeVO_x (Me = La, Sm, Er) // Arab J Sci Eng. - 2021. - V. 46. - № 1. - P. 213–223.
6. Popov V. V. et al. Influence of Synthesis Conditions on the Crystal, Local Atomic, Electronic Structure, and Catalytic Properties of (Pr_{1-x}Yb_x)₂Zr₂O₇ (0 ≤ x ≤ 1) Powders // Crystals. - 2023. - V. 13. - № 9.
7. Cherednichenko A.G. et al. Application of catalytic systems containing iron in the process of propane cracking // CIS Iron and Steel Review. - 2022. - V. 24. - P. 84–88.
8. Markova E. B., Lyadov A. S., Kurilkin V. V. Features of Propane Conversion in the Presence of SmVO₃ and SmVO₄ // Russian Journal of Physical Chemistry. - 2016. - V. 90. - № 9. - P. 1754–1759.

УДК 66.011

Соловьева О.Р., Зверева О.В., Стародубцева Н.Ю.

Сравнительный анализ технологий регенерации катализаторов в нефтехимии

Соловьева Ольга Руслановна – бакалавр 4-го года обучения; ola_sol04@mail.ru;

Зверева Ольга Владимировна – ассистент кафедры ЛогЭКИ;

Стародубцева Надежда Юрьевна – бакалавр 4-го года обучения; 211268@muctr.ru;

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева»,
Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9.

В данной статье рассматривается текущее состояние технологий регенерации катализаторов в России, их влияние на рациональное использование ресурсов. Для оценки развития технологий регенерации была приведена сравнительная характеристика технологий.

Ключевые слова: сравнительный анализ, регенерация катализаторов, нефтехимия, рецикл.

Comparative analysis of catalyst regeneration technologies in petrochemistry

Soloveva O.R., Zvereva O.V., Starodubtseva N.Yu.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russian Federation

This article examines the current state of catalyst regeneration technologies in Russia, their impact on the rational use of resources. To assess the development of regeneration technologies, a comparative characteristic of the technologies was given.

Keywords: comparative analysis, catalyst regeneration, petrochemistry, recycle.

Введение

Основной современной нефтехимии и нефтепереработки являются каталитические процессы, от оптимальной работы которых зависит себестоимость и конкурентоспособность продуктов нефтехимии и нефтепереработки. Поэтому, руководствуясь 12 целью устойчивого развития ООН: «Ответственное потребление и производство», одной из задач которой является рациональное и эффективное использование ресурсов, и для достижения высоких технико-экономических показателей, необходимо заниматься вопросами увеличения жизненного цикла катализатора.

Снижение активности катализатора может быть вызвано блокировкой активных центров коксогенными структурами, что приводит к снижению активности катализатора и уменьшению селективности процесса. Для достижения необходимых экономических показателей и с целью интенсификации процесса необходимо разрабатывать методы проведения регенерации промышленных катализаторов и внедрять рецикл газов регенерации. Поэтому в данной работе была проведена сравнительная характеристика технологий регенерации трех Российских патентов с целью определения возможности внедрения на Российские производства замкнутого контура регенерации катализаторов.

Основная часть

На сегодняшний день наиболее часто рецикл в процессах регенерации представлен в нефтепереработке, ввиду большей загрязненности катализатора коксогенными структурами и меньшими циклами работы до повторной регенерации. Несмотря на это, в нефтехимии так же

есть возможность осуществления замкнутого цикла регенерации адсорберов [1].

В статье рассмотрены следующие катализаторы и адсорбенты, используемые в нефтехимии: силикагель, используемый на установке подготовки углеводородного газа, синтетические цеолиты марки КА (3А) и марки СаА (5А), используемые на установке адсорбционной осушки и очистки природного газа от серосодержащих компонентов, никель-молибденовые и кобальт-молибденовые катализаторы на основе оксида алюминия, никель-молибденовые катализаторы на основе цеолитов на установке гидроочистки и гидрокрекинга нефтяного сырья [2-4].

Выбранные технологии позволяют рассмотреть процесс регенерации, протекающий не только непосредственно в каталитическом реакторе, например, на установке подготовки углеводородного газа и установке адсорбционной осушки и очистки природного газа, но и затронуть процесс регенерации катализатора вне реактора, обеспечивающий более полное восстановление активности катализатора, исключая антикоррозионную защиту реактора и обеспечивающий более высокую надежность прогноза поведения катализатора в ходе эксплуатации на установке гидроочистки и гидрокрекинга нефтяного сырья, за счет использования мобильной установки, позволяющей ее размещение на территории предприятия и исключая затраты на транспортировку катализатора на стационарные установки регенерации, уменьшающие потери катализатора и упрощающие схему регенерации [5].

Сравнительная характеристика представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика технологий регенерации в нефтехимии

	RU 2 814 922 C1 (2024)	RU 2 717 052 C1 (2020)	RU 2 658 850 C2 (2018)
Тип установки	Подготовка углеводородного газа	Установка адсорбционной осушки и очистки природного газа от серосодержащих компонентов	Гидроочистка и гидрокрекинг нефтяного сырья
Катализатор/адсорбент	Силикагель	Синтетические цеолиты марки КА (3А), синтетические цеолиты марки СаА (5А).	Никель-молибденовые и кобальт-молибденовые катализаторы на основе оксида алюминия, катализаторы гидрокрекинга: никель-молибденовые катализаторы на основе цеолитов
Необходимость транспортировки катализатора	Нет	Нет	Да
Тип загрязнения	Легкие и тяжелые углеводородные компоненты	Серосодержащие компоненты, вода, CO ₂ , H ₂ S, CO, CS ₂ , меркаптаны)	Коксовые отложения
Газы и жидкости регенерации	Высокооктановый бензин и азот	Горячий очищенный природный газ	Воздух
Тип регенерации	Вытеснение адсорбируемых компонентов неполярным растворителем, вытеснение поглощенных компонентов с поверхности адсорбента	Вытеснение поглощенных компонентов с поверхности адсорбента	Окислительная регенерация
Возможность рецикла газа регенерации	Есть	Во время первой фазы газ регенерации с пиковым количеством десорбированных примесей сбрасывают на факел, во время второй фазы газ регенерации направляют на рецикл в очищаемый природный газ	Нет
Катализатор/адсорбент после очистки	Содержание углеводородов после очистки менее 5%	Содержание загрязнений менее 1%	Частицы длиной более 2-3 мм
Степень восстановления активности катализатора, адсорбционной емкости адсорбента	Адсорбент выдерживает 2400-3000 циклов «адсорбция-регенерация-охлаждение»	Незначительное снижение адсорбционной емкости за счет накопления микроколичеств углеводородов, подвергающихся каталитическому превращению в коксоподобные вещества	81% содержание углерода 0,1% масс.
Отходы регенерации	C4 газообразные УВ, пыль силикагеля, жидкие ВМС, газ дегазации	Влага, сероводород, меркаптаны	Пыль, керамические шары, углеводороды, SO ₂ , H ₂ O
Технологические режимы	Азот с давлением 0,2 МПа, нагретый до температуры 300°C	Нагрев газа регенерации до температуры не выше 350 °С	Толщина слоя катализатора 40 мм в барабанной печи; температурный режим без перегрева катализатора выше 475-500°C; вращение в барабанной печи от 2 до 10 об/мин; расчетная производительность 500 кг/час

Анализируя приведенные патенты, отражающие современные технологии регенерации, можно заметить, что для разных типов адсорбентов и разных типов загрязнений, как углеводородами, так и коксогенными структурами возможно осуществлять регенерацию и подвергать отходящие газы регенерации рециклу, увеличивая срок службы системы. Комбинируя технологические решения выбранных технологий, можно организовывать замкнутый контур регенерации и применять оптимальные технологические режимы для конкретных задач производства. Так, можно комбинировать процессы вне реактора, сопровождающиеся более полным восстановлением активности катализатора с самыми современными процессами, требующими применения более щадящих технологических режимов, а также подбирать оптимальные газы регенерации. Объединение технологий позволит проводить более качественный реинжиниринг, сопровождающийся более полным удалением загрязнений с поверхности катализатора, что повысит срок службы системы и улучшит экологическую безопасность в виду правильной и полной утилизации образующихся отходов. Так, например, в патенте RU 2 814 922 C1, полная десорбция углеводородов высокооктановым бензином и азотом позволяет более полно использовать природные ресурсы и не допускать их потерю на полигонах захоронения силикагеля. Все три технологии осуществляют регенерацию катализаторов, подвергающихся различным типам загрязнений, что в случае создания уникальной технологии для конкретного производства позволит подобрать оптимальное аппаратное оформление.

Анализируя технологии можно однозначно определить существующую возможность создания замкнутого контура и при правильном аппаратном оформлении и подобранном технологическом режиме заявить о возможности создания замкнутого контура регенерации катализаторов на Российских производствах.

Заключение

Каталитические процессы играют важную роли в химической промышленности. Регенерация катализаторов является необходимым условием экономической целесообразности проведения

процессов и возможностью рецикла. Правильный путь к успеху предприятия в области ресурсосбережения и его экологической безопасности невозможен без своевременной и качественной регенерации катализаторов. Проанализированные технологии показывают возможность проведения регенерации различными способами и возможность создания замкнутого цикла. Таким образом, этот анализ можно использовать для первичной оценки при проведении реинжиниринга на предприятии с целью создания замкнутого контура регенерации, объединяющих несколько узлов производства, например, узел очистки и узел подготовки газа.

Список литературы

1. Занин И. К. Оптимизация процессов регенерации катализаторов реформинга, дегидрирования, гидроочистки в аппаратах циркуляционных контуров : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук : спец. 05.17.08 / И. К. Занин ; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) ; науч. рук. Э. Д. Иванчина. — Томск, 2016. — 23 с.
2. Патент № 2814922 Российская Федерация, МПК B01D 53/00 (2006.01), B01D 53/14 (2006.01). Технологическая установка подготовки углеводородного газа: № 2023126180: заявл. 12.10.2023: опубл. 06.03.2024 / Муравлева М.В., Ясьян Ю.П., Сыроватка В.А.
3. Патент № 2717052 Российская Федерация, МПК B01D 53/26 (2006.01). Установка регенерации катализатора гидрообработки и способ с ее применением: № 2019145014: заявл. 30.12.2019: опубл. 17.03.2020 / Мнушкин И.А.
4. Патент № 2658850 Российская Федерация, МПК B01J 38/12(2006.01) F27B 7/00(2006.01). Установка регенерации катализатора гидрообработки и способ с ее применением: № 2016107363: заявл. 01.03.2016: опубл. 25.06.2018 / Писайкин С.П., Шутова А.А., Пимерзин А.А., Никульшин П.А.
5. Хрисониди В.А. Современные методы регенерации катализаторов, используемых в нефтегазовом синтезе / В.А. Хрисониди, В.Р. Басманова. – Текст: непосредственный // The scientific heritage. – 2020. – № 50. – С. 41-44.

УДК 535.3:543.2

Ходжаев Р.Р., Рылов В.А., Манюкова И.И., Журавлева О.С.

Аппроксимация контура пропускания интерференционного фильтра для вычисления статических характеристик абсорбционных газоанализаторовХоджаев Рафаэль Ривазович – студент; rhodjaevr@gmail.com.

Манюкова Ирина Игоревна – к.т.н., доцент кафедры логистики и экономической информатики.

Журавлева Ольга Станиславовна – старший преподаватель кафедры логистики и экономической информатики;

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»,

Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9.

Рылов Владимир Аркадьевич – д.т.н., профессор, главный конструктор ООО «ЭТЭК»,

Россия, Москва, 129226, ул. Сельскохозяйственная, дом 12 А.

Статья посвящена применению интерференционных фильтров (ИФ) в абсорбционных газоанализаторах. В статье предложена формула аппроксимации контура пропускания узкополосных и широкополосных ИФ. Рассмотрена методика определения параметров аппроксимации контура пропускания ИФ по критерию минимального среднеквадратичного отклонения.

Ключевые слова: интерференционный фильтр, абсорбционный газоанализатор, аппроксимация, статическая характеристика, контур Лоренца.

Interference filter transmission contour approximation for calculating static characteristics of absorption gas analyzersKhodzhaev R.R.¹, Rylov V.A.², Manyukova I.I.¹, Zhuravleva O.S.¹¹ D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russian Federation.² LLC «ETEC», Moscow, Russian Federation.

The article is devoted to the application of interference filters in absorption gas analyzers. The article proposes a formula for approximation of the transmission contour of narrowband and broadband IFs. The technique of determining the parameters of approximation of the transmission contour of the interference filter by the criterion of minimum standard deviation is considered.

Keywords: interference filter, absorption gas analyzer, approximation, static characteristic, Lorentz contour.

Введение

Традиционным методом определения статических характеристик (СХ) абсорбционных газоанализаторов является эмпирический (экспериментальный) метод с применением аттестованных поверочных газовых смесей. Для расчета (прогнозирования) модельных СХ используются оцифрованные модели спектров поглощения определяемого компонента и оптического фильтра, выделяющего область спектра полосы поглощения компонента. Такой подход позволяет проектирование оптических систем, особенно с использованием нескольких компонентов и спектральных каналов (многоканальные газоанализаторы).

Данная работа вносит вклад в область абсорбционных газоанализаторов. Предлагается методика определения параметров аппроксимации контура пропускания ИФ, которая заключается в введении дополнительного параметра в формулу для расчета контура ИФ, что позволяет достичь оптимального согласования между аппроксимацией и реальным контуром пропускания фильтра. Данная методика позволяет построить СХ до того, как создан прибор, без подачи газа в анализатор.

Результаты работы могут быть непосредственно применены в разработке и производстве абсорбционных газоанализаторов с интерференционными фильтрами. Предложенные

формула и методика позволят сократить время и затраты на проектирование оптических систем многоканальных газоанализаторов.

Интерференционные фильтры – оптические элементы, выполненные по современным технологиям, многослойные структуры, исполняющие роль компактных спектрометров, выделяющих узкий спектральный диапазон излучения.

В оптико-абсорбционных газоанализаторах ИФ используются для избирательного пропускания света определенной длины волны, соответствующей спектральной линии поглощения газа, который нужно обнаружить или измерить. Это позволяет исключить влияние света других длин волн на результат измерения и повысить селективность и чувствительность газоанализатора.

В оптических многоканальных анализаторах применяются в двух вариантах: несколько (до десятка) ИФ, расположенных на вращающейся турели (один источник, один приемник) [1]; другой вариант – несколько (до 4-х) полупроводниковых детекторов излучения (пироприемников) на общей подложке в одном малогабаритном корпусе, с индивидуальным ИФ для каждого детектора [2, 3]. Оба варианта изображены на рисунках 1 и 2.

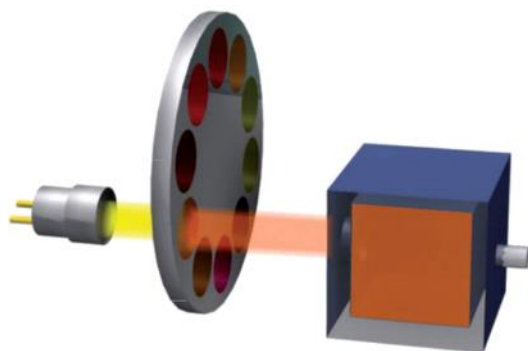


Рис. 1. Интерференционные фильтры на вращающейся турели.



Рис. 2. Двух- и четырёхканальные детекторы с ИФ.

Дифференциальная оптическая схема с интерференционным фильтром – основной компонент абсорбционных газоанализаторов. Она содержит модулируемый источник инфракрасного (ИК) излучения, кювету с газовым образцом (анализируемой пробой) и два детектора излучения с разными ИФ.

Принцип работы: Свет от источника проходит через ИФ, пропускающий только определенный диапазон волн. Затем свет проходит через абсорбционную кювету с газовым образцом. Если длина волны света совпадает с длиной волны поглощения газа, газ поглощает часть света, уменьшая интенсивность проходящего света. Используется два сигнала от приемников излучения: рабочий и сравнительный, которые формируют СХ, по разности этих сигналов оценивают концентрацию определяемого компонента. В случае сильного пересечения спектральных полос, используется несколько измерительных каналов с разными ИФ, для определения концентраций используется решение системы уравнений.

Для выбора подходящего ИФ обычно соотносят спектр пропускания газа на определенной длине волны и контур ИФ, соответствующий длине волны этого спектра (рис. 3) [4]. Как правило, ширина фильтра бывает уже ширина спектра газа.

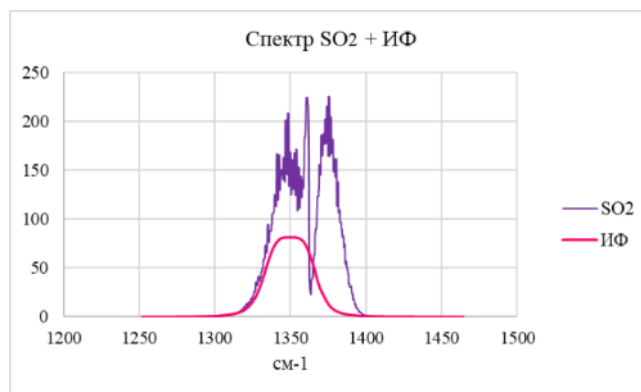


Рис. 3. Спектр поглощения диоксида серы и контур пропускания ИФ 7,3 мкм.

Параметры интерференционного фильтра

В данной работе предлагается формула, являющаяся расширением классической формулы контура Лоренца [5]. Интерференционный фильтр характеризуется следующими параметрами:

$$T(\nu_i, \nu_0, \delta, m) = \frac{T_0}{1 + \left| \frac{\nu - \nu_0}{\nu_0 \delta} \right|^m} \quad (1)$$

где T_0 – пропускание в центре ИФ, %;

ν_0 – длина волны в центре пропускания ИФ, см⁻¹;

δ – относительная полуширина контура пропускания ИФ, %;

m – прямоугольность фильтра (параметр формы), для обычного контура Лоренца $m = 2$.

В предложенной модификации вводится дополнительный параметр – прямоугольность, который учитывает форму фильтра. Этот параметр позволяет учесть особенности реальной формы фильтра, что делает модель более точной (повышает точность расчета СХ по определяемому и мешающему компонентам).

На рисунке 4 представлено, как меняется форма фильтра от значения прямоугольности. По мере уменьшения числа m форма становится более прямоугольной: верхняя часть контура «сужается», а скаты контура становятся «выше».

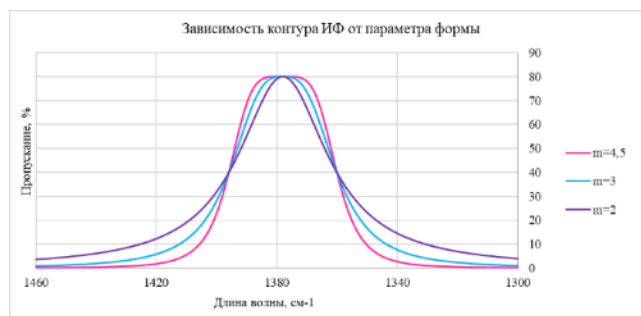


Рис. 4. Зависимость контура ИФ от параметра формы.

Методика определения параметров ИФ

1. Оцифровка эмпирических данных ИФ.

Оцифровка спектра – перевод рисунка спектра в цифровой вид для получения числовых значений длины волны (см⁻¹) и пропускания (%). Используется программа GraphData, а для хранения числовых

значений – Excel. Для примера был взят газ SO₂ (диоксид серы).

2. Введение в Excel оцифрованных данных и формулы (1) с 4 параметрами.

Рассчитываются значения для фильтра, посредством изменения параметров можно подобрать подходящую форму фильтра. Строится график эмпирического и модельного контура ИФ, а также график их рассогласования (разности). Проводятся расчёты СКО и выбор подходящих параметров.

3. Определение оптимальных параметров методом последовательных приближений. Оценка подбора оптимальных параметров фильтра осуществляется по критерию среднеквадратичного отклонения (СКО). Чем ниже СКО, тем точнее результат аппроксимации.

4. Оценка погрешности аппроксимации. При $m = 4,5$ СКО является минимальным, что делает модельный контур максимально приближенным к эмпирическому (табл. 1).

Таблица 1. Расчет отклонения методом последовательных приближений.

Эмпирические значения	Формула	Разность	СКО	m
0	0,05	0,05	1,15	4
0	0,04	0,04	0,99	4,1
0	0,03	0,03	0,86	4,2
0	0,03	0,03	0,76	4,3
0	0,02	0,02	0,7	4,4
0	0,02	0,02	0,68	4,5
0	0,02	0,02	0,7	4,6

На рисунке 5 приведены результаты вычислений в графической форме. Можно увидеть, насколько точно модельный контур описывает эмпирический.

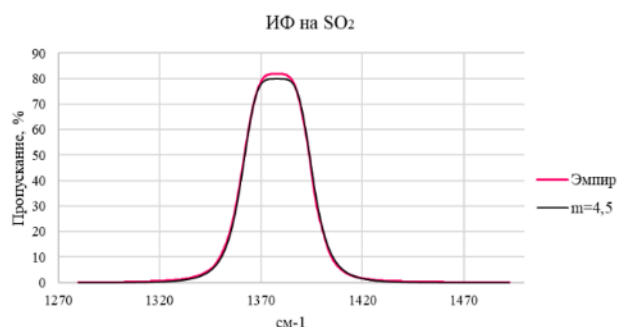


Рис. 5. Аппроксимированный и эмпирический контуры ИФ на диоксид серы.

Для оценки погрешности аппроксимации был составлен график разности модельного и эмпирического контуров (рис. 6).



Рис. 6. Погрешность аппроксимации.

Как видно из рисунка, максимальное отклонение при аппроксимации не превышает 2-3 % пропускания. СКО используется как критерий при определении оптимальных значений модельного контура.

Заключение

Предложена формула аппроксимации контура пропускания интерференционного фильтра, учитывающая его форму (обобщенная формула контура Лоренца).

Составлена методика определения параметров ИФ. Проведена оценка погрешности аппроксимации контура от эмпирических значений фильтра. Критерием оценки служило среднеквадратичное отклонение.

Список литературы

1. Многокомпонентный газоанализатор модели Gasera ONE : сайт. – URL: <https://imc-systems.ru/catalog/monitoring-atmosfernogo-vozdukh/mnogokomponentnyy-gazoanalizator-modeli-gasera-one/> (дата обращения: 06.12.2024).
2. Алексашина, О. В. Проблемы контроля вредных примесей в воздухе производственных помещений / О. В. Алексашина // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2015. – № 3. – С. 52-59. – EDN ULXTGZ.
3. Гринюк, О. Н. Особенности газоаналитических измерений / О. Н. Гринюк, О. В. Алексашина // Вестник Международной академии системных исследований. Информатика, экология, экономика. – 2015. – Т. 17, № 1. – С. 74-80. – EDN UYWEOF.
4. Pacific Northwest National Laboratory : сайт. – URL: <https://www.pnnl.gov> (дата обращения: 06.12.2024)
5. Физическая оптика : учебное пособие / А. С. Чирцов, К. Н. Баранов, Б. В. Богданов [и др.]. – Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2022. – 207 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/283952> (дата обращения: 04.12.2024). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

УДК: 544.47

Курочкин А.В., Маркова Е.Б., Чередниченко А.Г.

Синтез и изучение железосодержащих катализаторов на основе Al_2O_3 и Zn_2SiO_4 в реакции крекинга пропана

Курочкин Артём Вячеславов – аспирант 1-го курса кафедры физической и коллоидной химии, Маркова Екатерина Борисовна, к.х.н., доцент кафедры Физической и коллоидной химии РУДН, Россия, Москва;

Чередниченко Александр Генрихович, д.х.н., заведующий кафедрой Физической и коллоидной химии РУДН, Россия, Москва;

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», Россия, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6, 117198.

В данной работе были синтезированы каталитические системы состава: $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_8\text{Hпрок.}$, $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_8\text{Hпрок.}$, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3/\text{Zn}_2\text{SiO}_4$, $\text{Zn}_2\text{SiO}_4/\text{Fe}_8\text{Hпрок.}$ Текстуальные параметры поверхности определялись с использованием анализатора поверхности ASAP-2020MP при отрицательных температурах с использованием адсорбции азота, что подтвердило наличие для ряда систем удельной поверхности до $300 \text{ м}^2/\text{г}$. Термогравиметрическое исследование оценивало термическую стабильность систем. Катализаторы тестировались в модельной реакции крекинга пропана, где максимальный выход целевых продуктов наблюдался в интервале $600 - 800^\circ\text{C}$, в частности для $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$.

Ключевые слова: железосодержащие катализаторы, синтез каталитических систем, гетерогенный катализ, крекинг пропана, лёгких олефины.

SYNTHESIS AND STUDY OF IRON-CONTAINING CATALYSTS BASED ON Al_2O_3 AND Zn_2SiO_4 IN THE PROPANE CRACKING REACTION

Kurochkin A.V., Markova E.B., Cherednichenko A.G.

Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 6 Miklukho-Maklaya Street, 117198 Moscow, Russia

e-mail: 1142240210@pfur.ru

In this work, the following catalytic systems were synthesized: $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_8\text{Hпрок.}$, $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_8\text{Hпрок.}$, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3/\text{Zn}_2\text{SiO}_4$, $\text{Zn}_2\text{SiO}_4/\text{Fe}_8\text{Hпрок.}$ The textural parameters of the surface were determined using the ASAP-2020MP surface analyzer at negative temperatures using nitrogen adsorption, which confirmed the presence of a specific surface area of up to $300 \text{ m}^2/\text{g}$ for a number of systems. A thermogravimetric study assessed the thermal stability of the systems. The catalyst was tested in a model propane cracking reaction, where the maximum yield of target products was observed in the range of $600 - 800^\circ\text{C}$, in particular for $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$.

Keywords: iron-containing catalysts, synthesis of catalytic systems, heterogeneous catalysis, propane cracking, light olefins.

Введение

Современные технологии динамично развиваются, что приводит к возникновению новых потребностей в промышленности. Особенно в области синтеза, энергетики и получения веществ в больших количествах с высоким выходом. В частности, большое внимание стоит уделить применению технологий для дегидрирования пропана, которое приобретает всё большую активность.

Лёгкие олефины, в частности, пропилен и этилен служат сырьём для синтеза множества органических соединений, таких как полипропилен, ацетон, акрилонитрил. Поэтому активно разрабатываются новые методы переработки пропана в пропилен, что способствует научному и экономическому развитию.

При реакции дегидрирования пропана происходит различные акты реакции,

включая данные экзотермическую реакцию (1), которая вызывает наряду с получением этилена наибольший интерес:



Стоит отметить, что в процессе расщепления C-H связей также возможны разрывы C-C связей, что требует специальных условий для управления реакцией, чтобы она в основном протекала по указанному уравнению (1).

Дополнительно может осуществляться гидрогенолиз в результате которого образуются метан и этан, что создаёт препятствия по отношению к получению пропилена. Реакция коксования, в свою очередь, приводит к дезактивации катализатора и замедлению процесса[1].

Для определения этих недостатков необходимо разработать новые системы, обеспечивающие

улучшенные выход и селективность по целевым продуктам.

В современных методах переработки пропана наиболее распространены Catofin и Oleflex. Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки. Oleflex использует катализаторы на основе платины. Что позволяет эффективно преобразовывать пропан в пропилен, однако платина склонна к закоксуванию и является дорогостоящим материалом. В свою очередь, Catofin применяет CrO_x , который экономически выгоден и высокоактивен, но обладает токсичностью и требует регенерации активных центров [2].

Экспериментальная часть

Для изучения возможности применения алюмооксидных железных катализаторов синтез был проведен посредством образования комплексных соединений ($\text{Fe}^{3+} + 8\text{-оксихинолин}$) (рисунок 1) во внутривещном пространстве матрицы с последующим обжигом при температуре 400 - 500 °C. В результате были получены $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3/\text{Fe8Нпрок.}$, $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3/\text{Fe8Нпрок.}$, $\text{Zn}_2\text{SiO}_4/\text{Fe8Нпрок.}$. Также катализаторы были получены нанесением ионов железа Fe^{3+} на силикат цинка и различные формы оксида алюминия с последующим обжигом $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3/\text{Zn}_2\text{SiO}_4$.

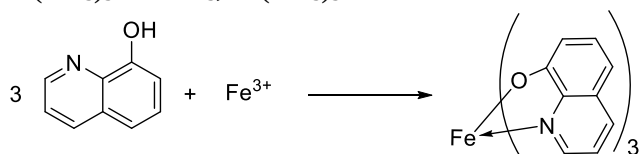


Рис. 1. Реакция 8-оксихинолина с железом (III)
 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \times 9\text{H}_2\text{O}$

В данной работе были исследованы каталитические и физико-химические свойства каталитических систем. Установлены значение площади поверхности рассчитанных по BET для данных образцов, площади поверхности рассчитанных по уравнению Лэнгмюра, а также размеры пор, рассчитанных методом ВЖН. Для данных опытов применяли автоматизированную установку ASAP-2020MP, которую использовали в условиях низкотемпературной адсорбции азота. В результате установили, что для всех катализаторов наблюдается примерно одинаковое значение площади поверхности (140 г/м^2) за исключение альфа формы оксида алюминия. Это объясняется тем, что альфа форма в своём первозданном виде является непористым материалом. Анализируя изотермы адсорбции можно сделать вывод, что поверхности катализаторов имеют мезопоры. Это благоприятно влияет на процесс крекинга пропана, из-за возможности проникнуть молекулы пропана на каталитический центр. Петля гистерезиса имеет тип H1, который характерен для корпускулярной пористой структуры. Формы пор цилиндрические.

Размеры пор варьируются в диапазоне от 3 до 30 нм. Также для некоторых систем наблюдается бимодальное распределение пор по размерам, что видно из данных таблицы 1.

Таблица 1. Текстульные параметры каталитических систем

Катализатор	$S_{\text{BET}}, \text{м}^2/\text{г}$	$S_{\text{single}}, \text{м}^2/\text{г}$	Ширина пор, нм
$\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3/\text{Fe8Нпрок.}$	109,5	111,3	10 17
$\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3/\text{Fe8Нпрок.}$	3,9	10,1	22
$\text{Zn}_2\text{SiO}_4/\text{Fe8Нпрок.}$	143,3	143,5	3
$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$	110,9	110	5
$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$	17	16,9	12
$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3/\text{Zn}_2\text{SiO}_4$	141,2	142,1	18 38

Термическая стабильность всех полученных каталитических систем была исследована термогравиметрическим методом. В ходе получения термогравиметрических кривых определялась потеря массы вещества в процессе нагревания до 900 °C. Кривая зависимости потери массы от температуры вычерчивается в координатах абсцисса – температуры, ордината – потеря массы в процентах. Такая кривая называется простой или интегральной и показывает всю потерю массы от начала и до конца нагрева. Полученные результаты представлены на рисунке 2, где видно, что для образцов после прокаливания не наблюдается энергетических переходов, вызванных как экзо-, так и эндо- эффектами. Исходя из этого данный

тип каталитических систем устойчив в высокотемпературных крекинг-областях конверсии пропана.

Все каталитические системы были исследованы в модельной реакции крекинга пропана. Из результатов видно, что для образцов $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3/\text{Fe8Нпрок.}$, $\text{Zn}_2\text{SiO}_4/\text{Fe8Нпрок.}$, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3/\text{Zn}_2\text{SiO}_4$ наблюдается 100 % конверсия пропана в области температур от 600 C до 800 C, в то время как для формы альфа оксида алюминия это значение наблюдается в точке близкой или превышающей 800 C. Помимо смещения степени превращения в область более низких температур, изменяется и селективность в отношении олефинов. В случае каталитического крекинга в интервале температур 623–1123 K выход олефинов увеличивался.

Селективность по этилену наибольшая была достигнута у образцов катализаторов (61%) $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3/\text{Fe8Н прок.}$ и (41%) $\text{Zn}_2\text{SiO}_4/\text{Fe8Н прок.}$. Диапазон температур варьируется от 450 до 500 °C. Также высокую активность проявили каталитические системы $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3/\text{Fe8Н прок.}$ (30%)

Наибольшей каталитической способностью по селективности пропилена обладали системы: $\text{Zn}_2\text{SiO}_4/\text{Fe8Нпрок.}$, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3/\text{Zn}_2\text{SiO}_4$ в диапазоне

температур 500-800 °С. И достигали значений 98% и 86% соответственно.

Исходя из того, что крекинг пропана является реакцией первого порядка, для всех исследуемых катализаторов были рассчитаны энергии активации

процесса, для чего были построены зависимости логарифма скорости реакции от обратной температуры. Данные результаты представлены в таблице 3.

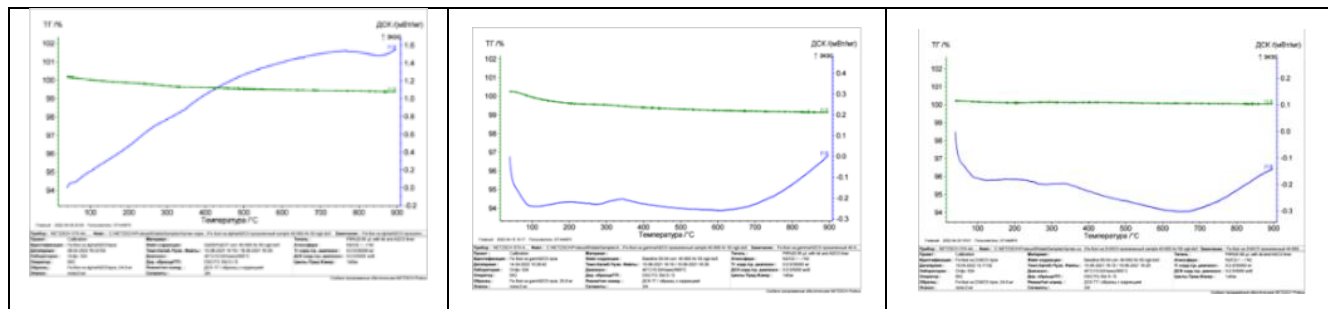


Рис. 2. Термогравиметрические данные для γ - $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe8H}$ прок. (центр), α - $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe8H}$ прок. (слева), $\text{Zn}_2\text{SiO}_4/\text{Fe8H}$ прок. (справа).

Таблица 3. Энергии активации для каталитических систем, синтезированных с добавлением органического компонента.

Каталитические системы	E_a , кДж/моль
α - $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe8H}$ прок.	68,0
γ - $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe8H}$, прок.	103,3
$\text{Zn}_2\text{SiO}_4/\text{Fe8H}$, прок.	79,8

Видно, что эти данные хорошо коррелируют с экспериментальными данными, полученными нами в течение опытов. Ведь те катализаторы, которые преподносят наибольшие значения селективности по этилену и пропилену, в тоже время обладают наименьшей энергией активации процесса.

Заключение

Таким образом, синтезированные образцы железосодержащих катализаторов на основе оксида алюминия и силиката цинка были изучены и охарактеризованы в ходе работы. Полученные результаты позволяют сделать вывод о перспективности использования этих систем в

качестве эффективных и катализаторов в процессе крекинга пропана.

Список литературы

1. Tatiana Otroshchenko, Guiyuan Jiang, Vita A. Kondratenko, Uwe Rodemerck, Evgenii V. Kondratenko. Current status and perspectives in oxidative, non-oxidative and CO_2 -mediated dehydrogenation of propane and isobutane over metal oxide catalysts // Chemical Society Reviews. – 2021. – Т. 50. – №. 1. – С. 473-527.
2. Markova E. B., Alexander G. Cherednichenko, Sofia S. Smirnova, Tatiana F. Sheshko, Tatiana A. Kryuchkova // Catalysts. - 2023. - Т. 13. - № 2. - С. 396.

УДК 612.392.98:614.27

Новикова Т.Д., Криворотова С.А., Зверева О.В.

Современное состояние рынка детского питания в РоссииНовикова Таисия Дмитриевна – бакалавр 4-го года обучения; taya.novikova002@gmail.com;

Криворотова Софья Андреевна – бакалавр 4-го года обучения;

Зверева Ольга Владимировна – ассистент кафедры ЛогЭКИ;

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева»,

Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9.

В данной статье представлен анализ современного состояния рынка детского питания в России. Проанализированы объемы производства, структура рынка и ключевые аспекты данной отрасли. Рассмотрены основные факторы, влияющие на развитие отрасли, такие как демографические изменения, локализация производства и государственная поддержка. Особое внимание уделено анализу рыночных долей крупнейших производителей и потребительских предпочтений. Также рассматриваются основные вызовы, включая зависимость от импортных компонентов, рост цен и перспективы дальнейшего развития отрасли. Ключевые слова: рынок, детское питание, доля рынка детского питания, тенденции рынка детского питания, производители детского питания

Current state of the baby food market in Russia

Novikova T.D., Krivorotova S.A., Zvereva O.V.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russian Federation

This article analyzes the current state of the baby food market in Russia. It analyzes production volumes, market structure and key aspects of the industry. The main factors influencing the development of the industry, such as demographic changes, localization of production and government support, are considered. Special attention is paid to analyzing the market shares of major producers and consumer preferences. The main challenges, including dependence on imported components and price growth, as well as the prospects for further development of the industry are also discussed.

Keywords: market, baby food, baby food market share, baby food market trends, baby food manufacturers

Введение

Развитие рынка детского питания важно для обеспечения здоровья и гармоничного роста детей, включая создание продуктов, способствующих улучшению метаболизма, укреплению иммунной системы и профилактике различных заболеваний. Перспективным направлением является использование различных добавок, обладающими антиоксидантной активностью и повышающими биодоступность витаминов и микроэлементов [1]. Рост осознания родителями важности здорового питания стимулирует стабильное развитие рынка. Исследование структуры и особенностей рынка позволяет выявить возможности внедрения новых технологий и продуктов. Цель настоящей статьи — провести анализ современного рынка детского питания, выделить основные тренды и ключевых производителей.

Основная часть*Объем рынка и структура*

Общий объем рынка детского молока и детских смесей в России в 2022 году составил около 44,4 тысячи тонн, что на 11,8% выше по сравнению с 2021 годом. В 2023 году производство сухих молочных смесей для детей раннего возраста достигло 33,8 тысячи тонн, что на 18,5% больше по сравнению с аналогичным периодом 2022 года (рис. 1).

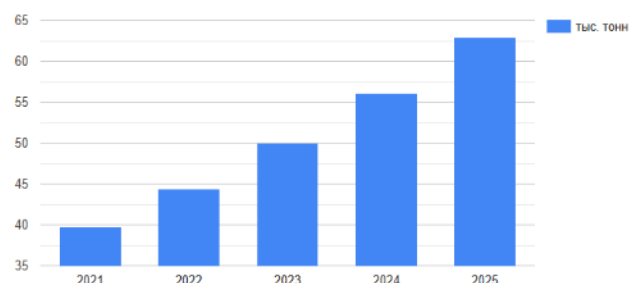


Рис. 1 Прогноз развития общего производства детского молока и смесей в России на основе данных предыдущих лет

Сегмент заменителей грудного молока (ЗГМ) для детей от 0 до 12 месяцев также развивается динамично. Производство таких смесей в 2022 году составило 23,9 тысячи тонн, с ростом на 31% по сравнению с предыдущим годом. В целом, рынок ЗГМ оценивается в 32-40 тысяч тонн, а уровень обеспеченности внутреннего спроса в 2023 году оценивается на уровне 80%, с остаточной долей импорта, особенно в высококачественных продуктах [2].

Доля детского питания на рынке всей пищевой промышленности России

Конкретные данные о доле рынка детского питания в общей структуре пищевой продукции в России отсутствуют в явном виде, но из имеющихся источников можно сделать следующие выводы:

Рынок детского питания в России демонстрирует уверенный рост, занимая значительную нишу среди молочных и специализированных продуктов. За январь-август 2023 года производство сухих молочных смесей достигло 33,8 тыс. тонн, увеличившись на 18,5% по сравнению с аналогичным периодом прошлого года. Основные сегменты включают молочные смеси, пюре, каши и специализированное питание, хотя рынок частично зависит от импорта, особенно в категории заменителей грудного молока и соков (около 60% на 2021 год) [3]. Детское питание остаётся ключевым сегментом пищевой индустрии, благодаря государственной поддержке, включая льготные кредиты и субсидии [4].

Для оценки доли рынка детского питания в общем рынке пищевой продукции предлагается использовать следующие данные:

1. *Объем рынка детского питания в России.* Международное маркетинговое агентство EMS оценивало объём мирового рынка детского питания в 2023 году в \$70,6 млрд в долларовом выражении. Россия занимает четвёртое место с долей в 3,5% [5]. Это соответствует примерно \$2,5 млрд долларов.

2. *Объём общего рынка пищевой продукции в России.* Согласно данным о пищевой индустрии, объём рынка пищевых продуктов в России оценивается в несколько триллионов рублей ежегодно (более 100 млрд долларов), включая молочные продукты, хлебобулочные изделия, мясные продукты, кондитерские изделия и напитки.

Исходя из этих данных, долю детского питания в общем рынке пищевой продукции в России можно приблизительно оценить как отношение объёма рынка детского питания (2,5 млрд долл.) к общему объёму рынка пищевой продукции (100 млрд долл.) по формуле:

$$\frac{2,5 \text{ млрд долл.}}{100 \text{ млрд долл.}} \times 100 \approx 2 - 3\%$$

Рынок детского питания в России занимает небольшую, но стабильную долю, порядка 2-3% от общего объёма пищевой продукции. Это объясняется специфическим характером продукции и её ориентацией на узкую категорию потребителей. При этом доля может варьироваться в зависимости от региона и сегмента, например, в категории молочных продуктов она будет значительно выше [6].

Как показывает статистика, потребители всё чаще выбирают бренды с высокой репутацией (Nestlé, Danone, Abbott) и натуральные смеси без сахара, глютенa и лактозы. В 2024 году продажи молочных каш (+32,3%), смесей (+24,7%) и пюре (+23,9%) обеспечили 38% выручки рынка детского питания в рублях (рис. 2) [5]. Кроме того, локализация производства активно развивается благодаря государственной поддержке, включая льготные кредиты и субсидии; компании, такие как «Инфаприм», увеличивают экспорт продукции в СНГ

и Африку. импортные компоненты, такие как витаминно-минеральные комплексы и жиры, по-прежнему играют значительную роль [7].

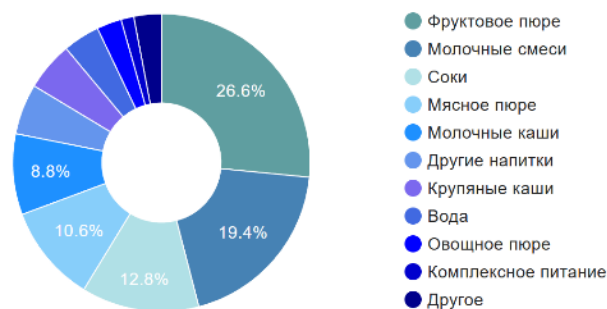


Рис. 2. Распределение категорий товаров в рынке детского питания за 2024 год.

Лидеры на российском рынке в категории производства детского молока и молочных смесей

Безусловным лидером российского рынка среди ЗГМ является компания Nestlé с долей рынка более 50%, основными брендами NAN и Nestogen (рис. 3).

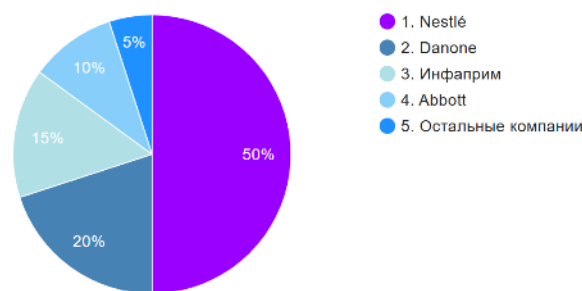


Рис. 3. Диаграмма распределения долей рынка молочных смесей между компаниями-производителями детского питания в России

Из диаграммы видно, что в тройку лидеров входит компания Danone с долей рынка 20%, которая производит Nutricia и Aptamil и активно развивает молочно-растительные смеси с локализацией производства. Компания Инфаприм, является крупнейшим российским производителем сухих молочных смесей (бренд Nutrilak), экспортирует продукцию в СНГ и Африку [9]. Эти данные отражают распределение долей между основными и менее значимыми производителями заменителей грудного молока в России, где Nestlé и Danone занимают ведущие позиции с суммарной долей около 70% [8].

Лидеры общего производства детского питания на российском рынке

В России детское питание включает продукты для детей от 0 до 3 лет, 3–6 лет и старше. Оно обеспечивает необходимые нутриенты, которые не вырабатываются организмом, через молочные продукты, пюре, каши, соки и воду. Потребление детского питания зависит от численности детей и рождаемости.

В топ-10 лидеров продаж детского питания в рублях входят бренды: «Фрутоняня», «Агуша», «Сады Придонья», «Тёма», Heinz, «Дары Кубани», Honey Kid, «Черноголовка Baby», «Маленькое счастье» и «Малышам». Среди них российские производители («Сады Придонья», «Дары Кубани», «Черноголовка Baby», «Малышам»), российские филиалы иностранных корпораций (Heinz, «Агуша», «Тёма») и импортные марки, например, «Маленькое счастье» из Беларуси. Honey Kid, несмотря на иностранное название, принадлежит российскому холдингу Х5. На первую десятку брендов приходится более 35% продаж, из которых 28% занимают «Фрутоняня» и «Агуша» (рис. 4) [5].

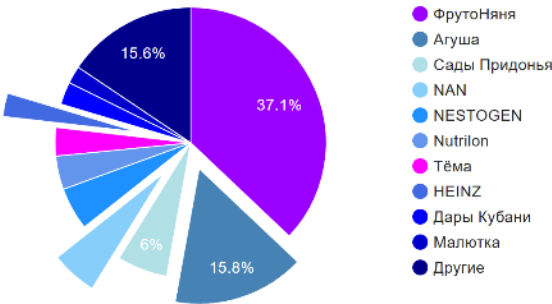


Рис. 4. Топ-10 брендов детского питания на Российском рынке

Практически все бренды из топ-10 охватывают основные категории детского питания: «Фрутоняня» представлена во всех, а «Агуша» — в десяти крупнейших. Спросом пользуется продукция из популярных категорий (напитки, каши, пюре), а также бренды с умеренным ростом цен.

Экономика производства и ценовая политика

Себестоимость производства детских смесей в России на 20% выше, чем у крупных брендов, таких как Nestlé, из-за меньших объемов и затрат на локализацию. Рост цен на смеси связан с подорожанием сырья и операционных расходов. Рынок детского питания развивается, увеличивая локализацию, но некоторые компоненты, например, витаминно-минеральные комплексы, всё ещё зависят от импорта. Основные игроки работают над повышением качества продукции и адаптацией к предпочтениям потребителей, что способствует росту отрасли. Для сравнение мирового и российского рынков детского питания приведена таблица 1 [10].

Таблица 1. Сравнение рынков детского питания по различным показателям

Показатель	Мировой рынок	Российский рынок
Объем рынка	\$70,6 млрд (2023)	32-40 тыс. тонн (ЗГМ) — около 2,5–3 млрд долларов в 2023 году
Прогноз роста до 2028 года	\$86,4 млрд (CAGR 5,4%)	Среднегодовой рост производства — около 31%
Ключевые регионы	Китай (~35% от стоимости мирового рынка), США (12,4%), Индонезия (3,8%), Мексика (3,8%), Россия (3,5%), Вьетнам, страны ЕС	Россия (90%), страны СНГ, некоторые регионы Африки
Основные игроки	Nestlé, Danone, Abbott, Reckitt Benckiser, Mead Johnson, FrieslandCampina	Nestlé, Danone, Инфаприм, Abbott, Беллакт, АО «ПРОГРЕСС», NUTRICIA, Сады Придонья, Дары Кубани, СТМ х5
Производство	Ожидается рост до 2,4 млн тонн к 2028 году	33,8 тыс. тонн сухих молочных смесей в 2023 году
Доли рынка (основные компании)	Nestlé — 50%, Danone — 20-25%, Abbott — 10%, прочие — 15-20%	Производство молочных смесей: Nestlé — 50%, Danone — 20-25%, Инфаприм — 10-15%, Abbott — 10% Общий рынок: АО «ПРОГРЕСС» - 15%, «Агуша» - 13%, Nestlé, Danone
Влияние импорта	Ведущий мировой рынок с высокими объемами импорта, особенно в развивающихся странах	Сильная зависимость от импорта, особенно в категории заменителей грудного молока, однако активно локализуется производство (Минсельхоз России поддерживает локализацию).
Тренды	Экологичные и органические продукты, веганские смеси, рост онлайн-продаж	Локализация производства, растущий спрос на адаптированные молочные смеси, повышение лояльности к известным брендам

Анализируя данные таблицы, можно выделить основные факторы, влияющие на рынок детского питания:

- Демографические изменения: Снижение рождаемости в России сокращает рынок детского питания, но рост числа работающих матерей поддерживает спрос на ЗГМ и готовые продукты.
- Экономические факторы: Инфляция и рост цен на сырье увеличивают стоимость детских смесей, снижая их доступность для некоторых потребителей.
- Потребительские предпочтения: растёт спрос на органические, безлактозные и растительные продукты, а также на смеси для детей с особыми потребностями.
- Государственная поддержка: Меры, такие как льготные кредиты и субсидии, стимулируют локализацию производства и снижают зависимость от импорта.
- Стандарты безопасности: Строгие требования к качеству продуктов ограничивают рынок для небезопасной продукции и усиливают барьеры для новых игроков [11].

Заключение

Рынок детского питания в России демонстрирует стабильный рост, несмотря на инфляцию и демографический спад. Государственная поддержка, включая льготные кредиты и субсидии, способствует локализации производства и усилению конкурентоспособности компаний, таких как «Инфаприм» и «Фармалакт» [12]. Сегмент разнообразен: молочные смеси, пюре, каши, соки и специализированные продукты, включая премиальные и экологически чистые. Основными вызовами остаются зависимость от импортных компонентов и снижение рождаемости, но рост числа работающих матерей стимулирует спрос на ЗГМ. Конкуренция и инновации в продуктах и упаковке способствуют расширению ассортимента, улучшению качества и росту интереса к премиальной продукции. Рынок сохраняет высокий потенциал развития, адаптируясь к вызовам и потребностям потребителей.

Список литературы

1. Калайциди, Л. Ю. Биохимическое обоснование и разработка технологии пектинов с заданными комплексообразующими свойствами из различных видов растительного сырья : специальность 03.00.04 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Калайциди Лада Юрьевна. – Краснодар, 1998.
2. Анализ размера и доли рынка детского питания - тенденции роста и прогнозы (2024–2029 гг.) // Mordor Intelligence URL: <https://www.mordorintelligence.com/ru/industry-reports/baby-food-market> (дата обращения: 13.12.2024).
3. Анализ рынка детского питания в России в 2017-2021 гг, прогноз на 2022-2026 гг. Перспективы рынка в условиях санкций // Магазин исследований РБК URL: <https://marketing.rbc.ru/research/27248/> (дата обращения: 13.12.2024).
4. Дударенкова М.Р., Васильченко А.И., Цыбина А.С., Нигматуллина Ю.У. Анализ рынка детского питания и питания для беременных и кормящих женщин // Альманах молодой науки. - 2015. - №1. - с. 27-29.
5. Рынок детского питания в РФ в первой половине 2024 года: родители выбирают цену и качество // киндерINFO URL: https://kinder-info.ru/statiiintervyu/detskoe_pitanie_gradus/ (дата обращения: 13.12.2024).
6. Аппанова Ю.Э., Никифорова Д.С. Особенности развития рынка детского питания в России // Экономика и управление: новые вызовы и перспективы. - 2016. - №11. - С. 165-168.
7. Анализ рынка детского питания в России - 2024. Показатели и прогнозы // Магазин исследований РБК URL: <https://marketing.rbc.ru/research/51623/> (дата обращения: 13.12.2024).
8. Обзор Рынок детского питания и заменителей грудного молока в России // Milknews - Новости молочного рынка URL: <https://milknews.ru/longridy/Rynok-detskogo-pitanija-i-zamenitelej-grudnogo-moloka.html> (дата обращения: 13.12.2024).
9. Сычугова А.О., Тыщенко Е.А., Романова А.С. Анализ рынка молочносодержащих продуктов, разрешенных для детского питания // сборник трудов конференции. - Кемерово: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2018. - С. 237-239.
10. Размер рынка детского питания, его доля, рост и анализ отрасли, по типу (сухое детское питание, готовое детское питание, детские смеси и другие), по природе (органическое, обычное) и по каналу продаж (гипермаркет/супермаркет, специализированный магазин, аптека). и аптеки, интернет-торговля и др.) и региональный анализ, 2024-2031 // Kings Research URL: <https://www.kingsresearch.com/ru/baby-food-market-262> (дата обращения: 13.12.2024).
11. Зюба М.О. Структура рынка детского питания в российской федерации // сборник трудов конференции Цели и пути устойчивого экономического развития. - Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Научно-издательский центр "Вестник науки", 2020. - С. 140-144.
12. Размер рынка детского питания, анализ | Глобальный отчет до 2032 года // Global Market Insights URL: <https://www.gminsights.com/ru/industry-analysis/baby-food-market> (дата обращения: 13.12.2024).

УДК 658

Лавданский А.М., Аверина Ю.М.

Роль стандартизации организационных и технологических процессов в бизнес – системе ювелирного производства

Лавданский Анатолий Максимович – аспирант; t.lavd@ya.ru.

Аверина Юлия Михайловна – к.т.н., доцент кафедры;

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»,

Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9.

В статье описываются методы стандартизации процессов, рассматривается их роль в производстве продукта, изучается зависимость эффективности управленческого контроля от внедрения стандартизации процессов и методы оценки эффективности внедрения стандартов.

Ключевые слова: стандартизация, рентабельность внедрения, методы оценки эффективности

The study of the socio-psychological factor and the effectiveness of teams in the context of organizational system management

Lavdanskiy A.M.¹, Averina U.M.¹

¹ D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russian Federation

The article describes the methods of standardization of processes, examines their role in the production of a product, examines the dependence of the effectiveness of management control on the implementation of standardization of processes and methods for evaluating the effectiveness of the implementation of standards.

Keywords: standardization, cost-effectiveness of implementation, methods of efficiency assessment

Введение

Кризис организационного предприятия зачастую связан с отсутствием четкой структуризации процессов как управленческих, так и технологических. Поскольку каждая компания стремится к увеличению прибыли и уменьшению издержек производства, создание понятной и современной структуры просто необходимо для модернизации и роста. Важную роль в структуризации производства играет стандартизация. Стандарты позволяют установить в работе определенные и четкие рамки результата, процессов, взаимодействия и других характеристик, и параметров работы. Это позволяет более точно и эффективно оценивать качество исполняемой услуги или производства продукта. Более того, стандартизация позволяет выстроить регламентируемые отношения с клиентом. В нашей статье мы постараемся изучить феномен стандартизации с точки зрения влияния на рост и развитие производства, поскольку считаем, что данный инструмент действительно играет одну из ключевых ролей как при создании – моделировании нового производства, так и для реорганизации уже существующего бизнеса.

Цели и методы стандартизации

Стандартизация – это комплекс управленческих мер, принятый для структуризации и контроля деятельности, функционирования предприятия. Он заключается в создании строгого регламента процессов, продукта и др. Стандартизация фактически регулирует действия всех членов сделки: сотрудников, менеджеров, управленцев и клиентов. Это позволяет распределить зоны ответственности по соответствующим блокам – отделам. Подобная

систематизация всего процесса от начала и до конца позволяет достичь множество важных организационных целей, например, вовремя определить слабое звено бизнес-процесса и устранить проблему. Наличие инструкции на каждый процесс в компании, позволяет сотрудникам быстрее решать задачи, а новым кадрам проще адаптироваться. Управленцу необходимо разработать скрипт, по которому продавец работает с клиентом, или алгоритм на случай, если заканчивается запас товара на складе.

Стандартизацию процессов на ювелирном предприятии (как и на любом другом) можно разбить на два потока: управленческий и технологический. Управленческая стандартизация в большей степени связана с аспектом координации всех процессов, соблюдение сроков изготовления, соответствие заявленному качеству продукта, предоставление сервиса, удобное информирование, построение комфортного взаимодействия и т.д. Технологическая стандартизация заключается в унификации процессов и, в частности, обеспечении производства продукта в надлежащем качестве. Все эти процессы можно и необходимо стандартизировать для достижения конкретных целей.

Основными целями стандартизации бизнес-процессов в предприятии могут выступать:

- упорядочивание процессов в работе предприятия;
- повышение качества работы сотрудников структурных подразделений;
- повышение эффективности управления отделами и организацией в целом;
- распределение зон ответственности между сотрудниками над каждым процессом;

- повышение качества и скорости взаимодействия между сотрудниками структурных подразделений, поставщиками и внешними клиентами;

- контроль над временем и качеством выполнения работ;

- обеспечение эффективной структуризации бизнеса при возникновении организационных проблем. [1]

Алгоритм стандартизации бизнес-процессов предприятий представляет собой комплекс действий, направленных на анализ и мониторинг, изменение и контроль внутренних процессов предприятия. При этом каждое действие позволяет разработать конкретную модель на основе анализа их выполнения.

Объектом стандартизации может быть продукция, работы (услуги), процессы, системы менеджмента, процедуры оценки соответствия и иные объекты, обеспечивающие достижение целей стандартизации [2].

Стандартизация как наука и как вид деятельности базируется на определенных исходных положениях – принципах. Принципы стандартизации отражают основные закономерности процесса разработки стандартов, обосновывают ее необходимость в управлении народным хозяйством, определяют условия эффективной реализации и тенденции развития.[3]

Методы стандартизации сводят управление бизнес-процессом в унифицированный вид, в следствие чего накапливается информационно-нормативная база актуальных бизнес-процессов. Стандартизация базируется на общенаучных и специфических методах.

- 1) упорядочение объектов стандартизации;
- 2) параметрическая стандартизация;
- 3) унификация продукции;
- 4) агрегатирование;
- 5) комплексная стандартизация;
- 6) опережающая стандартизация [3].

Способы оценки экономической эффективности внедрения стандартизации

Оценка экономической эффективности стандартизации должна осуществляться на всех стадиях проектирования, производства и эксплуатации изделий и быть комплексной, т. е. учитывать все многообразие технических, экономических и организационных факторов, их взаимосвязь в ходе создания, производства и применения стандартизированной продукции [4]. Рассмотрим основные способы расчета экономической выгоды внедрения стандарта на производство. Для расчета экономического эффекта можно использовать три способа:

1. Для определения экономического эффекта, получаемого от производства и потребления стандартизированной продукции с повышенным уровнем качества и (или) экономичности необходимо знать два параметра: экономию - $\Delta \mathcal{E}$, руб. и дополнительные затраты - $\Delta \mathcal{Z}$, руб (формула 1) [6].

$$\mathcal{E} = \Delta \mathcal{E} - \Delta \mathcal{Z}, \quad (1)$$

где $\Delta \mathcal{E}$ – экономия, рассчитываемая по формуле (2), руб.;

$\Delta \mathcal{Z}$ – дополнительные затраты, рассчитываемые по формуле (3), руб. [5]

Величину экономии ($\Delta \mathcal{E}$), получаемой от производства и потребления единицы стандартизированной продукции, рассчитывают по формуле 2:

$$\Delta \mathcal{E} = \sum_{i=1}^l (H_{li} - H_{2i}) \cdot C_i, \quad (2)$$

Где H_{li} – норма расхода ресурсов по i -му ($i = 1, 2, \dots, l$) уменьшающемуся элементу статьи затрат на производство или эксплуатацию (потребление) единицы конкретной продукции (услуги) до перехода на производство и потребление этой продукции (услуги) по данному стандарту (или группе взаимосвязанных стандартов), (нат. норма/ед. прод.);

H_{2i} – то же после перехода на производство и потребление конкретной продукции по данному стандарту (или группе взаимосвязанных стандартов), (нат. норма/ед. прод.);

C_i – цена (тариф, ставка) за единицу i -го ресурса, (руб./ед. ресурса) [6].

Величину дополнительных затрат ($\Delta \mathcal{Z}$), образующихся при производстве и (или) потреблении единицы стандартизированной продукции с повышенным уровнем качества и (или) экономичности рассчитывают по формуле:

$$\Delta \mathcal{Z} = \sum (H_j - H_{2j}) \cdot C_j, \quad (3)$$

где H_{2j} – норма расхода ресурсов по j -му ($j = 1, 2, \dots, J$) конкретному увеличивающемуся элементу статьи затрат на производство или потребление (эксплуатацию) единицы конкретной продукции (услуги) после перехода на производство и потребление этой продукции по данному стандарту (или группе взаимосвязанных стандартов), (нат. норма/ед. прод.);

H_{1j} – то же до перехода на производство этой продукции по данному стандарту (или группе взаимосвязанных стандартов), (нат. норма/ед. прод.);

C_j – цена (тариф, ставка) за единицу j -го ресурса, (руб./ед. ресурса) [6].

2. Метод Net Present Value, NPV (чистый приведенный эффект). Расчет NPV основан на определении общей накопленной величины дисконтированных доходов (Present Value, PV), формула (4) и производится по формуле (5):

$$PV = \sum_k \frac{P_k}{(1+r)^k}, \quad (4)$$

$$NPV = \sum_k \frac{P_k}{(1+r)^k} - IC, \quad (5)$$

где P_k – денежные поступления, генерируемые инновационным проектом в году k ;

IC – величина первоначальной инвестиции;

r – коэффициент дисконтирования.

Если: $NPV > 0$, то инновационный проект следует принять;

$NPV < 0$, то проект следует отвергнуть;

$NPV = 0$, то проект ни прибыльный, ни убыточный.

Положительная величина NPV показывает, насколько возрастает стоимость активов инвестора от реализации данного проекта. Поэтому предпочтение отдается проекту с наибольшей величиной NPV . Метод NPV относится к категории абсолютных, что позволяет суммировать результаты по отобранным проектам для определения NPV по инвестиционному портфелю в целом.[7]

3. Планирование снижения себестоимости сравнимой товарной продукции

Данный метод заключается в том, что все виды сравнимой продукции, запланированные к выпуску, оцениваются по плановой себестоимости и фактической среднегодовой себестоимости в базисном году. Разность между итоговыми величинами представляет собой экономию себестоимости. Таким образом можно рассчитать разность между экономической прибылью от внедрения стандартизации и ее отсутствия.

$$\mathcal{E}_{\text{ср.ТП}} = C_{\text{ср.ТП}}^{\text{б}} - C_{\text{ср.ТП}}^{\text{пл}} \quad (6)$$

Отношение экономии $\mathcal{E}_{\text{ср.ТП}}$ к объему сравнимой товарной продукции среднегодовой себестоимости базисного года, выраженное в % и будет планируемое снижение себестоимости [8]:

$$\Delta C_{\text{ср.ТП}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{ср.ТП}}}{C_{\text{ср.ТП}}^{\text{б}}} \cdot 100, \% \quad (7)$$

Таким образом, данная статья дает некоторые представления о явлении стандартизации и способах оценки эффективности ее внедрения. Это позволяет

более глубоко исследовать данную тематику и сформулировать конкретные численные выводы касательно вопроса рентабельности стандартизации процессов производства. Стандартизация играет одну из ключевых ролей в структуризации производства, поскольку она позволяет контролировать порядок производственных процессов. Наличие статистики и реальных численных показателей процессов создают надежную информационную базу, на основе которой можно принимать сложные и важные управленческие решения.

Список литературы

1. Махметова Айна-жан Ербулатовна, Симонова Галина Владимировна Стандартизация бизнес-процессов в СМК предприятий: практика применения ИТ-технологий // Промышленность: экономика, управление, технологии. 2017. №3 (67). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/standartizatsiya-biznes-protsssov-v-smk-predpriyatij-praktika-primeneniya-it-tehnologii> (дата обращения: 17.12.2024). ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЗАКОН О стандартизации в Российской Федерации
2. Пазушкина, О. В. Основы метрологии, стандартизации, сертификации и контроля качества: учебное пособие / О.В. Пазушкина. – Ульяновск : УлГТУ, 2015. – 148 с.
3. В О. Потапова, А Е. Ткачёва, А С. Щербина, Ю Г. Малахова ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2021. №. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-ekonomicheskoy-effektivnosti-rabot-po-standartizatsii> (дата обращения: 17.12.2024).
4. Экономика качества, стандартизации и сертификации : метод. указания к практическим работам для студентов бакалавриата по направлению подготовки 27.03.01 «Стандартизация и метрология» всех форм обучения / сост. Ю. Г. Малахова ; СибГУ им. М. Ф. Решетнева. – Красноярск, 2018. – 68 с.
5. Белянская Н.М. Экономика качества, стандартизации и сертификации: учеб. пособие по направлению подготовки 27.03.01 «Стандартизация и метрология»/ Н.М. Белянская, Т.В. Учасева, Л.В. Макарова. – Пенза: ПГУАС, 2016 – 172 с.
6. Высоцкая Н. Я. Планирование на предприятии [Электронный ресурс]: учебное электронное текстовое издание / Н. Я. Высоцкая, А. В. Румянцева; под редакцией М. В. Березюк ; Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Институт «Высшая школа экономики и менеджмента», Департамент НОЦ «ИНЖЭК», Кафедра экономики природопользования. — Екатеринбург, 2013. — 109 с.

УДК 544.72; 54.057

Хвостова П.Е., Никонов Р.А., Ахмина П.В., Скворцова Л.Г., Крючкова Т.А., Шешко Т.Ф.,
Чердниченко А.Г.

Влияние состава сложных оксидов $Gd(K)Fe_{1-x}Co_xO_3$ на их кислотно-основные свойства

Хвостова Полина Евгеньевна, студентка 4-го курса кафедры физической и коллоидной химии РУДН;
Никонов Родион Андреевич, студент 4-го курса кафедры физической и коллоидной химии РУДН;
Ахмина Полина Владимировна, студентка 2-го курса магистратуры кафедры физической и коллоидной химии РУДН;
Скворцова Лилия Гивиевна, аспирант 2-го года кафедры физической и коллоидной химии РУДН;
Крючкова Татьяна Алексеевна, к.х.н., ст. преподаватель кафедры физической и коллоидной химии РУДН;
Шешко Татьяна Фёдоровна, к.х.н., доцент кафедры физической и коллоидной химии РУДН;
Чердниченко Александр Генрихович, д.х.н., заведующий кафедрой физической и коллоидной химии РУДН.
ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (РУДН), факультет физико-математических и естественных наук, кафедра физической и коллоидной химии,
117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6.

Золь-гель методом синтезированы сложные оксиды состава $Gd_{1-x}K_xFeO_3$, $Gd_{1-x}K_xCoO_3$, $Gd_{1-x}K_xFe_{0,5}Co_{0,5}O_3$ ($x=0,01$; $0,05$). Исследованы кислотно-основные свойства их поверхности. Установлено, что на поверхности синтезированных образцов присутствуют три типа центров: брэнстедовские кислотные, нейтральные и основные, причем их соотношение зависит от состава перовскита, а также три типа электроноакцепторных центров, характеризующих силу адсорбции. Неизовалентное частичное замещение ионов Gd^{3+} на K^+ приводит к увеличению количества всех типов центров и образованию кислородных вакансий.

Ключевые слова: перовскиты, кислотно-основные свойства, электроноакцепторные центры

THE EFFECT OF THE COMPOSITION OF $Gd(K)Fe_{1-x}Co_xO_3$ COMPLEX OXIDES ON THEIR ACID-BASE PROPERTIES

Khvostova P.E., Nikonov R.A., Akhmina P.V., Skvortsova L.G., Kryuchkova T.A., Sheshko T.F., Cherednichenko A.G.
Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba (RUDN University)

The sol-gel method synthesized complex oxides $Gd_{1-x}K_xFeO_3$, $Gd_{1-x}K_xCoO_3$, $Gd_{1-x}K_xFe_{0,5}Co_{0,5}O_3$ ($x=0.01$; 0.05). The acid-base properties of their surface have been studied. It was found that three types of centers were identified on the surface of the studied samples: Brensted acid, neutral and basic, and their ratio depends on the composition of perovskite, as well as three types of electron acceptor centers characterizing the adsorption force. The non-covalent partial substitution of Gd^{3+} ions by K^+ leads to an increase in the number of all types of centers and the formation of oxygen vacancies.

Keywords: perovskites, acid-base properties, electron acceptor centers.

Введение

Перовскиты, а именно сложные оксиды на основе гадолиния, железа, и кобальта представляют собой важный класс соединений с уникальными свойствами, которые находят широкое применение в различных отраслях науки и техники. Обладая потенциально практически применимыми магнитными, электрическими и каталитическими свойствами, перовскиты обладают большим потенциалом для использования в многих областях, таких как катализ, электроника, магнетизм и энергетика [1-4].

Изучение характеристик и адсорбционных свойств перовскитов, таких как $GdFe_{1-x}Co_xO_3$, открывает новые перспективы в области каталитических процессов. Научные исследования в этой области уже привели к разработке более эффективных катализаторов для промышленных процессов, таких как окисление аммиака, дегидрирование метана и синтез водорода. Кроме того, дальнейшее изучение перовскитоподобных систем может привести к их расширенному использованию в производстве различных материалов и в других областях науки и техники [5].

Итак, исследования перовскитов представляют важную научную и техническую ценность, и их потенциальные применения остаются в центре внимания многих исследовательских групп по всему миру.

Экспериментальная часть

Синтез $Gd_{1-x}K_xFeO_3$, $Gd_{1-x}K_xCoO_3$, $Gd_{1-x}K_xFe_{0,5}Co_{0,5}O_3$ ($x=0,01$; $0,05$) осуществлялся с использованием золь-гель технологии и цитрат-нитратной методики [6].

Элементный анализ синтезированных образцов $Gd_{1-x}K_xFeO_3$, $Gd_{1-x}K_xCoO_3$, $Gd_{1-x}K_xFe_{0,5}Co_{0,5}O_3$ ($x=0,01,0,05$) выполнялся на рентгенофлуоресцентном спектрометре «Clever». Относительная ошибка измерений составляла $\pm 7\%$. В качестве генератора γ -лучей выступает родиевая трубка при напряжении 50 кВ и силой тока 100 мА. Съемка образцов проходила без применения фильтров с диафрагмой 1 у.е в течение 2000 секунд. Содержание основных компонентов были сопоставлены с теоретическими расчетами. Проведенные исследования выявили наличие элементов, указанных (в массовых процентах) в таблице 1.

Таблица 1. Теоретические и практические расчеты ожидаемых долей Gd, Fe, Co и K

Формула перовскита	Вычислено				Найдено			
	Gd, %	Fe, %	Co, %	K, %	Gd, %	Fe, %	Co, %	K, %
Gd _{0,95} K _{0,05} FeO ₃	72,1	26,96	0	0,94	62,37	37,45	0	0,18
Gd _{0,99} K _{0,01} FeO ₃	73,46	26,35	0	0,19	63,13	36,71	0	0,16
Gd _{0,95} K _{0,05} CoO ₃	71,04	0	28,77	0,19	75,23	0	24,63	0,14
Gd _{0,99} K _{0,01} CoO ₃	72,4	0	27,41	0,19	70,79	0	28,75	0,46
Gd _{0,99} K _{0,01} Fe _{0,5} Co _{0,5} O ₃	72,93	13,08	13,8	0,10	79,86	19,88	0,134	0,126

Из таблицы видно, что практически для всех синтезированных образцов наблюдается занижение содержания металлов в А-позиции по сравнению с расчетным за счет увеличения содержания Fe/Co в В-позиции.

Электронно-акцепторные свойства поверхности катализаторов. Одним из способов идентификации активных центров на поверхности перовскитов является адсорбция данных веществ на пиридине. Для определения концентраций пиридина в растворах использовался однолучевой сканирующий спектрофотометр СФ-103, с помощью которого регистрировали спектры поглощения в УФ-области. Измерение проводилось для исходного раствора пиридина в октане и для растворов адсорбционных систем при комнатной температуре в течение 60 минут, а также после выдерживания образцов в течение 24 часов. Для определения концентрации тестируемого вещества была использована калибровочная зависимость оптической плотности раствора D от концентрации пиридина при длине волны $\lambda_{\max} = 253$ нм.

Расчет Гиббсовской адсорбции (Γ , моль/г) проводили по формуле 1:

$$\Gamma = \frac{(C_0 - C_t)V}{m} = \frac{(D_0 - D_t)V}{m\epsilon l} \quad (1)$$

D_0 и D - оптическая плотность в максимуме поглощения пиридина до и в течение адсорбции;

При анализе полученных данных становится ясно, что независимо от соотношения железа и кобальта в образцах при увеличении содержания калия кинетические зависимости адсорбции пиридина на $Gd_{1-x}K_xFeO_3$, $Gd_{1-x}K_xCoO_3$, $Gd_{1-x}K_xFe_{0,5}Co_{0,5}O_3$ ($x=0,01,0,05$) стремятся к максимуму и далее уменьшаются, возникают два пика быстрой и средней адсорбции, самые высокие значения W_1 и W_2 выходят у образца $Gd_{0,99}K_{0,01}CoO_3$. В случае медленной адсорбции наблюдается аналогичная тенденция, адсорбция пиридина увеличивается при увеличении содержания калия.

V – объем раствора (5 мл);

m – масса образца (0,1 г);

l – толщина кюветы (1 см);

ϵ – молярный коэффициент поглощения (экстинция, $\epsilon_p = 2 \cdot 10^6$ л/(моль·см)).

Относительная ошибка определения $\pm (5-10) \%$.

Кисотно-основные свойства поверхности катализаторов. Как и любое другое твердое соединение, перовскиты имеют неравномерную

поверхность, на которой находятся два типа кислотно-основных центров: центры Льюиса и Бренстеда. Определение их количества проводилось индикаторным методом Гаммета, суть которого состоит в оценке изменения оптической плотности раствора красителя при взаимодействии с образцом перовскита. Для анализа использовали 8 разных индикаторов со значениями pK_a между 3,5 и 12,8. Проводили три серии опытов. В первой серии навеска образца помещалась в пробирку, к ней приливали 5 мл стандартного раствора индикатора, 5 мл дистиллированной водой и выдерживали 2 часа, периодически перемешивая, после чего на спектрофотометре измеряли значение оптической плотности при длине волны, соответствующей максимуму поглощения индикатора (D_1). Во второй серии учитывалось влияние взаимодействия образца с растворителем на изменение оптической плотности в процессе адсорбции красителя, для чего к навеске образца приливалось 5 мл красителя, который выдерживали 2 часа, затем декантировали в другую пробирку и разбавляли 5 мл воды. После чего измеряли оптическую плотность, соответствующую изменению окраски индикатора за счет изменения pH среды при контакте образца с растворителем (D_2). В третьей серии проводилось измерение оптической плотности красителя без взаимодействия с образцом (D_0).

Количество кислотно-основных центров определяют в моль/г или моль/м² по формуле:

$$q_{pKa} = \frac{C_{ind}V_{ind}}{A_0} \left[\frac{|A_0 - A_1|}{m_1} \pm \frac{|A_0 - A_2|}{m_2} \right], \quad (2)$$

где C_{ind} и V_{ind} — концентрация и объем раствора индикатора, m_1 и m_2 — масса образца при измерении D_1 и D_2 ; знак «-» соответствует однонаправленному изменению D_1 и D_2 относительно D_0 , а знак «+» — разнонаправленному. [7]

Обсуждение результатов

В ходе экспериментальной работы была проведена оценка скорости адсорбции пиридина на основе полученных кинетических зависимостей количества адсорбированного вещества. Результаты экспериментов показали, что поверхность перовскитов $Gd_{1-x}K_xFeO_3$, $Gd_{1-x}K_xCoO_3$, $Gd_{1-x}K_xFe_{0,5}Co_{0,5}O_3$ ($x=0,01,0,05$) обладает высокой электроноакцепторной активностью, что подтверждается высокой скоростью адсорбции пиридина на поверхности материала. Важно

отметить, что для всех образцов наблюдался быстрый рост адсорбции в течение первых нескольких минут, после чего скорость адсорбции замедлялась (рисунок 1).

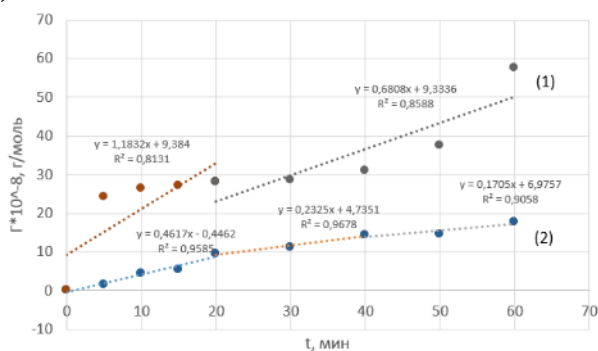


Рис. 1. Кинетические кривые адсорбированного пиридина для $Gd_{0.99}K_{0.01}CoO_3$ (1) и $Gd_{0.99}K_{0.01}Fe_{0.5}Co_{0.5}O_3$ (2).

Таблица 2. Значения скоростей быстрой, медленной адсорбции и общей кислотности для $Gd_{1-x}K_xFeO_3$, $Gd_{1-x}K_xCoO_3$, $Gd_{1-x}K_xFe_{0.5}Co_{0.5}O_3$ ($x=0,01;0,05$)

№	Катализатор	$W_1 \cdot 10^8$ моль/(г*мин)	$W_2 \cdot 10^8$ моль/(г*мин)	$W_3 \cdot 10^8$ моль/(г*мин)	$\Gamma \cdot 10^8$ моль/г
1	$Gd_{0.95}K_{0.05}FeO_3$	0,2917	-	0,2066	14,3
2	$Gd_{0.99}K_{0.01}FeO_3$	0,4001	-	0,3248	21,8
3	$Gd_{0.95}K_{0.05}CoO_3$	0,3315	-	0,1846	14,9
4	$Gd_{0.99}K_{0.01}CoO_3$	1,1832	-	0,6808	57,6
5	$Gd_{0.95}K_{0.05}Fe_{0.5}Co_{0.5}O_3$	0,3315	0,1402	0,1275	11,5
6	$Gd_{0.99}K_{0.01}Fe_{0.5}Co_{0.5}O_3$	0,4617	0,2325	0,1705	17,7

Из рисунка 1 также можно увидеть, что у перовскитов с одним металлом в В-позиции $Gd_{1-x}K_xFeO_3$, $Gd_{1-x}K_xCoO_3$ ($x=0,01$, $x=0,05$) наблюдается 2 вида центров адсорбции, в то время как у перовскитов вида $Gd_{1-x}K_xFe_{0.5}Co_{0.5}O_3$ ($x=0,01$, $x=0,05$), то есть с двумя металлами в В-позиции - 3 вида центров. Это связано с тем, что при внедрении кобальта или железа в структуру сложного оксида происходит модификация электронной оболочки. Это происходит из-за разной природы металлов и из-за отличающихся значений их радиусов. Как следствие, увеличивается число кислотных центров, а значит и увеличивается адсорбция пиридина. С двумя металлами в В-позиции образуется больше межатомных связей, что приводит к появлению дополнительных центров адсорбции.

При анализе полученных данных становится ясно, что независимо от соотношения железа и кобальта в образцах при увеличении содержания калия кинетические зависимости адсорбции пиридина на $Gd_{1-x}K_xFeO_3$, $Gd_{1-x}K_xCoO_3$, $Gd_{1-x}K_xFe_{0.5}Co_{0.5}O_3$ ($x=0,01,0,05$) стремятся к максимуму и далее уменьшаются, возникают два пика быстрой и средней адсорбции, самые высокие значения W_1 и W_2 выходят у образца $Gd_{0.99}K_{0.01}CoO_3$. В случае медленной адсорбции наблюдается аналогичная

Для определения скорости адсорбции были использованы тангенсы углов наклона касательных, проведенных к начальному участку зависимостей. Таким образом была определена скорость W_1 , которая характеризует быстрый период реакции на центрах первого типа, то есть центрах, обладающих наиболее высокой скоростью адсорбции. Другими словами, W_1 характеризует скорость, с которой пиридин адсорбируется на активных центрах, способных к быстрой адсорбции. Также по значению тангенса угла наклона прямых были определены скорости W_2 на центрах второго типа, обладающих средней скоростью адсорбции, и W_3 на центрах третьего типа, проявляющих наименее выраженные адсорбционные свойства [8]. Результаты приведены в таблице 2.

тенденция, адсорбция пиридина увеличивается при увеличении содержания калия.

Это также характерно для образцов $Gd_{1-x}K_xFe_{0.5}Co_{0.5}O_3$ ($x=0,01,0,05$), в которых при увеличении содержания калия увеличивались W_1 , W_2 и W_3 . Значение предельной адсорбции на перовскитах также возрастает при увеличении содержания калия в образце любого состава, достигая максимального значения на образце $Gd_{0.99}K_{0.01}CoO_3$ (таблица 2).

В целом четкой корреляции между составом и числом адсорбционных центров различной силы не наблюдается. Однако при увеличении содержания калия в перовските увеличиваются значения скоростей адсорбции и величина предельной адсорбции, то есть возрастает количество электроноакцепторных центров.

Что касается определения числа кислотно-основных центров на поверхности перовскитов по индикаторному методу Гаммета, то с результатами проведенного исследования можно ознакомиться ниже (таблицы 3 и 4).

Было установлено, что на исходной поверхности $GdCoO_3$ присутствует три типа активных центров: бренстедовские кислотные (pK_a 4,1, $Co-OH$), нейтральные (pK_a 5,1, $Co-O-Co$), основные (pK_a 9,4, $Gd-OH$), а на поверхности $GdFeO_3$ только два: нейтральные (pK_a 6,7, $Fe-o-Fe$) и основные (pK_a 9,4,

Gd-OH). Как мы можем видеть из таблиц 3 и 4, практически во всех исследованных образцах наблюдается увеличение числа всех трех типов кислотно-основных центров при допировании исходных перовскитов ионами калия.

При рассмотрении общего числа кислых, нейтральных и основных центров на поверхности образцов обнаруживается, что при допировании феррита гадолиния одним процентом калия

происходит увеличение числа всех типов центров, в то время как в случае 5%-ов калия наблюдается снижение количества основных центров в сравнении с исходным сложным оксидом, но рост числа кислых и нейтральных (рис. 2). В свою очередь, при допировании кобальтита гадолиния прослеживается увеличение числа всех трех типов активных центров при доле калия 1%, и только нейтральных и основных центров при доле допанта 5% (рис. 3).

Таблица 3. Изменение кислотно-основных свойств поверхности в кобальтсодержащих сложных оксидах перовскитного типа

	$q \cdot 10^6$, моль/г				
Краситель	pKa	Gd _{0,95} K _{0,05} CoO ₃	Gd _{0,99} K _{0,01} CoO ₃	Gd _{0,99} K _{0,01} Co _{0,5} Fe _{0,5} O ₃	GdCoO ₃
Метиловый оранжевый	3,5	2,19	73,14	60,19	9,8
Метиленовый синий	3,8	0,81	8,4	8,4	13,2
Бромфеноловый синий	4,1	3,28	32,43	60,52	18,6
Мурексид	5,1	65,85	28,36	20,4	24,6
Тартразин	6,7	7,46	24,37	9,01	1,66
Метиленовый фиолетовый	9,4	11,41	54,75	71,78	5,73
Солнечный закат	10,6	26,09	4,03	24,19	9,55
Индигокармин	12,8	6,4	37,29	8,1	0,14

Таблица 4. Изменение кислотно-основных свойств поверхности в железосодержащих сложных оксидах перовскитного типа.

	$q \cdot 10^6$, моль/г				
Краситель	pKa	Gd _{0,95} K _{0,05} FeO ₃	Gd _{0,99} K _{0,01} FeO ₃	Gd _{0,99} K _{0,01} Co _{0,5} Fe _{0,5} O ₃	GdFeO ₃
Метиловый оранжевый	3,5	9,7	27,37	60,19	2,78
Метиленовый синий	3,8	2,47	1,95	8,4	1,44
Бромфеноловый синий	4,1	0,32	1,38	60,52	0,43
Мурексид	5,1	35,38	17,85	20,4	8,7
Тартразин	6,7	5,25	10,34	9,01	10,59
Метиленовый фиолетовый	9,4	3,25	34,23	71,78	26,26
Солнечный закат	10,6	21,74	28,26	24,19	7,45
Индигокармин	12,8	4,06	9,15	8,1	2,54

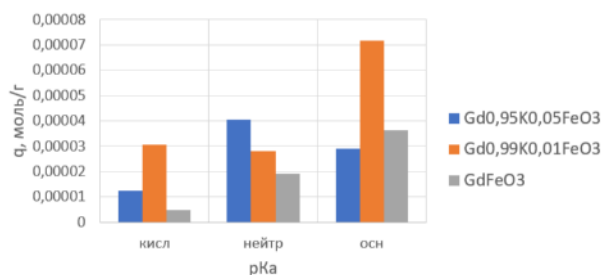


Рис. 2. Распределение кислотно-основных центров Бренстеда в зависимости от pKa для железосодержащих перовскитов $GdA'Fe_{1-x}Co_xO_3$ ($A' = K^+$, $x=0$) с долей допанта 0%, 1% и 5%.

Если рассматривать кобальтсодержащие перовскиты с железосодержащими при одинаковой доле допанта, то можно заключить, что во всех случаях кобальтсодержащие перовскиты содержат большее число активных центров, чем железосодержащие, за одним исключением при доле калия 5%: в этом случае железосодержащий оксид незначительно превосходит кобальтсодержащий по числу кислых центров (рис. 4 и 5).

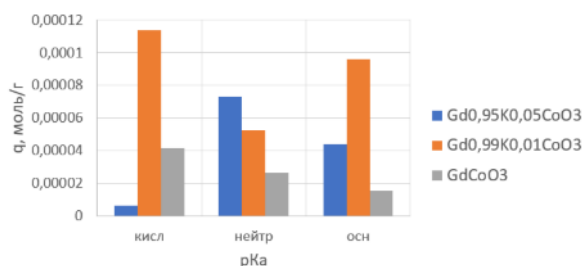


Рис. 3. Распределение кислотно-основных центров Бренстеда в зависимости от рКа для кобальтсодержащих перовскитов $GdA'Fe_{1-x}Co_xO_3$ ($A' = K^+$, $x=1$) с долей допанта 0%, 1% и 5%.

Замещение иона гадолиния на калий увеличивает частичный отрицательный заряд на кислороде, что усиливает связывание протонов воды и отщепление гидроксил-ионов, улучшая основные свойства поверхности. Ион K^+ является более мягкой кислотой Льюиса по сравнению с Gd^{3+} , образуя основной центр Бренстеда (K-OH, рКа 7-14). Это также способствует связыванию с жесткими кислотами Льюиса, такими как Fe^{3+} и Co^{3+} , что приводит к образованию нейтральных центров Co-O-Co и Fe-O-Fe и увеличивает доступность атомов для связывания с водой, создавая кислые центры Co-OH и Fe-OH (рКа 3,5).

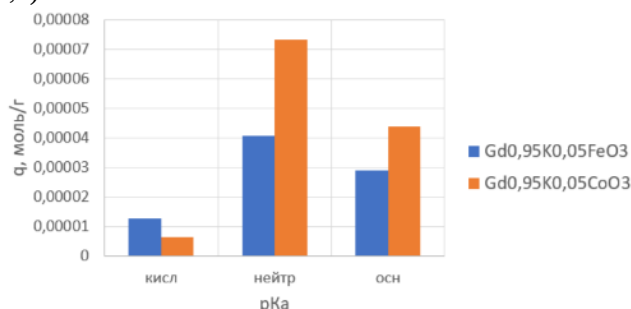


Рис. 4. Распределение кислотно-основных центров Бренстеда в зависимости от рКа для кобальт- и железосодержащих перовскитов $GdA'Fe_{1-x}Co_xO_3$ ($A' = 5\% K^+$, $x=0, 1$).

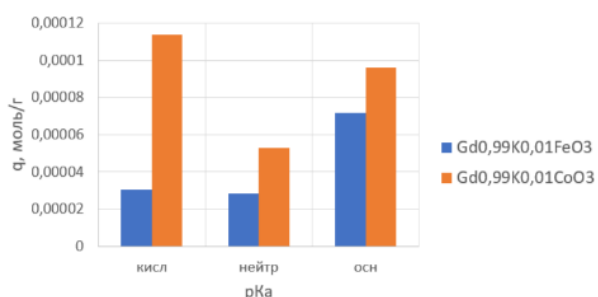


Рис. 5. Распределение кислотно-основных центров Бренстеда в зависимости от рКа для кобальт- и железосодержащих перовскитов $GdA'Fe_{1-x}Co_xO_3$ ($A' = 1\% K^+$, $x=0, 1$).

Допирование перовскитов калием может привести к образованию кислородных вакансий для поддержания электронейтральности, что способствует образованию дополнительных кислотно-основных центров на поверхности. При увеличении доли допанта

от 1% до 5% число вакансий растет, что объясняет рост активных центров на поверхности образцов. Также возможно восстановление электронейтральности через переход Fe^{3+} в Fe^{4+} , что увеличивает количество кислотных центров. [9, 10]

Заключение

На поверхности исследованных образцов выявлены три типа центров: бренстедовские кислотные, нейтральные и основные, причем их соотношение зависит от состава перовскита. Установлено, что на поверхности сложных оксидов существуют несколько типов электроноакцепторных центров различной силы. Наибольшим числом сильных электроноакцепторных центров обладает образец с эквимольным содержанием железа и кобальта. Неизовалентное частичное замещение ионов Gd^{3+} на K^+ приводит к увеличению количества всех типов центров и образованию кислородных вакансий.

Список литературы

1. Адамян, З.Н., Горбачева, Л.В., Назарова, Т.Н. Химия перовскитоподобных оксидов. М.: Химия. - 1987.
2. Кравцов, В.В., Родионова, Е.М., Гольдштейн, Г.В., Чеботарев, Д.В., Серов, А.Ю. Изучение магнитных свойств перовскитоподобных оксидов $GdFe_{1-x}Co_xO_3$ // Журнал физической химии. - 2010. - т. 84. - № 3. - С. 463-468.
3. Li, Y., Liu, L., Zhou, X., Xie, Y., Yang, J. $GdFe_{1-x}Co_xO_3$ Perovskite-Type Oxides as Catalysts for CO Oxidation: Synergistic Effect of Gd and Co Ions // ACS Catalysis. - 2016. - т. 6. - С. 6305-6318.
4. Tsai, M.-K., Chen, K.-H., Huang, C.-H. A review of perovskite-based catalysts for volatile organic compounds elimination and the synthesis of energy carriers // Applied Catalysis B: Environmental. - 2017. - т. 206. - С. 428-447.
5. Chen, L., Huang, Y., Zhang, Q., Xia, Y., Wang, X., Li, L., Li, Z. Perovskite oxides: preparation, characterization, and applications in heterogeneous catalysis // Chemical Reviews. - 2015. - т. 115. - № 24. - С. 11503-11551.
6. Hyun Suk Lim, Minbeom Lee, Yikyoom Kim, Dohyung Kang, Jae W. Lee. Low-temperature CO_2 hydrogenation to CO on Ni-incorporated $LaCoO_3$ perovskite catalysts // International Journal of Hydrogen Energy. - 2021. - V. 46, № 29. - P. 15497-15506.
7. S.V. Myakin, V.Yu. Nikonova, V.G.Korsakov, V.V. Samonin. Increasing the sorption activity of carbon adsorbents by electron-beam processing and fullerene microadditives // Russian Journal of Physical Chemistry A. - 2011. - т. 85(9). - С. 1622-1628.
8. Dong, L., Gao, S., Qu, J., Zhang, Y. Investigation of pyridine adsorption on perovskite oxides: Kinetics and acid-base properties // Journal of Colloid and Interface Science. - 2014. - т. 421. - С. 129-135.
9. Q. Ji et al., The role of oxygen vacancies of ABO_3 perovskite oxides in the oxygen reduction reaction // Energy & Environmental Science. - 2020. - v. 13/- P. 1408 - 1428.
10. Jentoft, F. C. Solid Acids and Bases. Comprehensive // Inorganic Chemistry. - 2013. - v. II. - P. 205-230.

УДК 666.94

Криворотова С.А., Зверева О.В., Новикова Т.Д.

SWOT-анализ развития модели энергосервиса в бюджетных организациях

Криворотова Софья Андреевна – бакалавр 4го года обучения;

Зверева Ольга Владимировна – ассистент кафедры ЛогЭКИ;

Новикова Таисия Дмитриевна – бакалавр 4-го года обучения;

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева»,

Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9.

В данной статье рассматривается модель энергосервиса, основные этапы ее внедрения и развития в бюджетных организациях. Для оценки развития модели энергосервиса, составлен SWOT-анализ. Особое внимание уделено анализу существующих возможностей и угроз, сильных и слабых сторон, которые могут повлиять на развитие энергосервиса.

Ключевые слова: SWOT-анализ, энергосервис, энергосервисные компании, бюджетные организации.

SWOT analysis of the development of the energy service model in budgetary organizations

Krivorotova S.A., Zvereva O.V., Novikova T.D.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russian Federation

The article proposes a version of the energy service model, the main stages of its development and development in budgetary organizations. To assess the development of the energy service model, we draw up a SWOT analysis.

Particular attention is paid to the analysis of existing opportunities and threats, strengths and weaknesses that can contribute to the development of energy supply.

Key words: SWOT analysis, energy service, energy service companies, budgetary organizations.

Введение

В условиях растущих цен на энергоресурсы и непредсказуемости глобальных экономических процессов эффективное использование энергии становится приоритетной задачей бюджетных организаций. Энергосервисные контракты (ЭСКО) становятся важным инструментом для достижения целей по энергосбережению, позволяя сокращать расходы на энергоресурсы без значительных первоначальных вложений, отличаясь инновациями, набирающими популярность. В данной статье проведен анализ основных моделей энергосервиса и энергосервисных контрактов с присущей им спецификой, плюсами и минусами, оценкой применения в современных бюджетных организациях.

В наши дни состоянию российской экономики характерна высокая энергоемкость, поэтому одним из факторов такого положения является твердо сформировавшаяся структура промышленного производства, а также нарастающая технологическая отсталость энергоёмких отраслей промышленности и жилищно-коммунального хозяйства. Именно поэтому, энергосбережение — это ключевой фактор повышения эффективности российской экономики в целом.

Также в данной статье проведен SWOT-анализ, выявленные сильные стороны и конкурентные преимущества энергосервиса, а также оценены возможные риски и вызовы, с которыми могут столкнуться бюджетные образовательные организации в процессе его внедрения.

Основная часть

Энергосервис – это комплекс мер по проведению энергосберегающих мероприятий в зданиях или на

объектах, которые направлены на рациональное использование энергии, применительно к конкретным условиям. Энергосервис как услуга оказывается фирмами, которые готовы предложить оптимальное готовое решение поставленной задачи по уменьшению энергозатрат, способное при сравнительно небольших инвестициях в самые кратчайшие сроки дать наибольший результат [1].

Что касается государственной поддержки, правительство России внедряет законодательные инициативы, направленные на развитие энергосервиса [2]. Например, нормативные акты о госзакупках позволяют использовать энергосервисные контракты, договоры в муниципальных и государственных проектах, которые позволяют его участникам экономить энергию и ресурсы, такие как финансовые, временные и интеллектуальные [3]. Модель энергосервиса открывает возможности для привлечения частных инвестиций. ЭСКО могут предлагать проекты, которые не требуют значительных первичных капитальных вложений, что привлекает малые и средние предприятия.

Энергосервисные компании становятся важным инструментом реализации проектов по энергосбережению, особенно в бюджетных организациях, таких как образовательные учреждения [4]. Одной из ключевых задач для таких организаций является нахождение оптимальных решений, которые позволили бы не только сократить затраты на энергоресурсы, но и повысить уровень комфорта и безопасности в учебных заведениях. Для оценки перспектив развития энергосервисных компаний в России ниже представлен SWOT-анализ (Таблица 1).

Таблица 1. SWOT-анализ энергосервиса в бюджетных образовательных организациях

Внутренняя среда	Сильные стороны	Слабые стороны
	Комплексный подход к реализации проектов; Экономия бюджетных средств; Увеличение энергонезависимости; Снижение риска для клиентов; Доступ к финансированию; Гибкие бизнес-модели	Политические и бюрократические препятствия; Репутационные риски; Трудности в долгосрочном планировании; Необходимость дополнительного контроля; Менее широкий спектр услуг; Неэффективные расходы
Внешняя среда	Возможности	Угрозы
	Цифровизация энергосистем; Государственные программы и субсидии; Интеграция возобновляемых источников энергии; Инновационные технологии мониторинга; Аналитические платформы и программное обеспечение	Новые экологические нормы и стандарты; Изменения в госбюджетировании; Требование к прозрачности; Нормативные акты по конкуренции

Основные аспекты, которые могут повлиять на будущее развитие энергосервиса, показывает SWOT-анализ:

1. Преимущества внедрения энергосервиса в бюджетные образовательные организации заключается в том, что ЭСКО предлагают не только проекты по модернизации, но и полное сопровождение на всех этапах — от анализа и проектирования до внедрения и дальнейшего мониторинга. Это позволяет снизить затраты на энергоресурсы и высвободить средства для других нужд таких как образование, здравоохранение и социальные программы. При этом образовательные учреждения не несут финансовых рисков, связанных с недостаточной экономией, так как многие ЭСКО имеют налаженные связи с финансирующими организациями, что позволяет им находить средства для реализации проектов на выгодных условиях.

2. Существуют некоторые недостатки, например, внедрение энергосервисных решений может сталкиваться с бюрократическими задержками и политическими барьерами, что замедляет реализацию проектов. Кроме того, существует конкуренция, так как в данной сфере функционирует множество организаций, которые могут предлагать более обширный ассортимент услуг, включая дополнительные консультационные услуги или специализированные решения для различных отраслей, что помогает им охватывать более широкий рынок. Изменения в законодательстве, касающиеся конкуренции и тендеров, так же могут повлиять на процесс получения контрактов от бюджетных организаций. При этом не стоит забывать про экологические нормы и стандарты, ведь ужесточение стандартов по выбросам и потреблению энергии может создавать требования к бизнес-моделям, включая необходимость внедрения энергоэффективных технологий.

Для того что бы компания стала более востребованной необходимо вкладываться в своё развитие и рост, обеспечивать высокие стандарты качества предоставляемых услуг, проводить анализ

показателей нового рынка, целевой аудитории. Кроме того, увеличение внедрения умных технологий, аналитических платформ и программного обеспечения в энергосистемы создаст новые возможности для оптимизации энергопотребления и ЕКС, предлагая клиентам продвинутые решения для мониторинга и управления энергопотреблением. При этом не стоит забывать, про государственные программы и субсидии, так как правительство может предоставлять как финансовую поддержку, так и субсидии для проектов по энергосбережению и использования вторичных энергетических ресурсов. Внедрение новых коэффициентов и налоговых льгот для компаний, занимающихся энергосбережением, может облегчить финансирование и сделать услуги более доступными для клиентов. Это открывает пути для новых совместных инициатив и проектов.

Рассмотрим в качестве примера реализации энергосервисного контракта одного из победителей данного конкурса – ООО «Взлет-Алтай Сервис». ООО «Взлет-Алтай Сервис» в Алтайском крае, г. Барнаул, провёл проект по «Повышение эффективности использования тепловой энергии, внедрение энергосервисных контрактов в сфере образования». В начале 2015 года данная компания ООО «Взлёт-Алтай Сервис» провела работы по установке автоматизированных тепловых пунктов системы отопления на четырех образовательных учреждениях (МБОУ «Лицей № 130 «РАЭПШ», МБОУ «СОШ № 102», МБОУ «СОШ № 106», СБОУ «СОШ № 164»). Проект был представлен в несколько этапов.

На первом этапе был проведен сбор и обработка информации об использовании энергетических ресурсов всех образовательных учреждений г. Барнаула, в результате которого были выбраны четыре объекта, на которых экономия тепловой энергии могла бы быть максимальной – 20-25%. На втором этапе была сформирована тендерная документация, объявлены торги и проведен аукцион, где в итоге был подписан энергосервисный контракт.

Третий этап – непосредственно установка автоматизированных тепловых пунктов и проведение пуско-наладочных работ. Четвертый этап – выполнение обязательств по энергосервисному контракту, оплата денежных средств.

Окончательный срок расчета по достижению предусмотренной контрактом экономии не должен превышать 5 лет. Цена контракта не может быть изменена, является фиксированной и пересмотру сторонами не подлежит. Таким образом, заказчик может выплатить подрядчику цену контракта досрочно, что выгодно и подрядчику ввиду высокой инфляции в стране. Получается, что финансовые затраты лица остаются такими же, как если бы он не заключал энергосервисный контракт, но через 4-5 лет у него высвободятся средства за счет продолжающейся экономии энергоресурса. В выигрыше оказываются все: лицей получает комфортную температуру в помещениях, экономию теплоресурса, оборудование и значительную (15-20%) экономию оплаты теплоснабжения после выплаты цены контракта (через 4-5 лет); подрядчик – ООО «Взлет-Алтай Сервис» - получает прибыль за все проведенные работы, куда обязательно при этом входит страхование, уплата таможенных пошлин, налогов, сборов и других обязательных платежей [9].

Заключение

Введение в правовое поле энергосервисного контракта позволяет заказчику и энергосервисной компании работать на выгодных для обеих сторон условиях. Применение SWOT-анализа в данной статье позволяет взглянуть на использование энергосервиса с многогранной точки зрения, что располагает к комплексному изучению эффективности поставленного вопроса и подается рассмотрению в срезе как достоинств, так и недостатков. Причем вышеупомянутые плюсы и минусы присутствуют в «живой» среде, существуя в поле возможностей и уязвимостей (угроз).

Список источников и литературы

1. Бурчакова А.А Развитие механизма энергосервиса как направления повышения

энергоэффективности//диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук/Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. Москва, 2016

2. Васильева Н.П. Энергосервисная деятельность в России//Актуальные научные исследования в современном мире. 2020. № 6-3 (62). С. 71-76.

3. Глухова Л.В., Казиева Б.В., Казиев В.М., Шерстобитова А.А. Цифровая экономика и энергосервисный договор//Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. 2024. Т. 2. № 1 (53). С. 18-26.

4. Глушко Т. Система сбалансированных показателей для электроэнергетических компаний, работающих по модели "энергосервис"/РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. 2015. № 3. С. 192-197.

5. Глушко Т.И., Фалько С.Г. Стратегический контроллинг в энергокомпании при переходе на бизнес-модель "энергосервис"/ Контроллинг. 2015. № 57. С. 10-17.

6. Гуськова Н.Д., Ульянов О.В. Управление рисками энергосервисных компаний // Сер. Научная мысль. Москва, 2019.

7. Дяченко А.С., Чекалин В.С Энергосервис как инструмент финансирования энергосберегающих мероприятий // В сборнике: Актуальные проблемы управления: теория и практика. Материалы III Международной научно-практической заочной конференции. Министерство образования и науки РФ, ФГБОУ ВО "Тверской государственный университет". 2016. С. 37-42.

8. Прыкин Б.В., Нечетный Н.Ю. Проблемы совершенствования правового регулирования энергосервисной деятельности в Российской Федерации//Недвижимость: экономика, управление. 2012. № 1. С. 80-83.

9. Энергоэффективность и энергосервисный контракт. Как это работает? [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.unitalm.ru/blog/energoeffektivnost-i-energoservisnyiyy-kontrakt-kak-eto-rabotaet>

УДК: 544.478

Селиванова М.М., Смирнова С.С., Курочкин А.В., Зайцева Ю.М., Маркова Е.Б.

Синтез и изучение аэрогелевых катализаторов Al_2O_3 в реакции крекинга пропанаСеливанова Марина Михайловна – магистрант 1-го курса кафедры физической и коллоидной химии РУДН, Россия, Москва, mselivanova744@gmail.comСмирнова Софья Сергеевна – магистрант 1-го курса кафедры физической и коллоидной химии РУДН, Россия, Москва, 1132236964@pfur.ruКурочкин Артем Вячеславович – аспирант кафедры Физической и коллоидной химии РУДН, Россия, Москва 1142240210@pfur.ruЗайцева Юлия Михайловна – студентка 2-го курса кафедры физической и коллоидной химии РУДН, Россия, Москва, 1132226414@pfur.ruМаркова Екатерина Борисовна - к.х.н., доцент кафедры физической и коллоидной химии РУДН, Россия, Москва, mrkova-eb@rudn.ru

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», Россия, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6, 117198.

Исследованы физико-химические свойства синтезированных нановолокнистых аэрогелевых каталитических наносистем на основе оксида алюминия. Было обнаружено, что в процессе активации водорода и воздействия реакционной среды аморфный нановолокнистый аэрогель на основе оксида алюминия превращается в нанокристаллическую структуру из упорядоченных связующих пучков. Установлено формирование на поверхности катализаторов однослойных и двухслойных углеродных нанотрубок с интенсивными полосами поглощения в низкочастотной области комбинационного рассеяния света. Каталитические исследования показали хорошую активность катализаторов, что позволяет использовать аэрогелевые системы в качестве перспективных катализаторов в процессе крекинга пропана.

Ключевые слова: синтез катализаторов, гетерогенный катализ, крекинг пропана, производство «легких» олефинов, аэрогелевые катализаторы.

SYNTHESIS AND STUDY OF AEROGEL CATALYSTS Al_2O_3 IN THE PROPANE CRACKING REACTION

Selivanova M.M., Smirnova S.S., Kurochkin A.V., Zaitseva Y.M., Markova E.B.

Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 6 Miklukho-Maklaya Street, 117198 Moscow, Russia

The physicochemical properties of synthesized nanofiber aerogel catalytic nanosystems based on aluminum oxide have been studied. It was found that during the activation of hydrogen and the action of the reaction medium, an amorphous nanofiber aerogel based on aluminum oxide turns into a nanocrystalline structure of ordered binding bundles. The formation of single-layer and double-layer carbon nanotubes with intense absorption bands in the low-frequency region of Raman scattering was established on the catalyst surface. Catalytic studies showed good activity of the catalysts, which allows the use of aerogel systems as promising catalysts in the process of propane cracking.

Keywords: synthesis of catalysts, heterogeneous catalysis, propane cracking, production of "light" olefins, aerogel catalysts.

Введение

Попутный нефтяной газ (ПНГ) представляет собой смесь газообразных углеводородов, растворенных в нефти. Эти газы выделяются при добыче и подготовке нефти, а также при ее термической переработке. Однако процессы транспортировки и хранения попутного нефтяного газа, а также его переработки после добычи на нефтяных месторождениях до конца не налажены, что приводит к необходимости его утилизации.

Большое количество попутного нефтяного газа сжигается в факелах, что наносит непоправимый вред окружающей среде, и впоследствии живым организмам, поскольку в ходе этого процесса в атмосферу выбрасываются загрязняющие вещества, большую часть которых составляет углекислый газ. Кроме этого, сжигание ПНГ, содержащего ценные компоненты, которые могут быть использованы в многих отраслях промышленности, является экономически нецелесообразным. Вследствие вышесказанного переработка попутного нефтяного газа является стратегически важной задачей.

Как известно, одним из составляющих компонентов, получаемых при переработке попутного нефтяного газа, является пропан. Его каталитическая переработка способствует снижению как экологических рисков, так и экономических затраты. Поэтому исследование катализаторов, подходящих для применения в реакции дегидрирования пропана и способных к регенерации при определенных условиях, является целесообразным. На данный момент во многих исследованиях внимание сосредоточено на изучении свойств нанотрубок и нановолокон, в том числе высокоупорядоченных неорганических наноматериалов на основе кремнезема и оксида алюминия самоорганизующихся структур. Благодаря развитой пористой структуре и высоким диффузионным характеристиками данные материалы представляют интерес для использования в качестве катализаторов [1].

В данной работе будут рассмотрены аэрогелевые катализаторы на основе оксида алюминия. Предполагается, что благодаря высокой пористости данный катализатор повысит производительность

процесса и селективность по меньшей мере для одного из продуктов за уменьшения как образования, так и карбонизации тяжелых углеводородов при высоких температурах в процессе термического разложения пропана.

Экспериментальная часть

Для изучения возможности применения нановолокнистого аэрогеля из оксида алюминия, синтез этого материала был проведен методом окисления алюминиевой пластины влажным воздухом по схеме представленной на рисунке 1 [2].

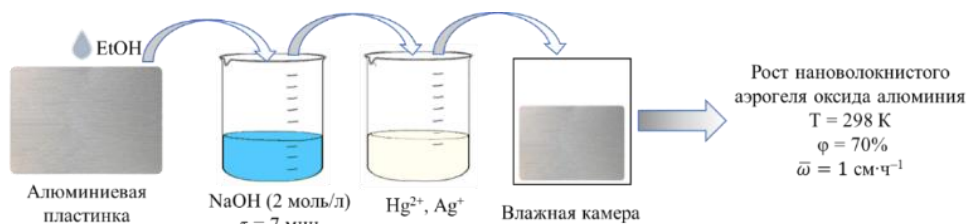


Рис. 1. Схема синтеза нановолокон аэрогеля на основе оксида алюминия

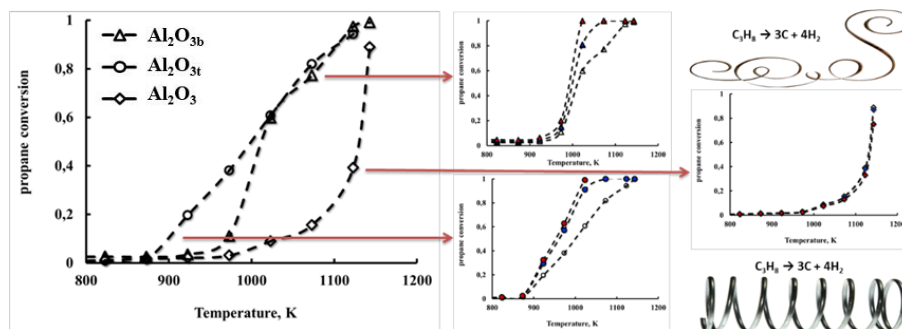


Рис. 2. Температурная зависимость конверсии пропана.

Также была рассчитана энергия активации десорбции с помощью уравнения Аррениуса. Её величина оказалась примерно одинаковой для всех исследованных катализаторов и составила около 586 кДж. Кажущаяся энергия десорбции хорошо коррелирует с величиной энергии перехода из аморфного состояния в кристаллическое. Это возможно, когда пропан частично диссоциативно адсорбируется с отщеплением водорода, что необходимо для образования нанокристаллических связей оксида алюминия из аморфного аэрогеля оксида алюминия.

Нехарактерное для каталитических систем поведение наблюдается при проведении повторного цикла крекинга пропана. В отличие от большинства катализаторов, которые дезактивируются из-за образования свободного углерода на поверхности, аэрогелевые системы демонстрируют рост каталитической активности. На рис. 3 показаны спектры поглощения образцов Al_2O_{3t} и Al_2O_{3f} , полученные после катализа в диапазоне волновых чисел (энергий) от 4000 до 15000 см^{-1} (от 2 эВ до 0,5 эВ).

В настоящей работе были исследованы каталитические и физико-химические свойства аэрогелевых систем. Установили, что для всех катализаторов конверсия может достигать 100% в зависимости от температуры. Что интересно, для обоих катализаторов аэрогелевого типа кривые конверсии пропана сливаются (рис. 2). Чтобы объяснить это наблюдение, адсорбцию пропана проводили при температурах близких к температуре крекинга.

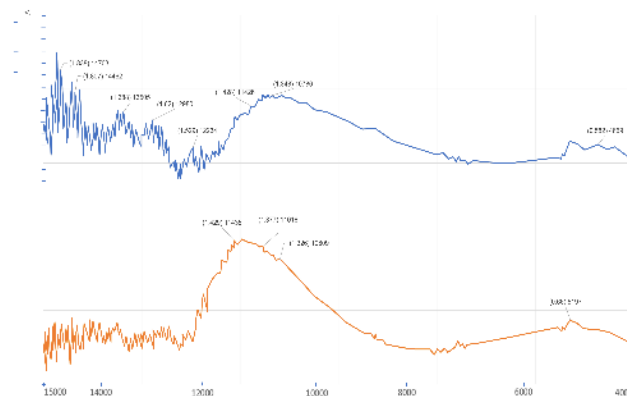


Рис. 3. Спектры поглощения образцов Al_2O_{3t} и Al_2O_{3f} .

Среди всех модификаций углерода такие спектры характерны для углеродных нанотрубок, где наблюдаемые полосы поглощения интерпретируются как особенности Ван-Хова, относящиеся к электронным переходам в квазиодномерных системах.

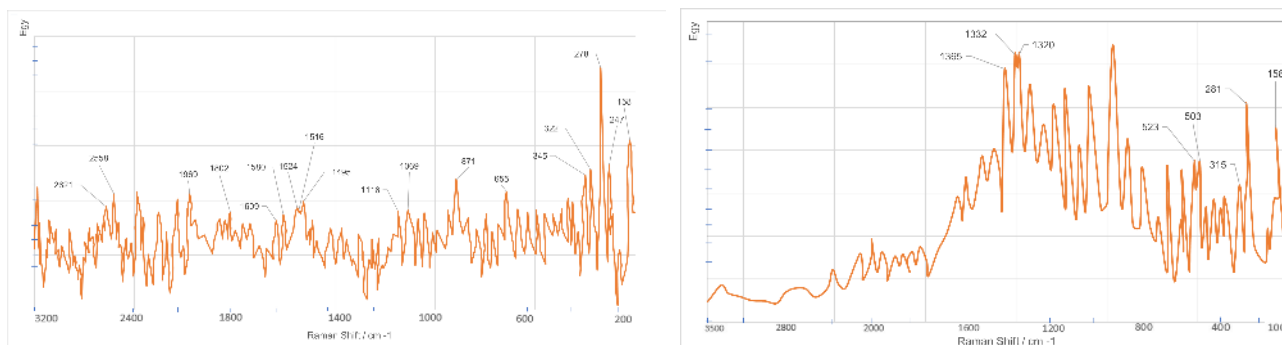


Рис. 4. Резонансные спектры комбинационного рассеяния света: а) Образец УНТ из Al_2O_{3b} , б) Образец УНТ из Al_2O_{3t}

Полосы поглощения с максимумами при 0,6-1,3 эВ и 1,3-2,2 эВ соответствуют указанным переходам сингулярностей Ван-Хова S_{11} и S_{22} в полупроводниковых УНТ, а полосы поглощения в видимой и ультрафиолетовой областях (выше 2 эВ) принадлежат переходам M_{11} в металлических УНТ. Например, в углеродных однослойных трубках типа (10,10), (11,11), (15,0), (18,0) Соединения M_{11} расположены в этой области.

Таким образом, взяв в качестве источника возбуждения лазер с энергией, равной энергии одного из электронных переходов УНТ, можно получить резонансный рамановский спектр. Например, лазер с энергией возбуждения 1064 нм (1,175 эВ) охватывает переходную зону S_{22} в обоих исследуемых образцах позволяет получать резонансные спектры комбинационного рассеяния света для обоих образцов.

Были измерены спектры комбинационного рассеяния света (рис. 4), полученные с использованием инфракрасного лазера с энергией 1064 нм (9400 см^{-1}) в качестве источника возбуждения. В обоих спектрах мы видим интенсивные полосы в низкочастотной области, наблюдение которых является прямым

доказательством существования квазиодномерных структур в полученных образцах, поскольку в этой области спектра отсутствуют полосы для всех других модификаций углерода.

Заключение

Таким образом, синтезированные образцы аэрогеля на основе оксида алюминия были изучены и охарактеризованы в ходе работы. Полученные результаты позволяют сделать вывод о перспективности использовании нановолокнистых аэрогелей в качестве эффективных и регенерируемых катализаторов в процессе крекинга пропана.

Список литературы

1. Krasilnikova O. K. et al. Influence of Self-organization of Al_2O_3 and $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ Nanofilaments into Nanotubes Caused by High Temperature Hydrogen Treatment on Propane Cracking // *Nanoscience & Nanotechnology-Asia*. – 2018. – Т. 8. – №. 1. – С. 100-115.
2. Vignes, J. L., Mazerolles, L., and Michel, D. A Novel Method for Preparing Porous Alumina Objects // *Key engineering materials*. – 1997. – С. 432- 435.

УДК: 628.34, 628.35, 621.3

Ищенко Н.А., Манюкова И.И., Журавлева О.С.

Изучение эффективных способов очистки воды с применением катионов металлов

Ищенко Наталия Алексеевна – студента;

Манюкова Ирина Игоревна – к.х.н., доцент кафедры логистики и экономической информатики;

Журавлева Ольга Станиславовна – старший преподаватель кафедры логистики и экономической информатики
ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»,

Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9.

В статье изучены эффективные способы очистки воды с помощью катионов металлов, так как использование их для очистки воды является важным и актуальным направлением в сфере водоотведения и экологии. В условиях растущей загрязненности водоемов, вызванной промышленными отходами, сельскохозяйственными стоками и бытовыми отходами, традиционные методы очистки становятся недостаточно эффективными. Катионы металлов, такие как алюминий и титан, играют ключевую роль в процессе коагуляции, флотации и других механизмах, что позволяет эффективно удалять взвешенные вещества, органические соединения и тяжелые металлы из воды

Ключевые слова: катионы металлов; хитозан-диоксид титан; характеристики; очистка воды; коагулянт алюминий сульфат

THE STUDY OF PROPERTIES THE STUDY OF EFFECTIVE METHODS OF WATER PURIFICATION USING METAL CATIONS

Ishchenko N.A., Manyukova I.I.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russian Federation

The purpose of the work is to study effective ways of water purification using metal cations, since their use for water purification is an important and relevant direction in the field of wastewater disposal and ecology. In conditions of increasing pollution of reservoirs caused by industrial waste, agricultural runoff and household waste, traditional methods of purification are becoming insufficiently effective. Metal cations such as aluminum and titanium play a key role in the process of coagulation, flotation and other mechanisms, which makes it possible to effectively remove suspended solids, organic compounds and heavy metals from water.

Keywords: metal cations; chitosan-titanium dioxide; characteristics; water purification, coagulant aluminum sulfate

Введение

Существуют различные способы очистки воды, включая физические, химические и биологические методы. Однако большинство классических методов очистки воды, таких как хлорирование и коагуляция, могут иметь серьезные недостатки, включая образование токсичных побочных продуктов и неэффективность по отношению к некоторым загрязнителям. В данной работе рассмотрены альтернативные материалы, как более безопасные и эффективные, такие как хитозан и диоксид титана, алюминий сульфат, обладающие способностью связываться с загрязняющими веществами и нейтрализовать их, обеспечивая более высокое качество очистки и минимальные негативные последствия для здоровья и экосистемы.

Основная часть

Один из методов – использование коагулянта алюминий сульфат, метода позволяет удалять ионы тяжелых металлов, а также хлора, хрома и других составляющих. При добавлении сульфата алюминия в воду он гидролизует, образуя алюминиевые гидроксиды. Эти гидроксиды связываются с загрязняющими частицами, образуя более крупные агрегаты, которые затем оседают на дно или удаляются в процессе фильтрации., их показатель эффективности зависит от скорости образования продуктов и гидролиза [1]. Скорость напрямую зависит от температуры, что позволяет быстрее осадить.

Алюминий комплексообразующий, поэтому он достаточно эффективен в использовании в очистке воды, однако, он эффективен только в определенном pH среды, от 4,5 до 7, это достаточно узкий диапазон. Его используют в виде кристалло – гидратов, часто их называют квасцами алюминия и в гранулированном виде, так как такой формат наиболее быстро растворим. Так же может понадобится отдельная очистка для вывода осадка и утилизация, так как некоторые полученные осадки могут быть токсичными. Так же понадобится знать объем очищаемой воды, для точного количества порошка алюминий сульфат для более эффективного и безопасного очищения

Такой очиститель эффективен в определенных pH и не дорогой в массовом использовании, однако, у него достаточно много недостатков в виде остаточных осадков, которые тоже нужно выводить, требуется знать pH воды и точное количество вводимого вещества, во избежание неприятных последствий.

Использование хитозан диоксид титана в очистке воды. Хитозан основан на хитине ракообразных - покрытие, которое обладает рядом полезных свойств: источник пищевых волокон, высокая совместимость с тканями человека, экологически безопасный компонент. Хитозан проявляет множество свойств для использования в промышленности, медицине и других сферах [2]. Например, он является природным полимером, а значит имеет свойства такие как:

биосовместимость - обусловлена безопасностью для организма, антимикробные свойства, которые останавливают развитие микроорганизмов, используется в антисептических составах, экологичность проявляется в разложении материала. Так как он имеет в составе большое разнообразие аминокислот, это позволяет ему связывать ионы водорода и приобретать в избытке положительный заряд, что позволяет выводить катионы тяжелых металлов из воды [3]. Экологичность хитозана обуславливается его способностью биодegradацией до обычных компонентов [7]

Диоксид титана представляет собой неорганическое соединение, отражает свет, что дает использование в солнцезащитных кремах и других косметических продуктах, хорош в защите от ультрафиолетового света. Так же под действием света диоксид титана способен переходить в возбужденное состояние и свободные радикалы действуют как антисептик, убивая микроорганизмы и бактерии. Важным качеством является и его долговечность, из-за особой структуры [4].

Комбинирование хитозана и диоксида титана рассматривают, как экологическое решение, один из способов по очистке воды, так как свойства хитозана и оксида титана в комбинации могут справиться с серьезными загрязнениями, такие как тяжелые металлы или органические соединения и, в отличие от других способов (использование сульфатов), соединение хитозан диоксид титана начинает реагировать с загрязнителями в разы быстрее.

Перспективный механизм очистки начинается с одним из свойств хитозана – адсорбция. Он может удалять тяжелые металлы с помощью создания хемосорбционных связей с не желательными компонентами, тем самым выводя их из потока воды. Фотокаталитическая активность оксида титана позволяет под воздействием света удалять, окислять и разрушать загрязнения воды, а если наложить UV-свет, то оксид титана будет разрушать органические загрязнения: пестициды, красители, другие препараты. Равномерное распределение оксида титана по площади хитозана ведет к минимальным потерям и большей эффективности [5]. Композит из этих двух компонентов [6] дает высокую эффективность для очистки воды, так как удаляются и органические и неорганические соединения, это экологичный способ и он безопасен для здоровья человека и животных, так как титан хоть и является тяжелым металлом, но при этом он не токсичен для человека. Экономически выгодный способ, так как есть возможность использовать солнечный свет, что позволяет снизить затраты. Конечно, такие установки будут наиболее актуальны в летнее время, в открытых резервуарах.

Заключение

Таким образом, если сравнивать 2 метода использования катионов металлов в очистке воды, очевидным в использовании становится хитозан диоксид титан, за счет меньшего условия проведения, безопасного и экологичного использования. В очистке воды представляет собой эффективный подход,

который сочетает в себе две мощные технологии — адсорбцию и фотокаталитическую деградацию. Такой подход может существенно улучшить качество воды, обеспечивая безопасное использование и восстановление водных ресурсов. Дополнительные исследования помогут оптимизировать технологии и оценить их применение в различных условиях.

Литературный список

1. Хромышева, Е. А. Очистка промышленных сточных вод коагулянтном алюминий сульфатом / Е. А. Хромышева, В. А. Хромышев, А. В. Хромышев // Биологический вестник Мелитопольского государственного педагогического университета им. Богдана Хмельницкого. – 2011.
2. Хитозан: свойства и применение // 100ing URL: <https://100ing.ru/publication/hitozan-svoystva-i-primenenie> (дата обращения: 25.11.2024).
3. Тарановская, Е. А. Очистка сточных вод с применением хитозана / Е. А. Тарановская, Н. А. Собгайда, П. В. Морев // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды : сборник докладов международной научно-технической конференции, Белгород, 24–25 ноября 2015 года / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Том IV. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2015.
4. Пилинеч Л. П., Харук Е. М. Исследование процесса получения пористого материала, содержащего частицы диоксида титана, для фотокаталитической очистки воды // Материалы Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2013. – Поступила в редакцию 6 октября 2013.
5. Баикин А. С., Мельникова А. А., Михайлова А. В., Каплан М. А., Насакина Е. О., Сергиенко К. В., Конушкин С. В., Севостьянова Е. П., Степанова Е. В., Железова С. В., Глинушкин А. П., Севостьянов М. А. Способ получения, исследование структуры и механических свойств композиционного материала "хитозан–диоксид титан" сельскохозяйственного назначения // Агрохимия. – 2023.
6. Мансуров, Р. Р. Фотокаталитическая очистка воды с помощью гидрогелей, наполненных наночастицами диоксида титана / Р. Р. Мансуров // Современные проблемы экологии : XX международная научно-техническая конференция, Тула, 05 марта 2018 года / Под общ. ред. В.М. Панарина. – Тула: Издательство "Инновационные технологии", 2018.
7. Айсханов, С. К. Использование хитозана в экологии и медицине / С. К. Айсханов, С. К. Яхихажиев, С. С. Айсханов // Высокие технологии и инновации в науке: : Сборник избранных статей Международной научной конференции, Санкт-Петербург, 29 марта 2020 года. – Санкт-Петербург: Частное научно-образовательное учреждение дополнительного профессионального образования Гуманитарный национальный исследовательский институт «НАЦРАЗВИТИЕ», 2020.

УДК 661.715.3

Харламов С.М., Маркова Е.Б., Чередниченко А.Г.

Перспективы технологии синтеза «легких олефинов» на основе дегидрирования пропана

Харламов Сергей Максимович – аспирант 1 года обучения кафедры физической и коллоидной химии РУДН им. Патриса Лумумбы, Россия, Москва;

Маркова Екатерина Борисовна – кандидат химических наук, доцент кафедры физической и коллоидной химии РУДН им. Патриса Лумумбы, Россия, Москва;

Чередниченко Александр Генрихович – доктор химических наук, заведующий кафедры физической и коллоидной химии РУДН имени Патриса Лумумбы.

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (РУДН), факультет физико-математических и естественных наук, кафедра физической и коллоидной химии, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6.

В рамках данного исследования был проведен анализ существующих технологий дегидрирования пропана с целью получения «легких» олефинов. Рассмотрены ключевые особенности технологических процессов, состав используемых гетерогенных катализаторов, параметры работы реакторного блока, а также основные условия проведения технологического процесса: температура, давление, объемная скорость сырья. Сделаны выводы о перспективности использования технологии дегидрирования пропана для промышленного синтеза «легких» олефинов.

Ключевые слова: дегидрирование пропана, переработка нефтяного попутного газа, гетерогенные катализаторы, синтез «легких» олефинов.

PROSPECTS OF THE TECHNOLOGY OF SYNTHESIS OF «LIGHT OLEFINS» BASED ON PROPANE DEHYDROGENATION

Kharlamov S.M., Markova E.B., Cherednichenko A.G.

Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba (RUDN University), 6 Miklukho-Maklaya Street, Moscow, 117198, Russian Federation

As part of this study, an analysis of existing propane dehydrogenation technologies was carried out to obtain «light» olefins. The key features of technological processes, the composition of heterogeneous catalysts used, the operating parameters of the reactor unit, as well as the main conditions of the technological process: temperature, pressure, volume velocity of raw materials are considered. Conclusions are drawn about the prospects of using propane dehydrogenation technology for the industrial synthesis of «light» olefins.

Keywords: dehydrogenation of propane, processing of petroleum associated gas, heterogeneous catalysts, synthesis of «light» olefins.

Пропилен является одним из ключевых мономеров в химической промышленности и используется для производства широкого спектра продуктов: полипропилена, пропиленгликоля, окиси пропилена, кумола, акрилонитрила, изопропилового спирта, акролеина.

Большая доля пропилена в России и в мире получается при пиролизе углеводородов и каталитическом крекинге тяжелых углеводородов нефти (FCC – Fluid Catalytic Cracking). Также существует перспективный и развивающийся процесс дегидрирования пропана (ДГП) в пропилен с использованием гетерогенных твердых катализаторов. Остальная часть источников пропилена — это такие процессы как превращение метанола в олефины (Methanol to Olefins – МТО) и процесс метатезиса олефинов (Olefin Conversion Technology – OCT).

При пиролизе углеводородов (этановой фракции, сжиженного углеводородного газа (СУГ)

или бензина) пропилен получают в виде одного из продуктов наравне с этиленом. Больше всего пропилена в количественном выражении получают при пиролизе СУГ и жидких углеводородов (

) [1]. В недалеком будущем в России ожидается пуск нескольких установок пиролиза на легком газовом сырье, что в свою очередь приведёт к уменьшению получения пропилена относительно полученного этилена (АГХК, г. Свободный 2,3 млн. т/год полиэтилена, 0,4 млн. т/год полипропилена – пуск в 2026-2027 годах; ИЗП, г. Усть-Кут 0,65 млн. т/год полиэтилена – пуск в 2025 году; БХК, г. Усть-Луга 3,0 млн. т/год полиэтилена – пуск в 2027 году) [2-4]. Для получения пропилена из тяжелых углеводородов нефти в России в настоящее время эксплуатируется 12 установок каталитического крекинга (процесс FCC) и данное число будет увеличено с вводом в работу новых установок (ТАНЭКО, «Газпром нефтехим Салават», Сызранский НПЗ) [5].

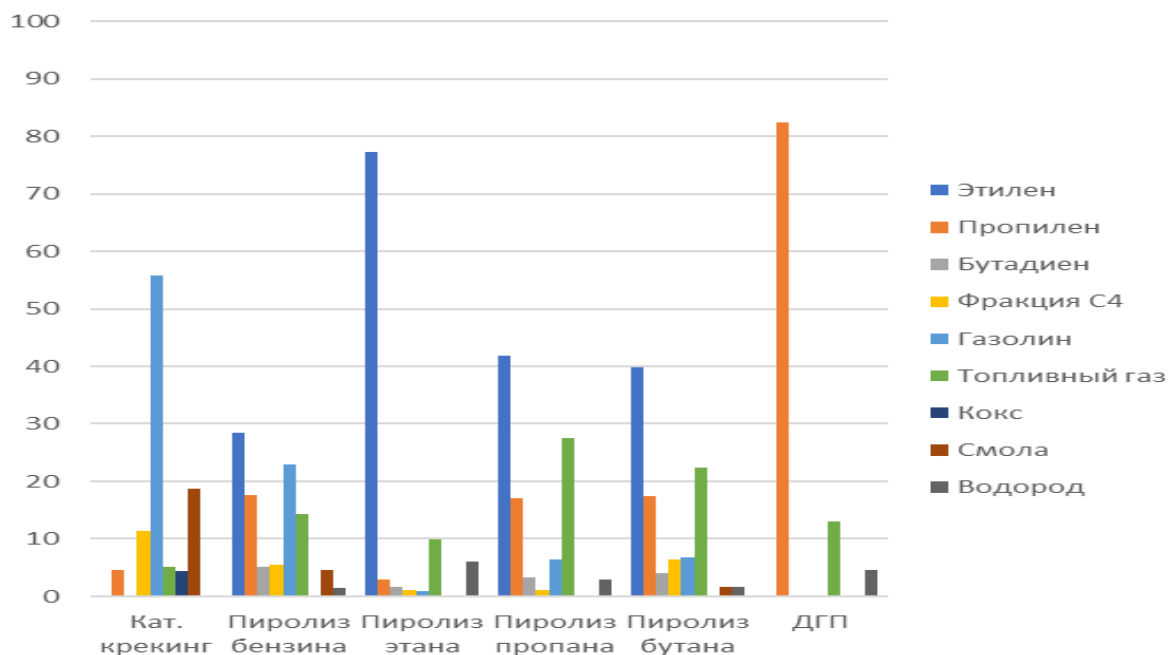


Рис. 1 Выхода продуктов при различных способах получения пропилена

Доля пропилена, получаемая в процессе каталитического крекинга, составляет 5%. Дегидрирование пропана в пропилен в России представлено только в виде завода в г. Тобольск (производство ДГП-1 ЗСНХ). В 2027 года планируется произвести пуск производства ДГП-2 мощностью 570 тыс. т/год полипропилена. Как можно видеть на

ДГП является высокоселективным процессом получения пропилена (селективность по пропилену превышает 80%), что делает его наиболее подходящим методом для массового производства пропилена. За период с 2015 по 2020 год доля ДГП среди всех источников пропилена увеличилась с 6 до 12% (Рис. 1 и Рис. 2) [6].

Привлекательность ДГП, как технологии на рынке производства пропилена обусловлено следующими положительными качествами:

- получение в ходе протекания процесса единственного целевого продукта – пропилена, что позволяет проводить процесс при высокой селективности, а также существенно упрощает схему разделения реакционной смеси;
- так как единственным продуктом производства ДГП является пропилен, то и нет необходимости реализовывать другие конечные продукты;
- пропан, используемый в качестве сырья, зачастую является более доступным и дешевым сырьем особенно в регионах с развитым производством сжиженного углеводородного газа, например в России;
- использование пропана в качестве сырья позволяет снизить зависимость от сырья на основе нефти, например бензина;
- организация процесса, по сравнению с другими методами получения пропилена, требует существенно меньших капитальных затрат для получения равных объемов продукта.

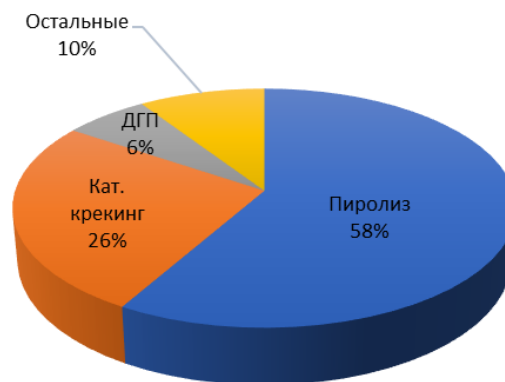


Рис. 1 Распределение источников получения пропилена в мире за 2015 год

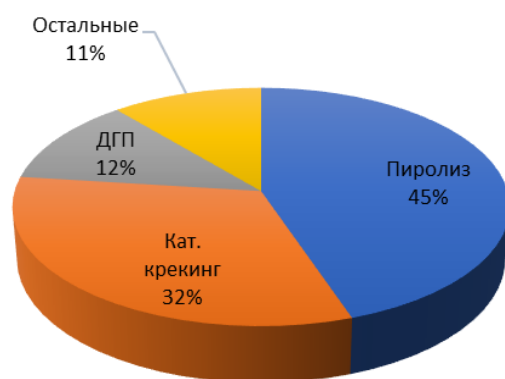
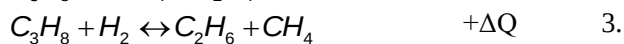


Рис. 2 Распределение источников получения пропилена в мире за 2020 год

По сути, PDH – это процесс каталитического превращения пропана в пропилен и водород [6]. Целевое уравнение приведено ниже (1):



реакционноспособен, чем пропан и он легко подвергается многостадийным вторичным реакциям и, включая олигомеризацию, циклизацию и ароматизацию. В результате в качестве побочных продуктов получают метан, этан, фракцию углеводородов C4-C6 и ароматическую фракцию [8]. Основные побочные реакции представляют собой следующие уравнения (2-6):



Целевая реакция является эндотермической с увеличением объема. Это подразумевает, что повышение температуры реакции и/или снижение парциального давления способствуют увеличению конверсии пропана. Как правило процесс ведут при температуре 550–650 °С, давлении 0,1-6 бар и объемных скоростях около 0,5-15 ч⁻¹ в реакторах со стационарным, псевдооживленным или движущимся слоем или слоях катализатора.

«Коммерциализация процессов дегидрирования лёгких углеводородных газов началась в 1930-х годах. Этому способствовал повышенный интерес к получению синтетического каучука на основе 1,3-бутадиена» [9]. Во второй половине XX века началась активная разработка технологий дегидрирования пропана в пропилен. Одной из первой технологией коммерческого получения пропилена дегидрированием пропана FBD-3 (Fluidized Bed Dehydrogenation – Дегидрирование в псевдооживленном слое) была совместная разработка отечественного НИИ «Ярсинтез» и итальянской фирмы Snamprogetti в 1964 году. Особенностью данной технологии были применение реактора с псевдооживленным слоем катализатора. В течение последующих лет XX века было разработано еще несколько коммерческих технологий дегидрирования пропана в пропилен: Catofin (ABB Lummus, 1986 год), Oleflex (Universal Oil Products, 1990 год), PDH (Linde-BASF, 1995 год), STAR (Unde, 1999 год). За последние 10 лет были разработаны технологии ADHO (China University of Petroleum, 2016 год), FCDh (Dow Chemical Company, 2016 год), K-PRO (KBR, 2018 год) [10].

Каждая технология предлагает уникальные решения по устройству и организации работы реакторного блока. Рассмотрим их далее.

FBD-3. Особенностью первой технологии дегидрирования пропана в пропилен является организация процесса в псевдооживленном слое катализатора. В данном процессе используются катализаторы на основе хрома и оксида алюминия (CrO_x/Al₂O₃) в виде небольших шаров. Регенерация катализатора осуществляется постоянно в отдельном аппарате также в псевдооживленном слое. По своим свойствам катализатор похож на катализатор для процессов каталитического

крекинга. Процесс проводят при температуре 550-660 °С, давлении 1,1-1,5 бар. Конверсия пропана 45-50%, селективность по пропилену 80-85% [6,11].

Catofin. В данной технологии используют горизонтальные реакторы с неподвижным слоем катализатора. Используемый катализатор – K(Na)-CrO_x/Al₂O₃. Реакторный блок работает в периодическом режиме: дегидрирование → продувка → регенерация → дегидрирование. Как правило, в реакторном блоке работает 8 реакторов, из которых 2-3 одновременно работают в режиме дегидрирования. Время работы реактора в режиме дегидрирования примерно 9 минут. Процесс проводят при температуре 560-650 °С, давлении 0,2-0,5 бар и объемной скорости меньше 1 ч⁻¹. Конверсия пропана 40-45%, селективность по пропилену 82-87% [6,12].

Oleflex. Процесс протекает последовательно в нескольких реакторах (как правило в 4-х) в подвижном слое катализатора. Катализатор продвигается последовательно через все реактора и направляется в регенератор. После регенерации катализатор отправляется в первый по очереди реактор, и цикл повторяется. подогрев сырьевой смеси осуществляется между реакторами в нагревательных печах. Для технологии применяются катализаторы на основе платины (например, K(Na)-Pt-Sn/Al₂O₃) в виде шаров диаметром 1,6 мм. Особенностью процесса, помимо подвижного слоя катализатора, является разбавление сырьевого пропана циркулирующим водородсодержащим газом для уменьшения образования кокса на поверхности катализатора. Единственное крупнотоннажное производство пропилена дегидрированием пропана в России в Тобольске (ДГП-1) осуществляется по технологии Oleflex. Процесс проводят при температуре 525-705 °С, давлении 1-3 бар и объемной скорости меньше 4-13 ч⁻¹. Конверсия пропана 30-40%, селективность по пропилену 85,5-88% [6].

PDH. Данный процесс проводят в трубчатых реакторах с неподвижным слоем катализатора. Работа реакторов организована в виде печей, где сырье сначала подогревается в конвекционной секции, а затем поступает трубчатыми реакторами, температура в котором поддерживается горячими дымовыми газами. Дегидрирование происходит в периодическом режиме – дегидрирование 6 часов, регенерация 3 часа. В процессе применяется платиново-оловянный катализатор на оксиде циркония (Pt-Sn/ZrO₂). Процесс проводят при температуре 550-650 °С, давлении 1 бар. Конверсия пропана 40-45%, селективность по пропилену 95% [8].

STAR. Особенностью данного процесса является то, что совместно с обычным дегидрированием осуществляют окислительное дегидрирование пропана в пропилен с помощью кислорода. Процесс протекает в трубчатом реакторе с неподвижным слоем катализатора. Реактор разделен на две части: в первой части проводят дегидрирование без

кислорода, во второй части с кислородом. Кислород, реагируя с водородом реакционной смеси смещает равновесие реакции, что приводит к увеличению конверсии пропана. Также, реакция водорода с кислородом является экзотермической, что обеспечивает дополнительный подвод тепла к реакционной смеси. Катализатор, используемый в процессе – Pt-Sn/ZnAl₂O₄/CaO-Al₂O₃. Процесс проводят при температуре 480-620 °С, давлении 5-6 бар и объемной скорости 0,5-10 ч⁻¹. Конверсия пропана 35%, селективность по пропилену 80-90% [6,13].

ADHO. Технология крайне похожая на технологию FBD-3 – процесс протекает в псевдооживленном слое катализатора непрерывно. Регенерация катализатора производится в параллельном аппарате также в псевдооживлении в потоке горячего воздуха. В качестве катализатора используется смеси оксидов благородных металлов. Процесс проводят при температуре 500-650 °С и объемной скорости 1-10 ч⁻¹. Конверсия пропана 50%, селективность по пропилену 90% [6,14].

FCDh. Технология дегидрирования пропана в пропилен в псевдооживленном слое катализатора. Данная технология является развитием технологии жидкофазного каталитического крекинга (FCC). Процесс протекает в непрерывном режиме. Катализатор, применяемый в технологии – Pt-Ga-K/Si-Al₂O₃. Процесс проводят при температуре 600 °С, давлении 1 бар. Конверсия пропана 45%, селективность по пропилену 93% [6].

K-PRO. Технология дегидрирования пропана в пропилен в псевдооживленном слое катализатора. Основана на технологии KBR Catalytic Olefins Technology (K-COT). Процесс протекает в непрерывном режиме. Технология использует катализатор без платины и хрома в своем составе. Процесс проводят при температуре 600 °С, давлении 1,5 бар. Конверсия пропана 45%, селективность по пропилену 87-90% [6].

Подводя итог, стоит отметить, что в настоящее время метод получения пропилена дегидрированием пропана является крайне перспективным направлением основного органического синтеза. Стоит отметить интерес в последнее время к организации процесса в псевдооживленном слое катализатора. Только за последние 10 лет было объявлено о разработке 3-х перспективных технологий дегидрирования пропана. Также активно продолжают разрабатываться новые катализаторы, не содержащие дорогостоящие платину и хром.

Список литературы

1. Propane to olefins tandem catalysis: a selective route towards light olefins production / M Monnai, M Gambino, S Wannakao, B.M. Weckhuysen // The Royal Society of Chemistry. – 2021. – № 50. – P.

11503-11529.

2. АГХК: сайт. – URL: <https://amur-gcc.ru/> (дата обращения: 07.11.2024).

3. Иркутская нефтяная компания: сайт. – URL: <https://irkutskoil.ru/> (дата обращения: 07.11.2024).

4. Балтийский химический комплекс: сайт. – URL: <https://baltchemc.ru/> (дата обращения: 07.11.2024).

5. Сектор Медиа: сайт. – URL: <https://sectormedia.ru/news/neftepererabotka/vremya-otkrytiy-proryvnye-tehnologii-neftepererabotki-sozdayutsya-v-sibiri/> (дата обращения: 08.11.2024).

6. Propane dehydrogenation: catalyst development, new chemistry, and emerging technologies / S Chen, X Chang, G Sun [at all.] // The Royal Society of Chemistry. – 2021. – № 50. – P. 3315-3354.

7. Neftegaz.ru: сайт. – URL: <https://neftegaz.ru/news/Gazohimija/791632-sibur-nachal-stroitelstvo-proizvodstva-po-vypusku-570-tys-t-polipropilena-v-tobolske/> (дата обращения: 08.11.2024)

8. Lingli, N. Propane dehydrogenation on highly active and selective Ga/BEA and ethanol conversion to butadiene on zincosilicate BEA: Doktors der Naturwissenschaften – München, 2022. – 124 p.

9. Макарян, И.А. Промышленные процессы целевого каталитического дегидрирования пропана в пропилен / И.А. Макарян, М.И. Рудакова, В.И. Савченко // Альтернативная энергетика и экология. – 2010. – № 6. – С. 67-81.

10. Моделирование процесса дегидрирования пропана на цеолитсодержащих катализаторах с учетом их дезактивации / Е.В. Писаренко, А.Б. Пономарев, А.А. Шевченко, Д.А. Русаков // Успехи в химии и химической технологии. – 2022. – Т. 36, № 2. – С. 105-109.

11. Application of FBD processes for C3-C4 olefins production from light paraffins / G.R. Kotelnikov, S.M. Komarov, V.P. Bespalov [и др.] // Studies in Surface Science and Catalysis. – 2004. – № 147. – P. 67-72.

12. Repetitive control and online optimization of Catofin propane process / W. Won, K.S. Lee, S. Lee, C. jung // Computers and Chemical Engineering. – 2010. – № 34. – P. 508-507.

13. STAR process® – Most reliable dehydrogenation technology for propylene and isobutylene production: сайт. – URL: <https://www.thyssenkrupp-uhde.com/en/products-and-technologies/polymers-and-plastics-technologies/dehydrogenation> (дата обращения: 25.11.2024)

14. Alkane catalytic dehydrogenation reaction device and catalyst regeneration device: № US20220168699A1: опубл. 02.06.2022 / Chunyi Li, Lingyun Zhang, Xiaoyu Zhang, Ying Zhang, Kaitian Maohui Li, Chuntian Pung

УДК 667.61

Пигас А.В., Зверева О.В. Покровский С.Я.

Сравнительный анализ порошковых лакокрасочных материалов

Пигас Александр Валерьевич – студент;

Зверева Ольга Владимировна – ассистент кафедры ЛогЭКИ;

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева»,
Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9.

В статье рассматриваются актуальные вопросы энерго- и ресурсосбережения в лакокрасочной отрасли, а также преимущества порошковых лакокрасочных материалов по сравнению с традиционными жидкими красками. Особое внимание уделено экологическим и экономическим преимуществам порошковых покрытий, таким как отсутствие токсичных растворителей, высокая стойкость к внешним воздействиям и долговечность.

Ключевые слова: лакокрасочные материалы, энерго- и ресурсосбережение, экология, порошковое покрытие, антикоррозионная защита

Comparative analysis of powder coating materials

Pigas A.V. Zvereva O.V. Pokrovskiy S.Y.

D. I. Mendeleev Russian University of Chemical Technology

The article discusses current issues of energy and resource conservation in the paint industry, as well as the advantages of powder coating materials (LCM) compared with traditional liquid paints. The technical and economic characteristics of powder coatings, their composition, varieties, and applications are analyzed in detail. Special attention is paid to the environmental and economic advantages of powder coatings, such as the absence of toxic solvents, high resistance to external influences and durability.

Keywords: paint and varnish materials, energy and resource conservation, ecology, powder coating, anti-corrosion protection

Введение

На сегодняшний день применение лакокрасочных материалов (ЛКМ) имеет очень широкий спектр, из-за их многофункциональности и многочисленных полезных свойств. Зачастую их применение становится критически важным и способствует значительному сокращению расходов. По причине ежегодного роста популярности лакокрасочных материалов как в промышленности, так и в бытовых отраслях очень остро стоит вопрос энерго- и ресурсосбережения в данной отрасли, а также оптимизации процессов, связанных с нанесением лакокрасочных материалов. В мире активно набирают популярность порошковые лакокрасочные материалы. Данный вид ЛКМ заметно отличается от классических лакокрасочных материалов своими технико-экономическими показателями. Целью данной работы является анализ достоинств и недостатков порошковых лакокрасочных материалов, над другими видами ЛКМ [1-4].

Основная часть

Порошковые лакокрасочные материалы – это многокомпонентные системы, которые состоят из твердых частиц (основы для образования пленки) и среды, разделяющей эти частицы – воздуха. Они представляют собой мелкий сухой порошок определенного цвета, не имеющий запаха и нерастворимый в воде. В отличие от этого, традиционные лакокрасочные материалы представляют собой многокомпонентные системы, предназначенные для нанесения в виде жидкости. Краски могут быть как непигментированными (в виде лака), так и пигментированными (в виде краски). Основными компонентами порошковых ЛКМ являются смола, отвердитель, пигменты и добавки [5].

Основные плюсы порошкового покрытия заключаются в долговечности, эффективности нанесения и устойчивости к внешнему воздействию. Другие достоинства и недостатки порошковых ЛКМ сведены в общую таблицу (таблица 1).

Таблица 1. Достоинства и недостатки порошковых лакокрасочных материалов

Плюсы порошковых красок по сравнению с красителями на основе растворителей	Экологические плюсы порошкового покрытия	Экономические плюсы порошкового покрытия	Вероятные минусы
Уникальные физико-химические и визуальные свойства покрытий.	Не содержит вредных органических соединений	низкий уровень отходов	Для окрашивания в каждый цвет требуется отдельный контейнер
Более дешевое однослойное покрытие, без потери качества.	Технология нанесения экологически чистая	Почти 100% объема материала достигает поверхности	Пятна могут появиться при низких температурах
Отсутствует необходимость специальной предварительной подготовки т.к. порошок поставляется в готовом виде	Концентрация летучих органических соединений никогда не достигает предельно допустимых уровней	Возможность утилизации лишнего материала, который не падает на поверхность	Некоторые ограничения применяются, например, к нестандартным объектным или построенным структурам
Повышенная устойчивость к коррозии и ударам из-за сниженной пористости	ЛКМ практически не имеют едкого химического запаха	высокая автоматизация процессов, что облегчает обучение сотрудников	
Сниженное время отверждения (порядка 30 минут)	Технология нанесения предполагает более безопасные и гигиенические условия труда	Отсутствие растворителей в составе исключает затраты на удаление пара и делает производство экологически чистым	
Минимальные потери при использовании (1–4 %)	Уменьшается пожарная опасность		

Технология нанесения порошковых ЛКП не требует применять токсичные или тугоплавкие растворители, находящиеся в жидком состоянии, данное обстоятельство указывает на то, что такая технология нанесения по большей части безопасна. Дополнительную экономическую выгоду посредством снижения затрат обеспечивает отсутствие растворителей. Вместе с тем порошковые ЛКМ предоставляют широчайший выбор цветов и текстур покрытия.

Порошковые лакокрасочные материалы поставляются в формате готового к применению продукта, что позволяет потребителю отказаться от проведения процессов контроля вязкости и окрашивания, получив, тем самым, дополнительную выгоду. Эти свойства гарантируют эффективность, долговечность и превосходное качество порошкового покрытия [1].

Образуемые, порошковые лакокрасочные покрытия, обладают безупречными внешним видом и свойствами при эксплуатации. Следует иметь в виду,

что только порошки, которые полимеризуются при температуре 130-150 °С, подходят для верхних прозрачных покрытий. В большинстве случаев такие требования удовлетворяются порошками на основе эпоксидно-акриловых пленкообразующих агентов, полимеризованных полиамидами алифатических дикарбоновых кислот.

Таким образом порошковые лакокрасочные покрытия являются отличным решением ряда задач, поставленных перед лакокрасочной отраслью. В данный момент на мировом рынке очень популярны полиуретановые порошковые краски [6,7].

Заключение

Сравнительный анализ технологии нанесения порошковых ЛКМ, по сравнению с жидкими ЛКМ показал, что производственный процесс нанесения порошковых ЛКМ идет быстрее, т.к. нет необходимости наносить покрытие в несколько слоёв, а также более экологический и пожаробезопасный, в следствии отсутствия

растворителей, которые являются легковоспламеняющимися и токсичными веществами. Кроме того, порошковые ЛМ стабильны как соединения, их легко применять и перевозить, а образуемое покрытие обладает высокой степенью адгезии, стойкости к коррозии и истиранию. В настоящее время порошковые лакокрасочные материалы, обеспечивающие безотходную технологию покрытий, имеют наилучшие перспективы и потенциал развития в отрасли лакокрасочных материалов. За последнюю декаду прирост производства порошковых ЛКМ каждый год колеблется в пределах от 10 до 12 процентов, в то время как прирост производства жидких ЛКМ, за аналогичный период, не превышал 2,2-2,3%. К перспективным областям развития применения порошковых красок можно отнести покрытие термочувствительных подложек, таких как пластик и дерево. Для таких случаев применяют порошковые краски с низкой температурой сушки с применением катализаторов в их составе и высокоэффективных отвердителей [8].

Список литературы

1. Газеев М.В., Формирование лакокрасочных покрытий на древесине с применением аэроионизационных методов пленкообразования. – Екатеринбург: Дис., 2017. – 300 с.
2. Решетников В. Методы оценки качественных характеристик порошковых красок, актуальных при нанесении. // Промышленная окраска, 2013. – № 3. С. 20–23.
3. Технологическо-организационный инжиниринг окрасочных производств. / В. С. Болдырева, Ю. М. Аверина, В. В. Меньшиков, С. В. Кузнецов, К. Ю. Колыбанов. 2020, том 54, № 3, с. 299–303
4. Меньшиков В.В., Рыбкин В.А. Концепция инновационных “пэйнт-технологий” и ее практическая реализация // Лакокрас. матер. их примен. 2016. № 5. С. 49.
5. Яковлев А. Д. Здор В. Ф., Каплан В. И. Порошковые полимерные материалы и покрытия на их основе. Л.: Химия, 1979. 256 с.
6. Языков С.Ю., Композиционные покрытия на основе порошковых красок с функционализирующими наполнителями, электростатически напыленные из смесей, обработанных в планетарной мельнице, ТПУ, Томск 2016. 150 с.
7. Hans Joachim Streitberger, Karl Friedrich Dossel. Automotive Paints and Coatings. Weinheim, WILEY, 2008. P. 493.
8. Формирование защитно-декоративного покрытия из порошковых красок на древесной подложке. Миронова С.И. СПбГЛТУ 2000.

УДК 544.72; 54.057

Тотомир К.Ю., Шерварли С.А., Крючкова Т.А., Шешко Т.Ф., Чередниченко А.Г.

Влияние природы носителя на каталитические свойства $GdFeO_3$ в углекислотной конверсии метана

Тотомир Ксения Юрьевна, студентка 1-го курса магистратуры кафедры Физической и коллоидной химии РУДН, Россия, Москва;

Шерварли Светлана Анатольевна, студентка 4-го курса бакалавриата кафедры Физической и коллоидной химии РУДН, Россия, Москва;

Крючкова Татьяна Алексеевна, к.х.н., ст. преподаватель кафедры Физической и коллоидной химии РУДН, Россия, Москва; kryuchkova-ta@rudn.ru

Шешко Татьяна Фёдоровна, к.х.н., доцент кафедры Физической и коллоидной химии РУДН, Россия, Москва;

Чередниченко Александр Генрихович, д.х.н., заведующий кафедрой Физической и коллоидной химии РУДН, Россия, Москва

Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы (РУДН), факультет физико-математических и естественных наук, кафедра физической и коллоидной химии, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6.

*В данной работе была проведена оценка эффективности нанесенных на носители оксидных систем $GdFeO_3$, $GdFeO_3/ZrO_2$, $GdFeO_3/MnO_2$, в процессе получения синтез-газа методом углекислотной конверсии метана. Установлено, что использование подложки ZrO_2 увеличивает каталитические характеристики феррита гадолиния. В то же время носитель MnO_2 демонстрирует ингибирование целевого процесса.***Ключевые слова:** перовскиты, золь-гель синтез, гадолиний, углекислотная конверсия метана, синтез-газ, подложка**INFLUENCE OF THE NATURE OF THE CARRIER ON THE CATALYTIC PROPERTIES OF $GdFeO_3$ IN THE CARBON DIOXIDE CONVERSION OF METHANE**

Totomir K.Yu., Shervarli S.A., Kryuchkova T.A., Sheshko T.F., Cherednichenko A.G.

Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russian Federation

*The main task of this work was to evaluate the effectiveness of deposited oxide systems $GdFeO_3$, $GdFeO_3/ZrO_2$, $GdFeO_3/MnO_2$ obtained by applying physical, concerning the generation of synthesis gas by carbon dioxide reforming of methane. It has been found that the use of a ZrO_2 substrate increases the catalytic characteristics of gadolinium ferrite. At the same time, the MnO_2 carrier demonstrates inhibition of the target process.***Keywords:** perovskites, sol-gel synthesis, gadolinium, carbon dioxide conversion of methane, synthesis gas, substrate**Введение**

Ожидаемое увеличение численности населения на планете к 2050 году на 2 миллиарда человек и текущее несоответствие между потреблением энергии и имеющимся ресурсом является ключевым фактором, приводящим к возникновению повышенного спроса на энергоносители. Это особенно важно в связи с тем, что ископаемое топливо продолжает доминировать в мировом производстве энергии, создавая угрозу устойчивому развитию из-за выделения парниковых газов [1-3].

Оксид железа Fe_2O_3 проявил себя как превосходный катализатор в процессе циклического риформинга метана благодаря своей высокой селективности по отношению к синтез-газу, отличной термодинамической стабильности, низкой стоимости, токсичности, доступности и большим запасам, однако его применение предполагает не только проведение реакций в качестве катализаторов, но и участие в реакциях в качестве реагентов, что делает механизм каталитической реакции относительно сложным, а использования в качестве чистого катализатора не рентабельным [4].

Одним из способов решения данной проблемы является разработка устойчивых и высокоэффективных каталитических систем перовскитного типа, способствующих утилизации CO и CO_2 путем преобразования в ценные химические продукты с высокой добавленной стоимостью [5].

Для регулирования свойств получаемых сложных оксидов исследователи применяют различные методы синтеза и условия проведения реакции. Так же особой популярностью пользуется метод нанесения активного катализатора на инертную подложку. Таким путем стремятся предотвратить спекание катализатора при высокотемпературных процессах, повысить его эффективность и снизить стоимость [6,7].

Технология углекислотной конверсии метана (УКМ) считается перспективной, так как по ней является возможным и рентабельным производить синтез-газ с соотношением H_2/CO , близким к 1,0. Такое соотношение продуктов является наиболее желательным для их дальнейшей переработки, особенно для синтеза Фишера-Тропша, который является важным процессом синтеза кислородсодержащих соединений и алканов [5].

В связи с этим, целью данной работы являлось исследование нанесенных каталитических систем со структурой перовскита состава $GdFeO_3$ на инертных носителях в процессе получения синтез-газа в реакции углекислотного риформинга метана и установление взаимосвязи между их каталитическими характеристиками и природой инертного носителя.

Экспериментальная часть

Получение сложного оксида $GdFeO_3$ (далее, GFO) проводили золь-гель методом по цитрат-нитратной технологии. Стехиометрические количества нитратов

$Gd(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ и $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ растворяли в деионизированной воде с лимонной кислотой, для поддержания $pH=6$ использовали раствор аммиака. Раствор нагревали при 353-373 К, непрерывно перемешивая, до образования золя, который далее высушивали до образования сухого пористого геля. Затем полученный перовскит прокаливали в печи при постепенном нагреве от 373 К до 723 К и выдерживали при максимальной температуре 2 часа. Перед нанесением GFO ZrO_2 и MnO_2 сушили при Т 773К в течение 6 ч. Далее, методом твердофазного синтеза, а именно путем ручного измельчения в ступке в течение 30 мин, получали физическую смесь из $GdFeO_3$ и соответствующих оксидов в массовом отношении 1:9. Полученные порошки прокаливали в муфельной печи при воздушной атмосфере и Т 773К в течение 24 часов с получением $GdFeO_3/ZrO_2$ (далее, GFO/Zr) и $GdFeO_3/MnO_2$ (далее, GFO/Mn) [8].

Каталитическую активность образцов определяли, подавая смесь газов при соотношении компонентов $CH_4:CO_2 = 1:1$. Эксперимент осуществлялся в проточной каталитической установке в интервале температур 773-1223 К при атмосферном давлении, объемная скорость реакционной смеси составляла 0,9 - 1,0 л/ч. Анализ получаемой реакционной смеси осуществлялся хроматографическим методом на приборе Кристалл 5000 (насадочная колонка Porapak Q, газ-носитель – Ar, l - 2 м, d – 3 мм) с использованием соединенных последовательно детекторов по теплопроводности и пламенно-ионизационного. Значения конверсий и скоростей образования продуктов реакции и селективности по ним при каждой заданной температуре измерялись после достижения стационарного состояния, о котором судили по постоянству площадей хроматографических пиков, и рассчитывались на единицу массы катализатора.

Обсуждение результатов

Влияние природы используемого носителя на каталитические характеристики сложного оксида $GdFeO_3$ изучали в условиях углекислотного реформинга метана. На рисунке 1 приведены температурные зависимости конверсий метана и диоксида углерода, а также выходов монооксида углерода и водорода. Из рисунка 1 видно, что природа подложки может оказывать влияние на

каталитическую активность образцов. Так, образец GFO/Zr демонстрирует наивысшие значения конверсии реактантов и значений выходов продуктов реакции: X_{CH_4} и X_{CO_2} достигали 51% и 69%, а Y_{CO} и Y_{H_2} принимали значение ~ 50% и 30%. В то же время, использование в качестве подложки диоксида марганца демонстрирует некоторое ингибирование процесса в сравнении с чистым ферритом гадолиния. Разница между GFO и GFO/Mn составила $X_{CH_4} = 18\%$, $X_{CO_2} = 7\%$, $Y_{CO} = 12\%$, $Y_{H_2} = 13\%$ (таблица 1).

Стоит отметить, что с увеличением температуры наблюдается увеличение как значений конверсий реактантов, так и выходов целевых продуктов. При чем в случае значений конверсии диоксида углерода и выхода монооксида углерода на (GFO/Zr) наблюдается снижение температуры процесса на 50 К в сравнении с GFO/Mn . Но в случае Y_{H_2} смещение в область более низких температур составляет 100 градусов.

Стоит отметить, что с увеличением температуры наблюдается увеличение как значений конверсий реактантов, так и выходов целевых продуктов. При чем в случае значений конверсии диоксида углерода и выхода монооксида углерода на (GFO/Zr) наблюдается снижение температуры процесса на 50 К в сравнении с GFO/Mn . Но в случае Y_{H_2} смещение в область более низких температур составляет 100 градусов.

Сравнение каталитической активности на чистых носителях, а также термического опыта показало, что применение ZrO_2 и MnO_2 без нанесенного на них феррита гадолиния демонстрирует гораздо более низкую активность (таблица 1). Но при анализе значений нанесенного катализатора GFO/Zr в сравнении с чистым ZrO_2 наблюдаем явное проявление синергетического эффекта.

Значения углеродного баланса у всей линейки образцов сравнимы. Одновременно с этим в линейке GFO/Zr , GFO , GFO/Mn видим тенденцию к снижению значения отношения H_2/CO : в случае GFO/Mn $H_2/CO = 0,32$, а соотношение конверсий реактантов $X_{CH_4}/X_{CO_2} < 1$. Этот факт может объясняться промотированием атомами марганца протекания побочного процесса реакции обратной паровой конверсии CO (9) по схеме:

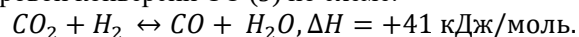


Таблица 1. Каталитические характеристики $GdFeO_3$, $GdFeO_3/ZrO_2$, $GdFeO_3/MnO_2$

Образец	Т = 1223 К					
	X (CH_4), %	X (CO_2), %	Y (H_2), %	Y (CO), %	H_2/CO	Углеродный баланс, %
GFO	41	52	21	37	0,55	91
GFO/Zr	51	70	28	47	0,59	86
GFO/Mn	23	45	8	25	0,32	91
ZrO_2	52	33	13	35	0,37	93
MnO_2	9	11	5	9	0,54	98
Термический опыт	6	6	7	4	0,22	95

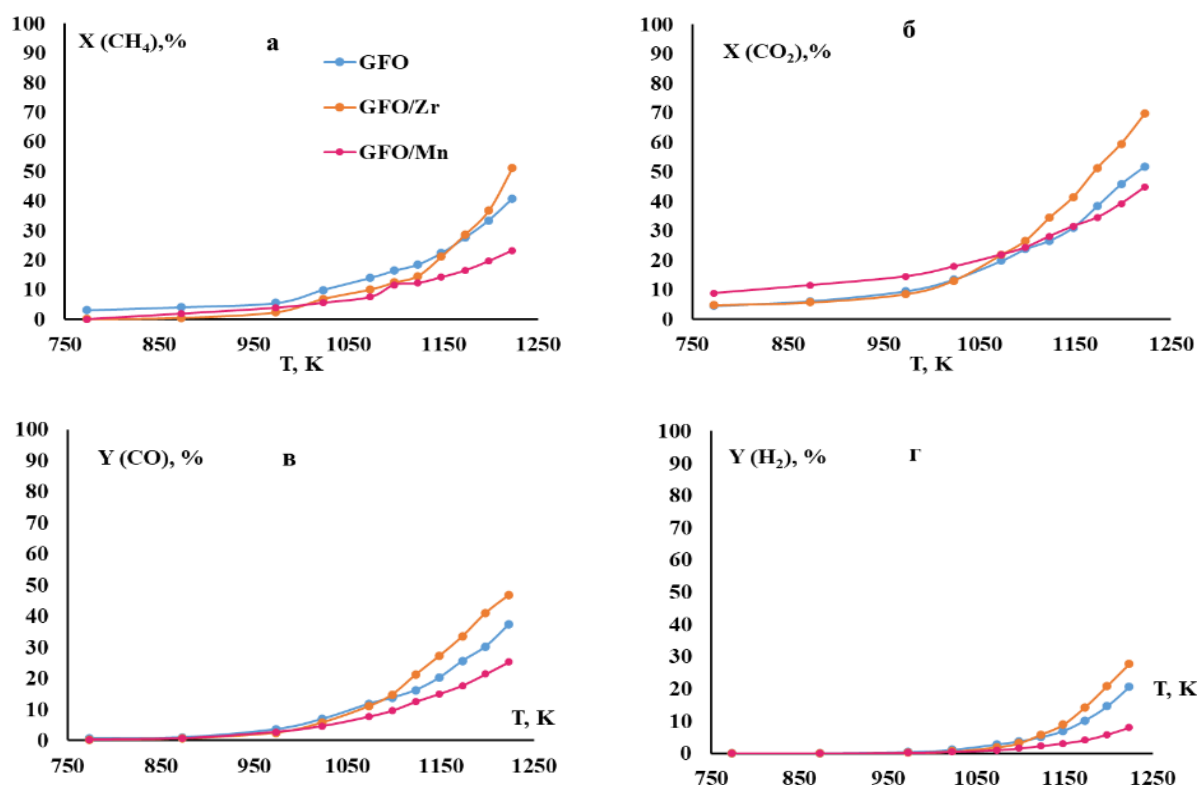


Рис. 1. Конверсии метана (а), углекислого газа (б), выходы монооксида углерода (в) и водорода (г) для линейки образцов GFO, GFO/Zr, GFO/Mn.

Заключение

В условиях реакции углекислотной конверсии метана в качестве катализаторов протестированы нанесенные системы на основе феррита гадолиния. Установлено, что использование подложки диоксида циркония, благодаря возникновению синергетического эффекта, позволяет увеличить характеристики исследуемого сложного оксида. GFO/Zr обладает наибольшей реакционной способностью, стабильностью и стойкостью к спеканию, но подвержены более высокому отложению углерода на поверхности.

Список литературы

1. Zheng Cao, Feng Gao, Zhifeng Wu, Qifei Zhang, Zihao Zheng, Zhenjun Li, Xiaodong Hai, Quantifying the spatiotemporal mismatches between energy consumption and population: A comparative study in Guangzhou and Shenzhen, China // *Cities*. – 2025. - № 156. – P. 105522.
2. Демографические изменения. Организация Объединенных Наций. [URL] <https://www.un.org/ru/un75/shifting-demographics>. [Дата обращения: 6.12.2024 г.]
3. Achakulwisut P, Erickson P, Guivarch C, Schaeffer R, Brutschin E, Pye S, Global fossil fuel reduction pathways under different climate mitigation strategies and ambitions // *Nature communications*. – 2023. - № 13.
4. Hui-Xin Zhang, Xi-Yang Yu, Xue Su, Xin Gao, Zheng-Qing Huang, Bolun Yang, Chun-Ran Chang, Dopant-Enhanced harmonization of α -Fe₂O₃ oxygen migration and surface catalytic reactions during chemical looping reforming of methane // *Chemical Engineering Journal*. – 2024. - № 481. - P. 148446.
5. Jakub Mokrzycki, Piotr Legutko, Olga Kaczmarczyk, Monika Fedyna, Investigating the carbon deposit formation, hysteresis phenomenon and stability of Ni- AlSBA-15 catalysts in dry reforming of methane // *Journal of Environmental Chemical Engineering*. – 2025. – v.13, - № 1. – P. 115040.
6. Ma, Shiwei & Chen, Shiyi & Soomro, Ahsanullah & Xiang, Wenguo, Effects of CeO₂, ZrO₂ and Al₂O₃ Supports on Iron Oxygen Carrier for Chemical Looping Hydrogen Generation // *Energy & Fuels*. – 2017. – v. 31.- № 8. – P. 8001–8013.
7. Liu, Wen & Dennis, John & Scott, Stuart, The Effect of Addition of ZrO₂ to Fe₂O₃ for Hydrogen Production by Chemical Looping // *Industrial & Engineering Chemistry Research*. - 2012. - v. 51. - P. 16597–16609.
8. Carlos Alberto Chagas, Fabio Souza Toniolo, Robert Newton S.H. Magalhães, Martin Schmal, Alumina-supported LaCoO₃ perovskite for selective CO oxidation (SELOX) // *International Journal of Hydrogen Energy*. – 2012. - v. 6. - № 37. - P. 5022-5031.
9. Xianglei Yin, Shen Wang, Baoyi Wang, Laihong Shen, Perovskite-type LaMn_{1-x}B_xO_{3+δ} (B = Fe, CO and Ni) as oxygen carriers for chemical looping steam methane reforming // *Chemical Engineering Journal*. – 2021. - v. 422. – P. 128751.
10. Xiufen Yang, Wei Wu, Shiwei Ma, Tao Song, A ternary Fe-based oxygen carrier with ZrO₂-LaFeO₃ as support for chemical looping hydrogen generation // *International Journal of Hydrogen Energy*. - 2024. - v, 55 - P. 756-765.

УДК 65.014.12, 65.011.8

Журавлева О.С., Ершова В.Р.

Обеспечение кибербезопасности предприятий нефтегазохимического комплекса в условиях цифровой трансформации

Журавлева Ольга Станиславовна – старший преподаватель кафедры логистики и экономической информатики, zhuravleva.o.s@muctr.ru;

Ершова Валерия Ростиславовна – студент;

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9.

В статье рассмотрена актуальность обеспечения информационной безопасности при цифровой трансформации в нефтяные компании для повышения эффективности процессов и развития новых сегментов бизнеса. Особое внимание уделяется рискам, связанным с кибератаками и защитой данных. Описываются угрозы, а также меры по обеспечению комплексного подхода к защите информации.

Ключевые слова: цифровая трансформация, информационная безопасность

Ensuring cybersecurity of enterprises of the petrochemical complex in the context of digital transformation

Zhuravleva O.S., Ershova V.R.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russian Federation

The article considers the relevance of information security in the digital transformation of oil companies to improve the efficiency of processes and the development of new business segments. Special attention is paid to the risks associated with cyber-attacks and data protection. The threats are described, as well as measures to ensure an integrated approach to information protection.

Key words: digital transformation, information security

Введение

Стратегия цифровой трансформации обеспечивает внедрение в деятельность организации новых цифровых технологий, позволяющих повысить эффективность существующих процессов и сформировать условия для развития новых сегментов бизнеса.

Нефтяные компании активно внедряют передовые технологии искусственного интеллекта (ИИ) в свои интеллектуальные системы. Это включает интеллектуальную поддержку принятия решений, компьютерное зрение, обработку естественного языка и речевые технологии.

Ключевым элементом цифровизации являются гибридные модели цифровых двойников. Они сочетают точность физических моделей, основанных на уравнениях из предметной области, с адаптивностью и прогнозной способностью алгоритмов ИИ. Это позволяет эффективно моделировать и оптимизировать работу производственных активов на всех этапах их жизненного цикла, адаптируясь к различным условиям и технологическим режимам.

Данный подход демонстрирует значительный потенциал в области цифровизации энергетики. Компания находится на пути к лидерству в глобальной энергетической отрасли, используя интеллектуальные технологии для повышения эффективности и сокращения издержек. Успешное внедрение и апробация ИИ позволяют создать более прогнозируемые, оптимизированные и безопасные производственные процессы.

Защита информации и ИТ-инфраструктуры в условиях стремительной цифровой трансформации становится ключевой задачей от случайных либо

целенаправленных воздействий (атак и прочее), способных привести к катастрофическим последствиям для владельцев предприятий, общества в целом и окружающей среды. Эффективная защита от киберугроз требует комплексного подхода, включающую в себя идентификацию потенциальных рисков и угроз, а также разработку системы индикаторов информационной безопасности. Для этого необходимо провести анализ всех аспектов деятельности компании, включая ее бизнес-процессы, технологическую инфраструктуру, персонал и внешнюю среду в условиях цифровой трансформации.

Экспериментальная часть

Промышленные компании нефтегазохимического комплекса не являются исключением в необходимости защиты от действий злоумышленников, которые могут привести к утечкам конфиденциальных сведений и вызвать сбои или остановки в производственных процессах, что в свою очередь может привести к финансовым потерям. В условиях цифровой трансформации, особенно для вертикально интегрированных нефтяных компаний, объектами информационной безопасности являются следующие элементы [1-4]:

- информация;
- системы передачи, обработки и хранения данных;
- средства защиты информации;
- системы обеспечения взаимосвязи данных.

Индикаторы, связанные с промышленными контроллерами (ICS/SCADA) могут включать в себя необычную активность в сети, подключение неизвестных устройств к сети, необычные изменения

параметров работы оборудования, удаление или модификация записей в журналах событий.

В контексте кибербезопасности нефтяных компаний можно выделить несколько категорий рисков:

1. Атака, направленная на корпоративные сети и сервисы, оказывающая негативное влияние на процессы управления бизнес-структурой, нарушая ее функциональность и эффективность.

2. Атака на облачные сервисы посредством нарушения внутренней структуры облачных сервисов.

3. Атаки на системы умного производства и АСУПТ, способные вызвать остановку производственных процессов.

4. Атака на мобильные системы с целью дальнейшего воздействия на смежные и подключенные устройства.

Рассмотрим некоторых из самых распространенных угроз информационной безопасности, с которыми могут столкнуться предприятия.

1. Хакерская деятельность представляет собой несанкционированный доступ к компьютерным системам, базам данных, сетевым ресурсам.

2. Вредоносное ПО созданные для вторжения в компьютерную систему без ведома или согласия ее владельца.

3. Физические риски могут включать кражу или повреждение компьютерного оборудования, а также несанкционированный доступ к секретной информации.

4. Инсайдерские риски – это угроза, возникающая от сотрудников, подрядчиков и других лиц, обладающих разрешенным доступом к конфиденциальным данным компании.

5. Несоблюдение требований к обеспечению информационной безопасности, установленных российским законодательством, постановлений Правительства РФ, приказов федеральных органов исполнительной власти, уполномоченных в области безопасности и технической защиты конфиденциальной информации, а также локальных нормативных актов хозяйствующего субъекта в этой сфере может привести к серьезным последствиям.

На деятельность предприятий нефтегазохимического комплекса влияют внутренние и внешние риски ИБ, реализация которых может привести к нарушению целостности, конфиденциальности или доступности информационных ресурсов, информационных активов и вычислительных сетей.

Для устранения выявленных проблем необходимо разработать и внедрить следующие решения:

1. Одной из важнейших значений имеет строгая политика паролей для защиты конфиденциальных данных.

2. Переход на отечественное ПО: в условиях санкций акцент на использование ПО, разработанного в России, снижает зависимость от

иностраных поставщиков, а регулярные обновления важны для устранения уязвимостей в системе.

3. Применение шифрования обеспечивает организации защиту информацию от несанкционированного доступа, метод позволяет важным данным быть не прочитанными неавторизованным пользователям.

4. Курс для профессиональной переподготовки руководителей и сотрудников служб безопасности, подразделений информационной безопасности.

5. Внедрение контроля доступа гарантирует, что только уполномоченные лица могут получить доступ к конфиденциальным данным.

6. Использование сертифицированных средств: USB-токены, смарт-карты и модули безопасности, такие как JaCarta, обеспечивают безопасность аутентификации и хранения данных.

7. Регулярное резервное копирование данных поможет в защите от потерь данных в случае непредвиденных обстоятельств.

8. Развитие механизмов раннего выявления угроз для быстрого реагирования на инциденты безопасности.

9. Разработка плана реагирования на инциденты безопасности, проведение расследования для установления причин инцидента и предотвращения подобных инцидентов в будущем.

10. Усиление сотрудничества с органами государственной власти и ФСБ России в сфере информационной безопасности.

Управление рисками ИТ и ИБ возможно с помощью следующих мер:

1. переход на преимущественное использование отечественного программного обеспечения, замещение импортного компьютерного оборудования отечественными аналогами;

2. соблюдение требований к обеспечению ИБ федерального законодательства Российской Федерации, в том числе постановлений Правительства Российской Федерации и приказов федеральных органов исполнительной власти, уполномоченных в области безопасности и технической защиты конфиденциальной информации, а также локальных нормативных актов в этой сфере.

Система управления информационной безопасностью – это система политик, процедур и практик, которые организации используют для управления, мониторинга, аудита и улучшения информационной безопасности. Одним из наиболее широко признанных стандартов управления информационной безопасностью является ISO 27001 – описывает набор требований к системе управления информационной безопасностью, которая может помочь организациям защитить их конфиденциальную информацию. Используя этот стандарт, предприятия могут создать надежную систему управления информационной безопасностью, которая поможет защитить их конфиденциальную информацию от

несанкционированного доступа и потенциальных нарушений безопасности [5-6].

Информационная безопасность реализуется путем разумного и ответственного развития корпоративной системы управления рисками и внутреннего контроля (СУРиВК). Обязанности и полномочия по управлению рисками должны быть распределены между руководящими органами, структурными единицами хозяйствующего субъекта и его дочерними (при наличии) обществами.

Неотъемлемой составляющей системы информационной безопасности являются индикаторы, в качестве которых могут служить наиболее чувствительные количественные показатели, позволяющие дать оценку достигнутому уровню безопасности и выявить наиболее проблемные стороны [7].

Одним из действенных механизмов обеспечения информационной безопасности является создание единой цифровой платформы, которая позволит собирать, хранить, и анализировать данные из различных источников. Особое внимание вдобавок должно уделяться защите данных информационных систем от внешних угроз и цифровой безопасности.

Стоит отметить, что единая цифровая платформа применительно к компаниям нефтегазохимического комплекса (ЕЦП) представляет собой амбициозный проект, направленный на цифровую трансформацию процессов капитального строительства, начиная с проектно-изыскательских работ и заканчивая вводом объектов в эксплуатацию. Очевидно, что реализация ЕЦП должна происходить поэтапно.

Также важно регулярно проводить аудит системы безопасности для выявления уязвимостей, тестирование на проникновение для оценки эффективности мер безопасности.

Заключение

Комплексный подход к обеспечению информационной безопасности является одной из важных частей успешной цифровой трансформации компаний нефтегазохимического комплекса. Рассмотренные методы управления ИБ, меры по обеспечению информационной безопасности при цифровой трансформации общества позволят хозяйствующему субъекту поддерживать статус лидера во внешнеэкономической среде путем решения следующих задач [8]:

- выстраивания интегрированных производственных цепочек, охватывающих основные процессы добычи, транспорта и переработки газа и газового конденсата, подземного хранения газа и обеспечивающих процессы цифровизации формирования производственных планов и контроля за их исполнением как в разрезе отдельных производственных процессов и объектов, так и по системе в целом;

- использование цифровых технологий в совокупности с уходом от импортозависимости программного обеспечения и ИТ-инфраструктуры

обеспечит гибкость управления бизнесом, позволит качественно повысить эффективность и безопасность производства, а также сформировать среду для появления новых направлений развития бизнеса.

- обеспечение кибербезопасности, защиты данных и информационных систем от внешних и внутренних угроз.

Список литературы

1. Распоряжение ПАО «Газпром» от 3 мая 2023 г. № 185 «О создании интегрированных проектных команд по реализации технологических проектов с целью импортозамещения».
2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001-2006 Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности. Требования // М.: ФАТРИМ России. 2008.
3. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27005-2010 Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Менеджмент риска информационной безопасности // М.: ФАТРИМ России. 2011.
4. Субботин А.С. Вопросы информационной безопасности вертикально-интегрированных нефтяных компаний в условиях цифровизации // Креативная экономика. – 2021. – Том 15. – № 12. – С. 5005–5014.
5. Касаткина М.Д. Информационная безопасность в условиях цифровой трансформации / Касаткина М. Д., Щербакова К. Д // Актуальные исследования. – 2022. – № 5 (84). – С. 46-48
6. Платунин М.Н. Исследование существующих рисков при оценке информационной безопасности бизнеса компании в условиях цифровой трансформации / М.Н. Платунин // сборник материалов (тезисов) 53-й международной конф. «Мобильный бизнес: перспективы развития реализации систем радиосвязи в России и за рубежом». – Москва, 14 мая 2024. – вып. 3. – С. 159-161.
7. Гупалова, Т.Н. Эколого-экономические индикаторы в диагностике экономической безопасности хозяйствующего субъекта [Текст] / Т.Н. Гупалова, Д.Р. Алтышева, О.С. Журавлева // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК. Сборник материалов международной научно-технической конференции. - 2021. - С. 68-72.
8. Агальцов Антон. Информационная безопасность / Антон Агальцов. – Текст: электронный // Информационная безопасность. – 2023. – URL: <https://agaltsovav.ru/docs/development-management/information-security/> (дата обращения: 09.11.2024).

УДК 691.57

Колядина А.В., Апанович Н.А., Аверина Ю.М.

Исследование влияния различных типов наполнителей на свойства огнезащитных покрытийКолядина Арина Владимировна - студент группы МТ-19, kolyadina210803@mail.ru.

Апанович Николай Алексеевич - к.х.н., доцент кафедры инновационных материалов и защиты от коррозии.

Аверина Юлия Михайловна - к.т.н., доцент кафедры, заведующий кафедрой логистики и экономической информатики.

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева», Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9.

*В статье рассмотрены различные виды огнезащитных покрытий и составлена рецептура огнезащитной краски с углеродными нанотрубками. Исследованы основные эксплуатационные характеристики и проведен сравнительный анализ двух образцов огнезащитных покрытий с двумя разными наполнителями.**Ключевые слова: лакокрасочные материалы, огнезащитные покрытия, углеродные нанотрубки, сопротивление пенококса приложенной нагрузке.***Investigation of the effect of various types of fillers on the properties of flame retardant coatings**

Kolyadina A.V., Apanovich N.A., Averina Y.M.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russian Federation.

*The article discusses various types of flame retardant coatings, a formulation of a flame retardant paint with carbon nanotubes has been compiled. The main operational characteristics are investigated and a comparative analysis of two samples of flame retardant coatings with two different fillers is carried out.**Keywords: paint and varnish materials, flame retardant coatings, carbon nanotubes, foam coke resistance to applied load.***Введение**

Обеспечение пожарной безопасности остается актуальной задачей, поскольку многие используемые материалы, такие как металл и древесина, подвержены воздействию огня. Пожары наносят значительный материальный ущерб, а также представляют опасность для здоровья и жизни людей. В связи с этим особую важность приобретают меры по предотвращению и борьбе с пожарами.

Огромный интерес вызывает создание огнезащитных покрытий для металлических конструкций. Среди них популярны огнезащитные лакокрасочные материалы, которые защищают поверхность от тепловых воздействий во время пожара благодаря образованию пенококсового слоя. Эти свойства позволяют продлить время эвакуации и уменьшить ущерб от пожара.

Одной из частей сложной системы мероприятий по обеспечению пожарной безопасности, как и важнейшей мерой профилактики пожаров, является защита от воздействия огня, а также от его теплового влияния. Можно назвать несколько основных задач защиты от воздействия пламени:

1. Предотвращение возгорания.
2. Локализация развития пожара.
3. Обеспечение пассивной защиты от пожара [1].

Существуют различные огнезащитные лакокрасочные материалы. По реакции на открытое пламя они делятся на: не вспучивающиеся и вспучивающиеся краски [2,3].

1) Не вспучивающиеся – краски, которые не увеличиваются при взаимодействии с открытым пламенем, обладают плотной структурой, которая и защищает металлоконструкции от больших

температур. В основе красок лежат силикаты, называемые жидким стеклом. Силикаты создают плотную защитную пленку, непроницаемую для теплого потока от очага пожара. Веский недостаток данного типа защитных красок по сравнению с термически активными лакокрасочными материалами – это большой расход материала и более низкая огнезащитная эффективность.

2) Вспучивающиеся – краски, способные увеличиваться в объеме от 10 до 40 раз при воздействии высоких температур окружающей среды, они эффективно изолируют от тепла и огня защищаемую поверхность. В зависимости от состава и толщины нанесения способны выдерживать от 45 до 120 минут воздействия огня. В химии этот процесс называют интумесценция – увеличение объема материала в жидком состоянии. В рамках этой работы были рассмотрены вспучивающиеся лакокрасочные покрытия с углеродными нанотрубками (УНТ).

Экспериментальная часть

Образцами исследования являются образцы огнезащитной краски на основе термопластичного акрилового сополимера с добавлением прегеля предварительно модифицированного многослойными углеродными нанотрубками.

Брутто-состав вспучивающегося лакокрасочного материала:

1. Источник образования углеродного каркаса - полимер.
2. Вспучивающие агенты (источники азота, фосфора, углекислого газа).
3. Армирующие пенококсы наполнители.
4. Функциональные добавки.

5. Растворители и пластификаторы.

В данной работе, как армирующий наполнитель, используются углеродные нанотрубки.

Составление рецептуры для приготовления прегеля многослойных углеродных нанотрубок и определение оптимальных условий диспергирования:

При переводе углеродных нанотрубок в форму, удобную для введения, необходимо, вначале, разрушить их агломераты, и лишь затем, на освободившейся поверхности проводить процессы сорбции поверхностно- активных веществ.

Вначале, исходя из данных адсорбции, были составлены следующие варианты рецептур (таблица 1), которые перерабатывали на лабораторном диспергаторе при добавлении диспергирующих тел – стеклянного бисера диаметром 2-2,5 мм, в количестве 80 % об. Для обеспечения оптимальной вязкости и соответственно более эффективного диспергирования углеродных нанотрубок, нами было принято решение проводить его в среде 3% прегеля

Таблица 1. Рецептуры для приготовления прегеля

Номер варианта	Прегель 3% органоглины, %	Аммонийная соль дикарбоновой кислоты, %	Многослойные углеродные нанотрубки, %
Вариант №1	98,5	1	0,5
Вариант №2	97,5	2	0,5
Вариант №3	96,5	3	0,5
Вариант №4	95,5	4	0,5
Вариант №5	94,5	5	0,5

Контроль вели по методике определения укрывистости с помощью шахматной доски [4]. Необходимо отметить, что в случае успешного протекания процесса модифицирования, и как его следствие - разделение агломератов углеродных нанотрубок, будет наблюдаться снижение укрывистости системы. Введение в систему дополнительного смачивателя будет способствовать протеканию процесса перевода углеродных нанотрубок в форму прегеля. В качестве смачивателей был выбран полиэтиленгликоль моноолеат и рассмотрено изменение укрывистости при различных соотношениях поверхностно- активных веществ полиэтиленгликоль моноолеат - аммонийная соль дикарбоновой кислоты. И также была исследована зависимость величины укрывистости от времени диспергирования, для определения оптимальных условий приготовления прегеля углеродных нанотрубок.

Наилучшая укрывистость наблюдается у системы №5 и составляет около 450 г/м², через 60 минут после начала диспергирования, что гораздо ниже, чем в случае использования только чистой аммонийной соли дикарбоновой кислоты в количестве 3% масс. На основе полученных данных была составлена рецептура для приведения углеродных нанотрубок в форму удобную для введения (таблица 2).

органоглины в толуоле.

В лабораторной диспергирующей установке ЛДУ-3МПП монтируется дисковая мешалка. В зависимости от объема изготавливаемой партии монтируется стакан, вода для охлаждения в рубашку стакана не подается. В соответствии с загрузочными рецептурами готовится 3% раствор органоглины в толуоле. В стакан загружается предварительно взвешенный растворитель, толуол, включается мешалка, и порционно загружается навеска органоглины. Перемешивание содержимого стакана продолжают 15 минут, после чего контролируют растворение органоглины, что проверяется наливом пробы на стекло. Налив пробы на стекло должен быть однородным без нерастворенных частиц. Отбор проб производится при выключенной мешалке смесителя. В случае необходимости процесс растворения увеличивают на 15 минут. После приготовления раствор прегеля сливается из стакана.

Таблица 2. Рецептура для приведения УНТ в форму удобную для введения

Наименование компонентов	Массовая доля, %
1. 3% раствор органоглины в толуоле	92,7
2. аммонийная соль дикарбоновой кислоты	3
3. полиэтиленгликоль моноолеата	4
4. углеродные нанотрубки	0,5

Составление итоговой рецептуры огнезащитной краски с многослойными углеродными нанотрубками и определение ее технических характеристик:

Важнейшей технической характеристикой качества полученного пенококса является значение его сопротивления статической нагрузке. Для исследования данной характеристики были рассмотрены системы с разным соотношением огнезащитный материал – прегель УНТ. Это необходимо для определения оптимального содержания УНТ в составе огнезащитной краски. Были рассмотрены системы со следующим содержанием многослойных углеродных нанотрубок 0; 0,01; 0,03; 0,05 и 0,07 %. В результате анализа

литературы была составлена и приготовлена стандартная рецептура интумесцентной огнезащитной краски на основе акрилового сополимера (таблица 3).

Образцы полученной краски наносились на стальные пластины (Сталь3). Подготовка поверхности производилась до степени St2 (Тщательная ручная механическая очистка) [5]. Краска наносилась с толщиной сухого слоя покрытия 400-450 мкм. Сушка покрытия проводилась на воздухе при температуре 18-25°C и влажности окружающего воздуха 35-55% в течение 21 дня. Измерения и расчет проводили в соответствии с методикой [6]. Данные приведены в таблице 4.

Из данной таблицы видно, что коэффициент вспучивания при концентрации УНТ 0,01 % меньше, чем у покрытия без трубок и далее, с увеличением концентрации УНТ, коэффициент вспучивания увеличивается. Исходя из этого, можно сделать предположение, что при концентрации 0,01% УНТ выполняют армирующее свойство, тем самым вызывая небольшую усадку пенококка.

Таблица 3. Модельная рецептура вспучивающейся огнезащитной краски

№	Компонент	Массовый %
1	Связующее на основе сополимера бутилметакрилата и метакриловой кислоты	11,5
2	Пентаэритрит	11,0
3	Меламин	11,0
4	Полифосфат аммония	23,0
5	Наполнители (в том числе пигмент TiO_2)	8,0
6	Пластификатор	7,0
7	Функциональные добавки	1,4
8	Растворитель	27,1
	Итого	100

Таблица 4. Зависимость коэффициента вспучивания от концентрации УНТ

Концентрация углеродных нанотрубок, масс %	Коэффициент вспучивания К
0	113,5
0,01	111,5
0,03	116,0
0,05	120,8
0,07	123,0

К полученному в ходе определения коэффициента вспучивания пенококсовому слою прикладывалась статическая нагрузка величиной 0,1448 кг. В качестве груза использовались две стандартные стальные подложки для испытаний Q-panel QD 36 (76X152), установленные одна над другой (рисунок 1). Нагрузка оказывалась в течении 60 секунд,

после чего груз снимался и проводилось повторное измерение высоты кокса.



Рисунок 1. Пенококсовый слой с приложенной статической нагрузкой

Далее определялось сопротивление пенококка приложенной нагрузке, которое представляет собой отношение толщины вспененного образца после приложенной нагрузки к начальной толщине после испытания в муфельной печи, в процентах. Результат определения коэффициентов сопротивления пенококка приложенной нагрузке представлен на рисунке 2.

Как видно из рисунка, при введении УНТ, в количестве до 0,01% улучшается сопротивление статической нагрузке, что вероятно, связано с образованием структуры на основе углеродных нанотрубок. В тоже время, увеличение содержания трубок свыше 0,01% приводит к уменьшению значения сопротивления статической нагрузки. Это может быть связано с тем, что в этих случаях их концентрация настолько велика, что они образуют отдельную структуру, которая не в полной мере совмещается со структурой пенококка.

Именно поэтому оптимально вводить в систему УНТ в количестве 0,01%

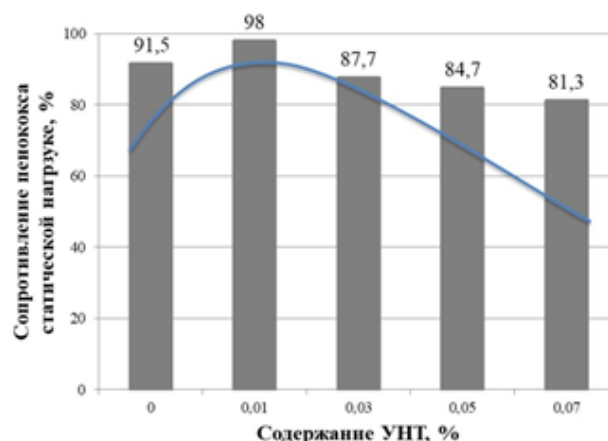


Рисунок 2. Сопротивление пенококка статической нагрузке покрытий с разной концентраций УНТ в составе. Сравнение двух образцов огнезащитных покрытий (с углеродными нанотрубками и стандартного).

Был проведен анализ эксплуатационных характеристик, а именно сопротивления пенококка

статической нагрузке и предела огнестойкости. Определение предела огнестойкости проводилось в соответствии с ГОСТ 53295-2009. Были получены данные об огнезащитной краске с УНТ и стандартной огнезащитной краске (за стандартную был взят образец с содержанием углеродных нанотрубок в составе равное 0%). Сравнение эксплуатационных характеристик представлено на рисунках 3,4.

Исходя из полученных эксплуатационных данных, можно сделать вывод, что огнезащитная краска с УНТ имеет более высокий предел огнестойкости (равный 120 минутам) в сравнении со стандартной огнезащитной краской, предел которой равен 90 минутам. А сопротивление пенококса статической нагрузке на 6,5% выше. Это значит, что в условиях пожара конструкция с огнезащитным покрытием с добавлением углеродных нанотрубок выдержит больше времени теплового воздействия пламени.

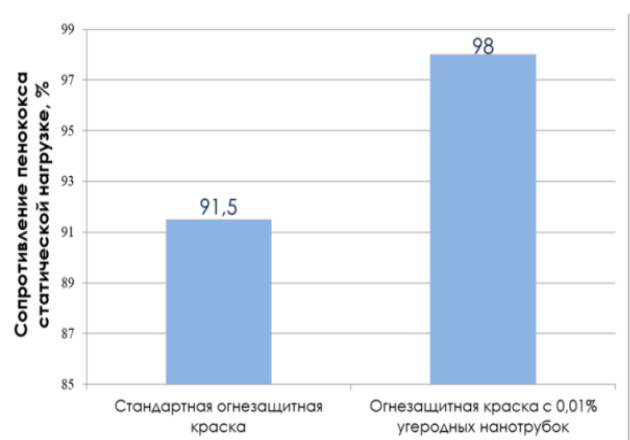


Рисунок 3. Сравнение сопротивления пенококса приложенной нагрузке двух образцов огнезащитных красок



Рисунок 4. Сравнение предела огнестойкости двух образцов огнезащитных красок

Заключение

На основании проведённых экспериментов и анализа результатов можно сделать вывод, что применение углеродных нанотрубок в качестве армирующих добавок в огнезащитных покрытиях действительно оказывает положительное влияние на их эксплуатационные характеристики. Оптимальное содержание углеродных нанотрубок в составе огнезащитной краски составляет 0,01%, при

котором достигается наилучшее сочетание прочности и устойчивости к механическим нагрузкам. Полученные результаты открывают новые перспективы для дальнейшего совершенствования огнезащитных покрытий, направленных на повышение их долговечности и надёжности в экстремальных условиях эксплуатации. Продолжение исследований в этом направлении позволит создать ещё более эффективные и безопасные решения для защиты строительных конструкций от воздействия высоких температур и открытого пламени.

Список литературы

1. Каблов В.Ф., Кейбал Н.А., Новопольцева О.М. Огнетеплозащитные эластомерные композиции и покрытия на их основе. - Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2016. - 89 с.
2. Пехотиков А.В., Павлов В.В. Средства огнезащиты для стальных конструкций // Промышленные покрытия. - 2015. - №5-6. - С. 30-34.
3. Андрюшкин А.Ю., Киршина А.А., Кадочникова Е.Н. Оценка огнезащитной эффективности вспучивающихся покрытий стальных конструкций в высокотемпературных газовых потоках // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. - 2021. - №30. - С. 14-26.
4. ГОСТ 8784-75 Материалы лакокрасочные. Методы определения укрывистости: дата введения 01.01.1976. - Москва: ИПК Издательство стандартов, 1976. - 11 с.
5. ГОСТ Р ИСО 8501-1-2014 Подготовка стальной поверхности перед нанесением лакокрасочных материалов и относящихся к ним продуктов. : дата введения 2016. - Москва : Стандартиформ, 2014. - 11 с.
6. ГОСТ Р 59637-2021. Национальный стандарт Российской Федерации. Средства противопожарной защиты зданий и сооружений. Средства огнезащиты. Методы контроля качества огнезащитных работ при монтаже (нанесении), техническом обслуживании и ремонте" : дата введения 2021.15.09. - Москва : Российский институт стандартизации, 2021. - 22 с. ГОСТ 427-75 Линейки измерительные металлические. Технические условия: дата введения 1977.01.01. - Москва: Издательство стандартов, 1977. - 5 с.

УДК 678.027.4

Жилинская А.М., Осипчик В.С., Журавлева О.С.

Исследование факторов окружающей среды на свойства сэндвич-конструкций на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена

Жилинская Анастасия Мечиславовна – магистрантка 1-го года обучения кафедры информационных компьютерных технологий; Onastya01@mail.ru

Осипчик Владимир Семенович – д.т.н., профессор кафедры технологии переработки пластмасс

Журавлева Ольга Станиславовна – старший преподаватель;

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»,

Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9.

В статье рассмотрены результаты исследования влияния факторов окружающей среды на композиционные материалы на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена. Установлено, что применение модификаторов улучшает эксплуатационные характеристики материала, в том числе устойчивость к ультрафиолетовому излучению и низким температурам.

Ключевые слова: сверхвысокомолекулярный полиэтилен, сэндвич-конструкции, эксплуатационные свойства, модификаторы.

Study of Environmental Effects on the Properties of Sandwich Structures Based on Ultra-High Molecular Weight Polyethylene

Zhilinskaya Anastasia Mechislavovna – 1st-year master's student at the department of information and computer technologies; Onastya01@mail.ru

Osipchik Vladimir Semenovich – doctor of technical sciences, professor of the department of plastics processing technology

Zhuravleva Olga Stanislavovna – senior lecturer;

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia,

Russia, Moscow, 125047, Miusskaya Square, Building 9.

The article presents the results of a study on the effects of environmental factors on composite materials based on ultra-high molecular weight polyethylene (UHMWPE). It was found that the use of modifiers improves the operational characteristics of the material, including resistance to UV radiation and low temperatures.

Key words: ultra-high molecular weight polyethylene, sandwich structures, operational properties, modifiers.

Введение

Сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ) известен своими уникальными свойствами: высокой прочностью, устойчивостью к истиранию, низким коэффициентом трения и стойкостью к химическим воздействиям. Эти характеристики делают материал востребованным в промышленности и строительстве, особенно в условиях сурового климата. В настоящее время разработка новых конструкционных материалов является одним из ключевых направлений в научных исследованиях. Одним из перспективных направлений в этой сфере является создание сэндвич-конструкций, обладающих легкостью, прочностью и другими уникальными свойствами. Одной из ключевых проблем является влияние факторов окружающей среды, таких как ультрафиолетовое (УФ) излучение и низкие температуры, на свойства материалов из СВМПЭ. Воздействие УФ-излучения может привести к деструкции поверхности и снижению прочностных характеристик, а также низкие температуры – к хрупкости и снижению пластичности. Эти ограничения препятствуют широкому использованию материала в сложных климатических условиях, включая Арктику.

Для решения этих задач разрабатываются многослойные сэндвич-конструкции, где в СВМПЭ добавляются модификаторы и армирующие

материалы. Это позволяет создавать композиты с улучшенными эксплуатационными характеристиками, такими как высокая прочность на разрыв, термостойкость и устойчивость к старению.

Целью исследования заключалась в изучении влияния модификаторов на устойчивость композиционных материалов на основе СВМПЭ к воздействию ультрафиолетового излучения и низких температур.

Экспериментальная часть

Объекты исследования и методы:

Образцы материалов на основе СВМПЭ модифицировались следующими добавками:

1. Vistamaxx 6502 – улучшает текучесть СВМПЭ, что позволяет перерабатывать материал высокопроизводительными методами, используемыми для термопластичных полимеров, например, методами экструзии и литья под давлением. Улучшает эластичность и адгезию.
2. Exxelor PO 1020 (малеинизированный полипропилен) – гомополимер пропилена с привитыми малеиновыми группами, обеспечивает химическую совместимость.

3. Sabic Fortify C1085 (этилен-октеновый сополимер) – обеспечивает повышение прочности.
4. ОКабонд 3210-110 (малеинизированный полиэтилен) – обеспечивает повышение адгезии.
5. Суперконцентрат ПЭ жёлтый – улучшает светостойкость и стабильность при взаимодействии УФ-излучения.

Для оценки свойств были выбраны:

- Удлинение и прочность при разрыве (до и после воздействия УФ-облучения в течение 48 часов).
- Относительное удлинение и прочность при температуре +20 °С и -45 °С.

Образцы подвергались облучению в климатической камере, оборудованной УФ-лампами с длиной волны 365 нм. Интенсивность излучения составляла 0,68 Вт/м², что соответствует солнечному облучению в условиях умеренного климата. Время облучения составило 48 часов, при этом температура внутри камеры поддерживалась на уровне +25 °С для исключения термического воздействия. Перед началом эксперимента образцы проверялись на исходные механические свойства (удлинение и прочность при разрыве). При завершении облучения проводились повторные испытания для оценки изменения параметров. Были зафиксированы:

- Удлинение при разрыве (%), отражающее эластичность материала
- Прочность при разрыве (МПа), характеризующая сопротивление материала разрушения.

Испытания на воздействие низких температур проводились в морозильной камере, поддерживающей стабильную температуру -45 °С. Образцы выдерживались в таких условиях в течение 24 часов. После выдержки их извлекли из камеры и

подвергли механическим испытаниям. Были зафиксированы:

- Относительное удлинение при разрыве (%) – отражает эластичность и способность материала к деформации при отрицательных температурах.
- Прочность при разрыве (МПа) – показывает сопротивление разрывным нагрузкам в условиях низкой температуры.

Таблица 1. Значения удлинения и прочности при разрыве полученных материалов до и после облучения в течение 48 часов

Состав композиционного материала	Удлинение %	Прочность МПа
	До облучения	
СВМПЭ 80% – Vistamaxx 20%	28	8
После облучения		
1. СВМПЭ 80%+ Vistamaxx 6502 20%+ Exxelor po 1020 4% (Малеинизированный полипропилен)	93	38
2. СВМПЭ 80%+ Vistamaxx 6502 20%+ SabicFortify c1085 4% (этилен-октеновый сополимер)	94	36
3. СВМПЭ 80%+ Vistamaxx 6502 20%+ ОКабонд 3210-110 4% (Малеинизированный полиэтилен)	97	36
4. СВМПЭ 80%+ Vistamaxx 20%+ Скуп ПЭ желтый 1.5%	91	37

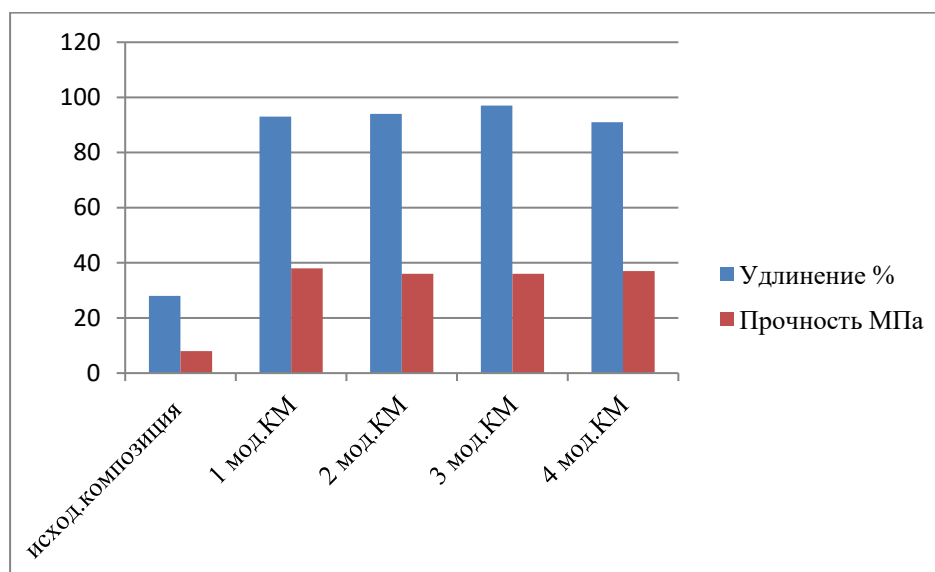


Рис. 1. Показатели удлинения и прочности при разрыве композиционных материалов, при облучении в течение 48 часов (табл.1)

В представленных выше результатах исследования, можно отметить, что происходят структурные изменения, что доказывает подвижность системы. Происходит увеличение физико-механических свойств полимерных композиционных материалов после влияния на них ультрафиолетового излучения. Добавление модификаторов, таких как Exxelor PO 1020, SabicFortify c1085, ОКабонд 3210-110 и суперконцентрат полиэтилена позволило существенно улучшить механические характеристики материалов. В частности, прочность при растяжении увеличилась до 38 МПа, а

относительное удлинение составило 94%, что свидетельствует о высокой эластичности материала. Ультрафиолетовое излучение способно инициировать процессы сшивания полимерных цепей в матрице композита. Это происходит за счет образования поперечных связей между макромолекулами, что приводит к повышению жесткости и прочности материала. В течение 48 часов облучения композиционные материалы не становятся хрупкими, а наблюдается только увеличение механической прочности под УФ излучением.

Таблица 2. Значения относительного удлинения при разрыве и показателя прочности при разрыве при +20 °C и -45 °C

Состав композиционного материала	Удлинение %		Прочность МПа	
	+20 °C	-45 °C	+20 °C	-45 °C
СВМПЭ 80% – Vistamaxx 20%	28	15	8	17
1. СВМПЭ 80%+ Vistamaxx 6502 20%+ Exxelor po 1020 4% (Малеинизированный полипропилен)	15	9	8	17
2. СВМПЭ 80%+ Vistamaxx 6502 20%+ SabicFortify c1085 4% (этилен-октеновый сополимер)	18	10	7	14
3. СВМПЭ 80%+ Vistamaxx 6502 20%+ ОКабонд 3210-110 4% (Малеинизированный полиэтилен)	15	8	8	16
4. СВМПЭ 80%+ Vistamaxx 20%+ Скп ПЭ желтый 1.5%	16	12	6	14

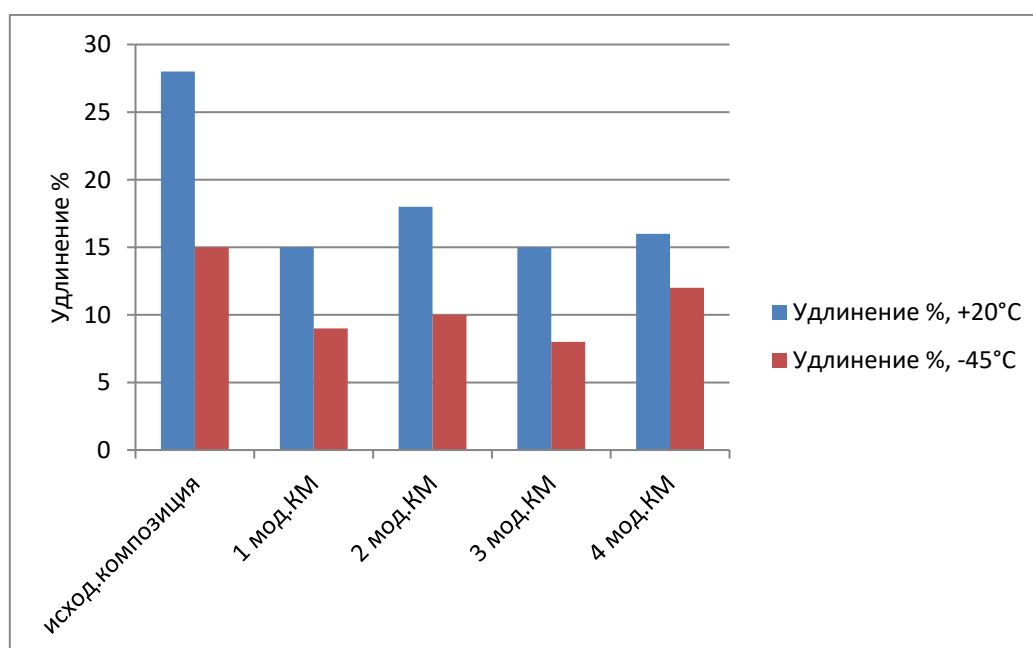


Рис. 2 Показатели относительного удлинения при разрыве композиционных материалов (табл.2) при температуре +20 °C и -45 °C

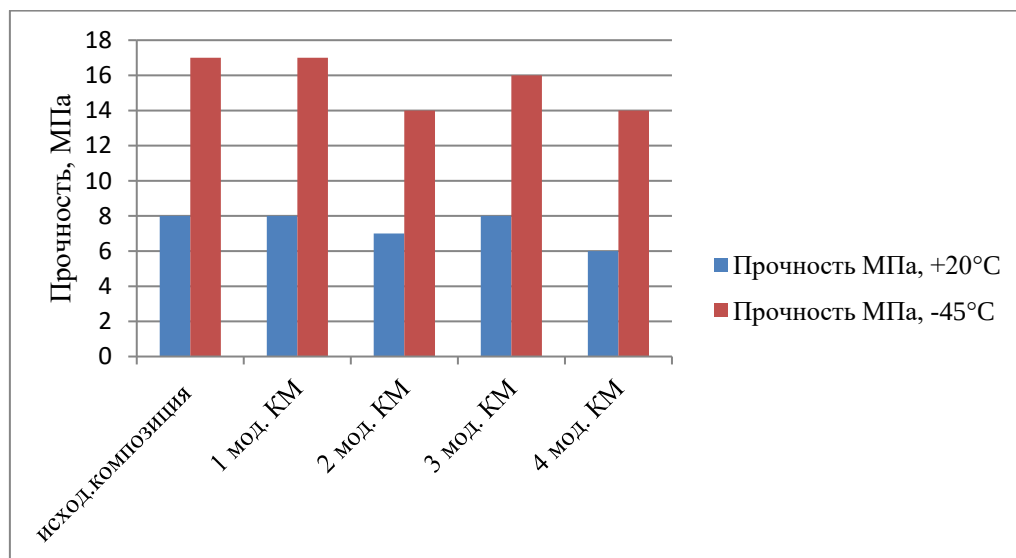


Рис.3. Показатели прочности при разрыве композиционных материалов (табл.2) при температуре +20 °C и -45°C

Выше представлен анализ физико-механических свойств композиционных материалов при разной температуре: +20°C и -45°C. В результате чего можно заметить уменьшение деформационно-прочностных характеристик, а именно диапазона отклонений, т.е. увеличение стабильности физико-механических характеристик. Показатель прочности при разрыве и относительное удлинение прочности при ударном растяжении остаётся практически неизменным при минусовой температуре -45°C. Это свидетельствует о том, что полимерные композиционные материалы сохраняют свои механическую прочность и структурную целостность при низких температурах. Это делает данные материалы подходящими для эксплуатации в арктических регионах.

Заключение

На основании проведенного исследования влияния факторов окружающей среды на свойства сэндвич-конструкций на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ) можно сделать следующие выводы:

Образцы с модифицированным составом показали минимальное снижение прочностных характеристик (не более 5%) после воздействия ультрафиолетового излучения в течение 48 часов. Это обусловлено процессом сшивания полимерных цепей, что способствует повышению жесткости материала. Физико-механические свойства композитов остаются стабильными при экстремально низких температурах до -45°C. Относительное удлинение при разрыве и прочность практически не изменяются, что подтверждает пригодность материала для эксплуатации в суровых климатических условиях.

Полученные материалы демонстрируют повышение прочности на 375% по сравнению с исходным материалом без добавления

модификаторов (СВМПЭ+Vistamaxx), что решает задачу их применения в строительстве, промышленности и транспорте в регионах с экстремальными климатическими условиями. Они могут применяться для изготовления облицовочных панелей, защитных покрытий, деталей транспортных систем и конструкций, функционирующих в условиях экстремальных температур и воздействия солнечного излучения.

Список литературы

1. Сверхвысокомолекулярный полиэтилен высокой плотности: учебное пособие / И.Н. Андреева, К.В. Веселовская, Е.И. Наливайко [и др.]. – Ленинград. Издательство Химия, 1982. – 80с.
2. Беляева Е. А. Слоистые органокомпозиты и гибридные композиты на основе волокон из сверхвысокомолекулярного полиэтилена. Специальность 05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Беляева Евгения Алексеевна; науч. рук. Осипчик Владимир Семенович; Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева. - Москва, 2019. – 165 с.;
3. Ваннари С. Повышение износостойкости сверхвысокомолекулярного полиэтилена при сухом трении скольжения введением микро- и нанонаполнителей и обработкой в планетарной шаровой мельнице. Специальность 05.16.09 – Материаловедение (машиностроение): диссертация на соискателя ученой степени кандидата технических наук / Ваннари Сурат; науч. рук. Панин Сергей Викторович; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск, 2013. - 143 с.;
4. Гостев С.С. Реакторные полимерные композиции сверхвысокомолекулярного

- полиэтилена с низкомолекулярным полиэтиленом высокой плотности: синтез на металлоцепных катализаторах, морфология, свойства. Специальность 01.04.07 – Высокомолекулярные соединения: диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук / Гостев Сергей Сергеевич; науч. рук. Ушаков Т.М.; Российская академия наук. - Москва, 2023. – 141 с.;
5. Михайлин, Ю.А. Сверхвысокомолекулярный полиэтилен. Часть 1 / Ю.А. Михайлин // Полимерные материалы. – 2003. – №3. – С.16-19.
 6. Охлопкова Т.А. Триботехнические материалы на основе СВМПЭ, модифицированного наноразмерными оксидными керамиками: Специальность 05.16.09 – Материаловедение (машиностроение): диссертация на соискателя ученой степени кандидата технических наук / Охлопкова Айталиа Алексеевна; Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова. Томск, – 2018. – 160 с.;
 7. Межеумов И.Н. Влияние морфологии реакторных порошков сверхмолекулярного полиэтилена на их способность к монолитизации и последующему ориентационному вытягиванию. Специальность 02.00.04 – физическая химия: диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук / Межеумов Игорь Николаевич; науч. рук. Пахомов Павел Михайлович; Тверской государственный университет. – Тверь, 2019. – 115 с.
 8. Технология полимерная материалов: учеб. пособие / А. Ф. Николаев, В. К.Крыжановский, В.В. Бурлов [и др.]; под общ. ред. В. К. Крыжановского. СПб: Профессия, 2008 г. – 544 с.
 9. Краснов К.В. Разработка композитов на основе термоэластопластов с улучшенными эксплуатационными свойствами: специальность 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов (технические науки): дисс. на соиск. уч. ст. к.т.н. М.: РХТУ Д.И. Менделеева, 2023. 110 с

УДК 677.044.13

Ким В. Р., Журавлева О. С., Горбунова И. Ю., Орлов А. В.

Влияние эпокси фосфазенов на реокинетику композиции на основе ЭД-20 и ДЦДА

Ким Ванесса Руслановна – студент; k1mmiva@ya.ru.

Журавлева Ольга Станиславовна – старший преподаватель кафедры логистики и экономической информатики; ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева», Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9.

Горбунова Ирина Юрьевна – д.х.н., профессор кафедры технологии переработки пластмасс; ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева», Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9.

Орлов Алексей Владимирович – инженер-технолог.

ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» Россия, Москва, Автомоторная улица, 2

В статье рассматривается влияние эпокси фосфазенов на реокинетику композиции на основе эпоксидной смолы ЭД-20 и отвердителя ДЦДА. Актуальность исследования обусловлена высоким потенциалом применения эпокси фосфазенов в качестве модификаторов, которые не только ускоряют процесс отверждения, но и повышают огнестойкость готовых изделий. В ходе работы были изучены зависимости различных параметров от времени отверждения. Результаты подтвердили положительное влияние эпокси фосфазена на реологические свойства и скорость отверждения композиций, что открывает перспективы для разработки улучшенных полимерных материалов.

Ключевые слова: эпокси фосфазен, дициандиамида, эпокси диановая смола, модификатор, отвердитель.

The influence of epoxiphosphazenes on the rheokinetics of a composition based on ED-20 and DCDA

Kim V. R., Zhuravleva O. S., Gorbunova I. Yu.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russian Federation

The article examines the effect of epoxiphosphazenes on the rheokinetics of a composition based on epoxy resin ED-20 and a hardener DCDA. The relevance of the study is due to the high potential for the use of epoxiphosphazenes as modifiers, which not only accelerate the curing process, but also increase the fire resistance of finished products. In the course of the work, the dependences of various parameters on the curing time. The results confirmed the positive effect of epoxiphosphazene on the rheological properties and curing rate of the compositions, which opens up prospects for the development of improved polymer materials.

Keywords: epoxiphosphazene, dicyandiamide, epoxydian resin, modifier, hardener.

Введение

В настоящее время ведутся постоянные поиски компонентов, которые обеспечили бы улучшение технологических и эксплуатационных характеристик материалов путем варьирования состава композиции. Примером этого является использование эпокси фосфазена. Эпоксидные циклофосфазеновые смолы, концевые функциональные группы которых представлены глицидиловыми, представляют интерес для разработки композиционных матриц как с точки зрения повышения огнестойкости полимера без значительного присутствия галогенов, так и с точки зрения повышения теплостойкости за счет образования более жесткой трехмерной структуры из фосфазенового кольца и ароматики, входящей в состав соединения. Также в работе Симонова-Емельянова И.Д. [1] показано, что присутствие эпокси фосфазена в композиции увеличивает температуру стеклования связующих, время жизни и термостабильность отвержденных композиций. Кроме того, в работах [2-4] по изучению характеристик клеевых эпоксициклофосфазеновых систем показано, что введение фосфазенового модификатора в матрицу приводит к улучшению характеристик материала, например значение прочности при растяжении увеличилось на 80% по отношению к немодифицированной композиции.

Поэтому модифицированные эпокси фосфазенами матрицы представляются перспективным направлением изучения.

Экспериментальная часть

Исследование кинетики изменения реологических свойств (реокинетика) в процессе отверждения олигомеров играет важную роль в технологических процессах получения композиционных материалов, поскольку от температурно-временного режима зависят не только технологические параметры самого процесса, но и свойства конечных изделий.

Ключевую роль при этом играет определение момента достижения некоторого уровня вязкости, когда течение еще возможно, но вязкость слишком велика для осуществления технологического процесса, например, для пропитки армирующих элементов композитного материала. В связи с этим за гель-точку часто принимают время t_n , за которое достигается некоторый условный достаточно высокий уровень вязкости, например 100 Па·с. С технологической точки зрения такой материал уже может рассматриваться как нетекущий. В любом случае оценка t_n требует корректного кинетического описания предшествующей стадии отверждения для экстраполяции измеренных значений вязкости к бесконечному или заданному уровню. Отсюда

возникает задача реокинетического описания процесса отверждения.

Однако кинетика процесса отверждения в зависимости от используемого метода оказывается различной, поскольку разные методики чувствительны к изменению различных структурных элементов материала [5]. В этом отношении особенно важно сопоставление реологии отверждения с калориметрическими измерениями. Измерение теплового эффекта реакции – наиболее универсальный метод оценки кинетики процесса.

Поэтому целью данных исследований было изучение влияния эпоксифосфазена на процесс отверждения, его скорость двумя сопоставляемыми методами – реологическим, что позволяет обосновать технологические рекомендации по выбору режима отверждения, и традиционным калориметрическим как отражение кинетики элементарных реакций, происходящих в процессе отверждения, которые ответственны за образование пространственной сетки в отверждаемом полимере.

Были получены зависимости динамической вязкости от времени отверждения.

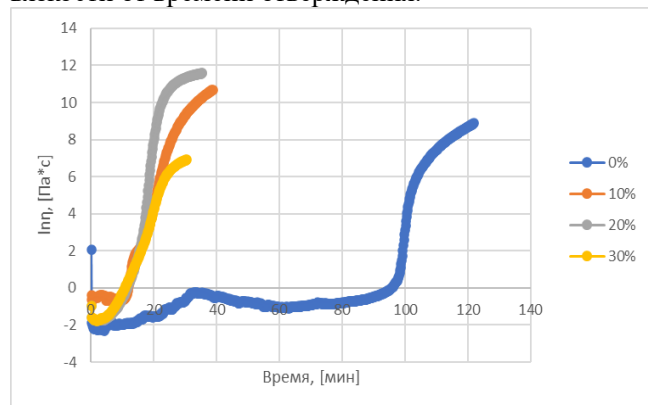


Рис.1. Зависимость вязкости от времени отверждения для композиций с разным содержанием эпоксифосфазена.

Данная зависимость показывает, что кривая вязкости композиции без добавления модификатора имеет период индукции равный приблизительно 100 мин., когда значение параметра изменяется мало. В пределах концентраций модификатора в образцах от 0 до 20 % наблюдается значительное ускорение процесса роста вязкости, что можно объяснить более высокой реакционной способностью эпоксифосфазена, а также увеличением степени сшивок в образцах.

Также были получены зависимости модуля упругости от времени отверждения.

Следует принять во внимание как рост модуля, обусловленный реакцией отверждения, так и повышение предельного значения модуля упругости при повышении концентрации модификатора. Видно, что при 10- и 20-процентном содержании эпоксифосфазена предельное значение модуля упругости становится выше и достигается быстрее, однако уже при 30-процентной концентрации модуль упругости становится гораздо ниже.

На рисунке 3 показана зависимость модуля сдвига от времени отверждения.

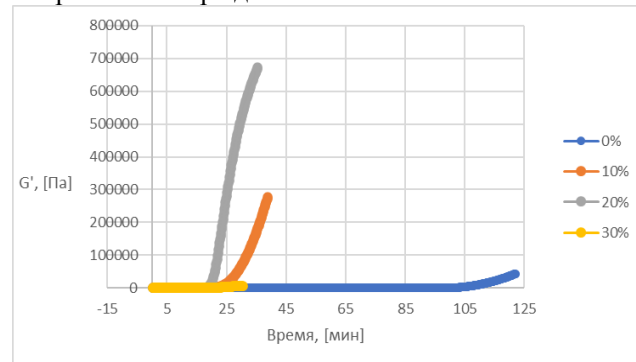


Рис.2. Зависимость модуля упругости от времени отверждения для композиций с разным содержанием эпоксифосфазена.

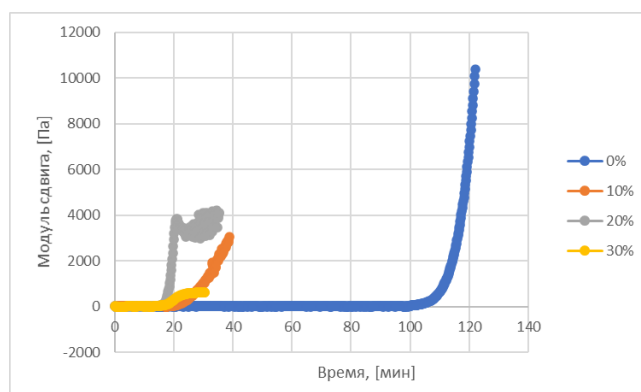


Рис.3. Зависимость модуля сдвига от времени отверждения для композиций с разным содержанием эпоксифосфазена.

На данном графике видно, что с добавлением модификатора значение модуля сдвига уменьшилось. Наименьший модуль сдвига соответствует образцу с 30-процентным содержанием эпоксифосфазена. Также была получена зависимость нормальных напряжений от времени отверждения.

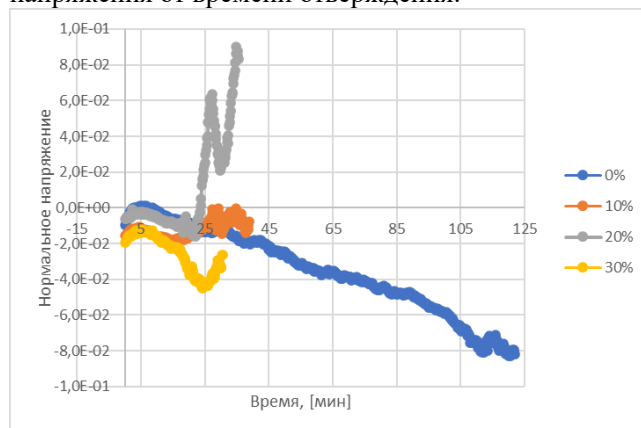


Рис.4. Зависимость нормальных напряжений от времени отверждения для композиций с разным содержанием эпоксифосфазена.

Данная зависимость показывает, что за исключением образца с 20-процентным содержанием эпоксифосфазена, образцы практически не имеют

нормальных напряжений, то есть высокоэластичность при отверждении не проявляется.

В процессе отверждения важным моментом является гелеобразование, так как после него композиция становится не перерабатываемой. Поэтому большую роль играет гель-точка, которая, в частности, определяется по кроссоверу, что было показано в работе [6]. Далее на рисунках 5-8 представлены изменения компонент динамического модуля для образцов с разным содержанием модификатора. По представленным данным будет определяться время кроссовера.

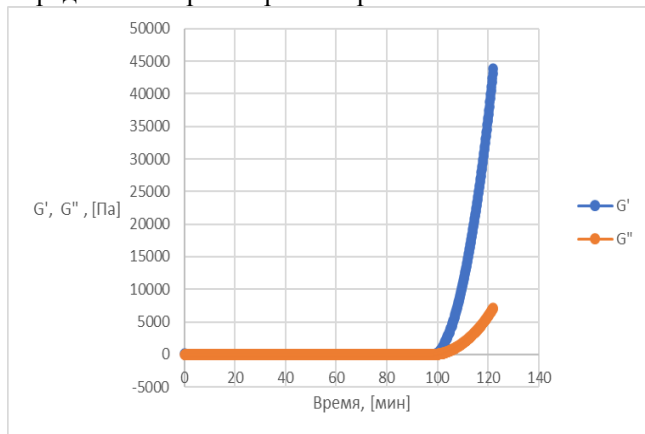


Рис. 5. Изменение компонент динамического модуля для образца, полученного без добавления эпокси фосфазена.

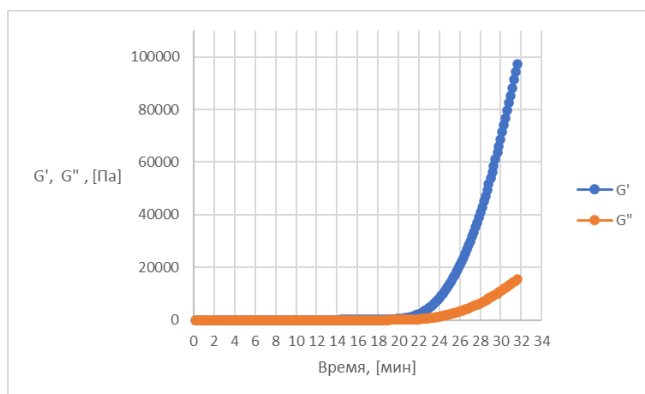


Рис. 6. Изменение компонент динамического модуля для образца с 10 % содержанием эпокси фосфазена.

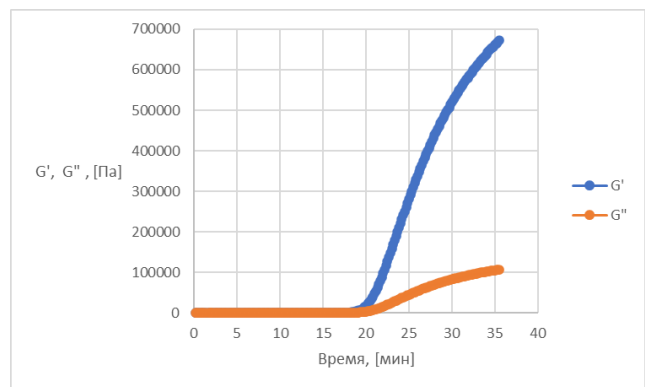


Рис. 7. Изменение компонент динамического модуля для образца с 20 % содержанием эпокси фосфазена.

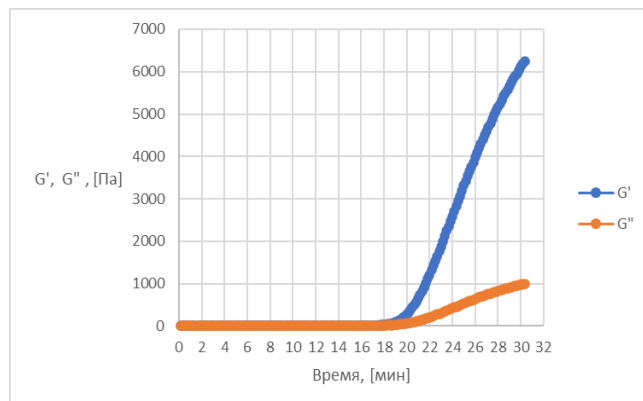


Рис. 8. Изменение компонент динамического модуля для образца с 30 % содержанием эпокси фосфазена.

Измерения компонент динамического модуля позволяют определить точку кроссовера, когда возрастающие во времени упругая и вязкая компоненты динамического модуля оказываются равными и тангенс угла механических потерь достигает значения, равного единице [7].

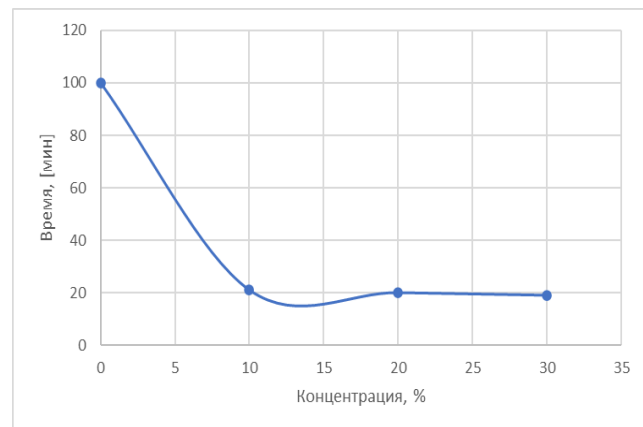


Рис. 9. Зависимость времени кроссовера от концентрации эпокси фосфазена.

По данному графику видно, что при добавлении модификатора резко сокращается время кроссовера, но оно практически не зависит от концентрации эпокси фосфазена.

По полученным зависимостям параметров было исследовано влияние эпокси фосфазена на процесс отверждения эпоксидного олигомера дициандиамином. Реологические исследования показали, что при добавлении модификатора рост вязкости ускоряется, а предельные значения модуля упругости и модуля сдвига достигаются быстрее. Зависимость нормального напряжения от времени отверждения продемонстрировала, что образцы практически не имеют нормальных напряжений. Изменение компонент динамического модуля позволило определить точки кроссовера, на основании которых установили, что время гелеобразования уменьшается при введении эпокси фосфазена.

Заключение

В данной работе было изучено влияние эпокси фосфазенов на реокинетику композиций на

основе ЭД-20 и ДЦДА. Полученные результаты продемонстрировали, что добавление эпоксифосфазена в различных концентрациях значительно улучшает процесс отверждения, повышая динамическую вязкость и нормальные напряжения в течение времени отверждения. Это обеспечивает возможность формирования обоснованных технологических рекомендаций по выбору режимов отверждения. Таким образом, результаты исследования подтверждают высокий потенциал эпоксифосфазенов как эффективных модификаторов, способствующих не только ускорению процессов отверждения, но и улучшению огнестойкости готовых изделий. Полученные данные могут быть использованы для разработки новых высокоэффективных полимерных материалов, обладающих улучшенными эксплуатационными характеристиками.

Список литературы:

1. Rheological and rheokinetic properties of phosphazenecontaining epoxy oligomers / Simonov-Emelyanov I.D., Apreksimov N.V., Kochergina L.M., Bilichenko Yu.V., Kireev V.V., Brigadnov K.A., Sirotin I.S., Filatov S.N. // Polym. Sci. Ser. B. 2016. Vol. 58, № 2. P. 168–172.
2. Онучин Д.В. Реологические и физико-механические свойства фосфазенсодержащих эпоксидных олигомеров: дисс. ... канд. хим. наук: 02.00.06/ Онучин Денис Вячеславович, М., 2018. 122 р.
3. Features of curing of a diene epoxy oligomer modified with epoxyphosphazene / Onuchin D.V., Sirotin I.S., Pavlova G.A., Filatov S.N., Kireev V.V., Kerber M.L., Gorbunova I.Y. // Polym. Sci. Ser. B. 2018. Vol. 60, № 2. P. 182–187.
4. Rheokinetics of the curing of epoxy oligomer ED-20 modified with epoxy phosphazenes / Onuchin D.V., Brigadnov K.A., Gorbunova I.Yu., Sirotin I.S., Bilichenko Yu.V., Filatov S.N., Kerber M.L., Kravchenko T.P., Kireev V.V. // Polym. Sci. Ser. B. 2015. Vol. 57, № 5. P. 402–407.
5. Malkin A.Ya., Kerber M.L., Gorbunova I.Yu. Comparison of four methods for monitoring the kinetics of curing of a phenolic resin // Polym. Eng. Sci. 2005. Vol. 45, № 1. P. 95.
6. М. П. Аринина, В. А. Костенко, И. Ю. Горбунова, С. О. Ильин, А. Я. Малкин. Кинетика отверждения эпоксидного олигомера диаминодифенолсульфоном. Реология и калориметрия. // ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ. Серия А, 2018, том 60, № 5, с. 418–425
7. Winter H.H., Chambon F. // J. Rheol. 1986. V. 30. № 2. P. 367.

УДК 546.56

Хейн Тху Аунг

Гидратационные характеристики волокнистого ионообменного материала в ионных формах трехзарядных металлов

Хейн Тху Аунг, к.т.н., докторант кафедры технологии неорганических веществ и электрохимических процессов РХТУ им. Д. И. Менделеева, spiritlay@yandex.ru

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия
125047, Москва, ул. Миусская пл., д. 9.

В рамках исследования сорбции ионов металлов (II) и (III) с использованием волокна ВИОН КН-1 была поставлена задача получения количественных данных о данном процессе, способствующих эффективной очистке сточных вод от металлических загрязнителей. В данной статье приведены результаты исследования гидратационных характеристик волокнистого ионообменного материала.

Ключевые слова: доочистка вод, ионы металлов, сорбция, сточные воды

Hydration characteristics of fibrous ion-exchange material in ionic forms of three-charged metals

Hein Thu Aung

D.I. Mendeleev Russian Chemical Technology University, Moscow, Russia

Within the framework of the study of sorption of metal ions (II) and (III) with the use of fiber VION KN-1 the task of obtaining quantitative data on this process was set, contributing to the effective treatment of wastewater from metal pollutants. This paper presents the results of the study of hydration characteristics of fiber ion-exchange material.

Keywords: water pretreatment, metal ions, sorption, waste water

Одной из ключевых задач в области охраны окружающей среды является утилизация опасных отходов, возникающих на производственных предприятиях. С экологической точки зрения, особенно важной является проблема обработки сточных вод, содержащих ионы тяжёлых металлов [1, 8-12].

Для понимания ключевых механизмов, которые регулируют процесс сорбции металлов с применением ионообменного волокна, важно учитывать характеристики воды во время проведения процесса ионного обмена. Набухание ионообменных сорбентов в водной среде приводит к образованию межмолекулярных водородных связей, обладающих разными уровнями энергии. В рамках исследования сорбции ионов металлов с использованием волокна ВИОН КН-1 была поставлена задача получения количественных данных о данном процессе и определения оптимальных условий (температура, время обработки), способствующих эффективной очистке сточных вод от металлических загрязнителей [2-4]. На рисунке 1 представлены изотермы сорбции воды для железной и хромовой форм волокна ВИОН КН-1. Для сорбента в железной (III) форме характерны максимальные показатели сорбции H_2O во всем интервале a_w , чем для хромовой (III) формы.

Методом измерения давления паров воды рассчитаны величины $\Delta_h G$ волокна ВИОН КН-1 для обоих форм (рис. 2).

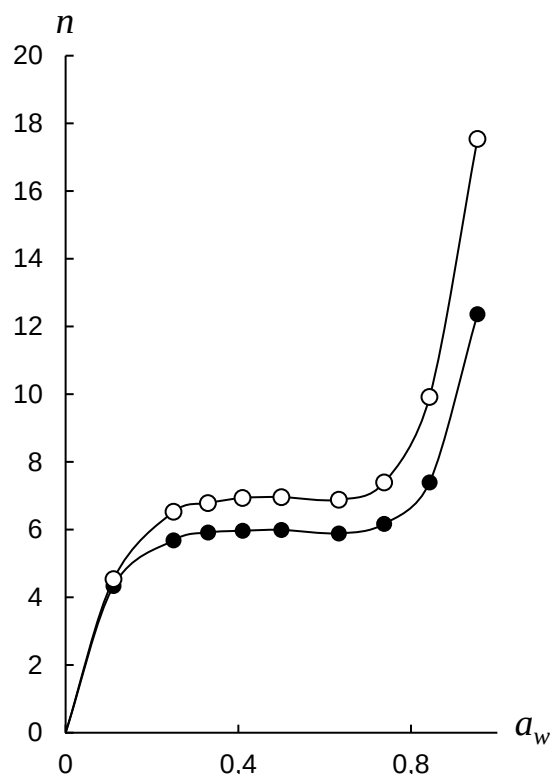


Рисунок 1. Изотермы сорбции H_2O ВИОН КН-1 в Fe^{3+} (1) и Cr^{3+} (2) формах

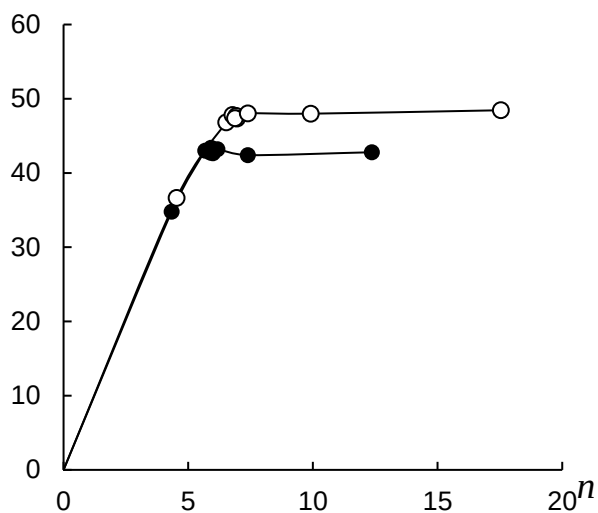


Рисунок 2. Изменение энергии Гиббса с увеличением гидратации волокна ВИОН КН-1 при 298 К: а) в железной (1) и хромовой (2) формах

Полученные значения $\Delta_{\text{h}}G$ железной и хромовой форм волокна превышают аналогичные значения для форм двухзарядных металлов. При сорбции 5 молей воды наблюдаются наибольшие изменения $\Delta_{\text{h}}G$ для обеих форм, что соответствует поглощению воды ближней гидратации железной и хромовой формами волокнистого сорбента ВИОН КН-1.

После сорбции 7 молей воды ионными формами волокна ВИОН КН-1 наблюдается незначительное изменение величины $\Delta_{\text{h}}G$.

На рис. 3 показаны термоаналитические кривые, полученные в ходе дифференциальной сканирующей калориметрии, характеризующие процесс дегидратации хромовой и железной форм волокна ВИОН КН-1.

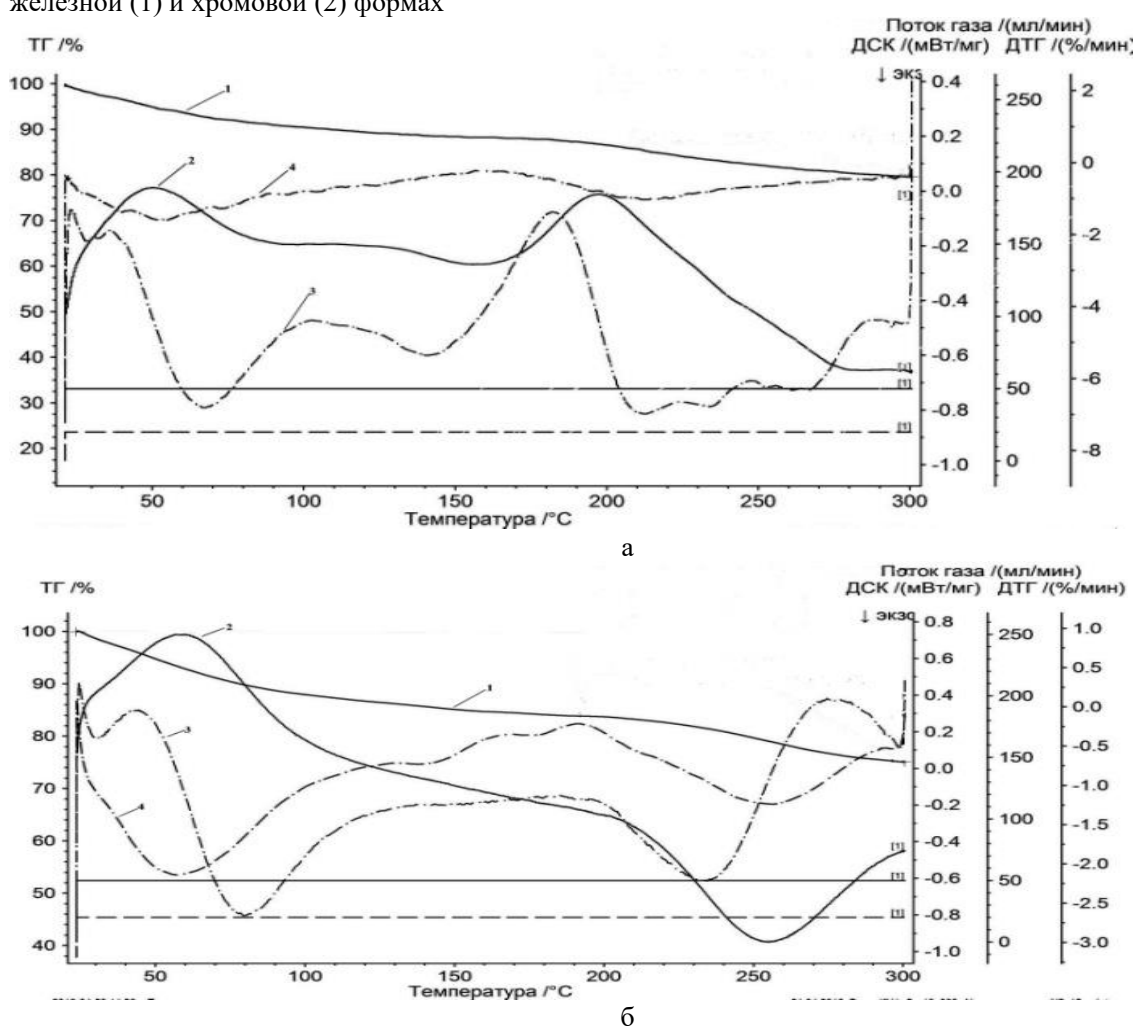


Рисунок 3. Термограммы железной (а) и хромовой (б) форм волокна ВИОН КН-1, кривые: 1 – ТГ, 2 – ДСК, 3 – dДСК, 4 – ДТГ

Исследования, проведенные в диапазоне температур от 298 до 413 К, показывают, что эндотермический эффект, наблюдаемый в термометрической кривой, указывает на процесс удаления воды из волокна. Этот процесс важен, поскольку он может влиять на физические и химические свойства волокна.

Термогравиметрический анализ позволяет фиксировать изменения массы образца, что является ключевым параметром для понимания термоанализируемых процессов. Снижение массы волокна на ТГ-кривых также подтверждает потерю влаги в ходе проведения исследований. Это явление сопровождается изменением характеристик на

дифференциальной сканирующей кривой (ДСК), где площадь пиков напрямую связана с изменением энтальпии реакции. Эта зависимость позволяет детально анализировать термические и фазовые изменения в ионообменном волокне ВИОН КН-1.

Способность к гидратации, как исходных форм волокна, так и их солевых производных, определяется присутствием и доступностью полярных центров. Эти центры играют ключевую роль в связывании влаги и могут значительно повлиять на суммарные свойства волокна [5].

На основе термогравиметрических кривых была вычислена степень превращения α в зависимости от температуры. На рис. 4 изображены графики зависимости логарифма степени превращения вещества (α) от температуры, выраженные как $\lg \alpha = f(1/T)$.

Кривые включают три линейных участка, что отражает три различных состояния связи воды и различные скорости дегидратации. В табл. 1 представлены количественные параметры кинетически неравноценных молекул воды для железных (III) и хромовых (III) форм ВИОН КН-1 при предельном набухании ($\alpha_w=0.980$).

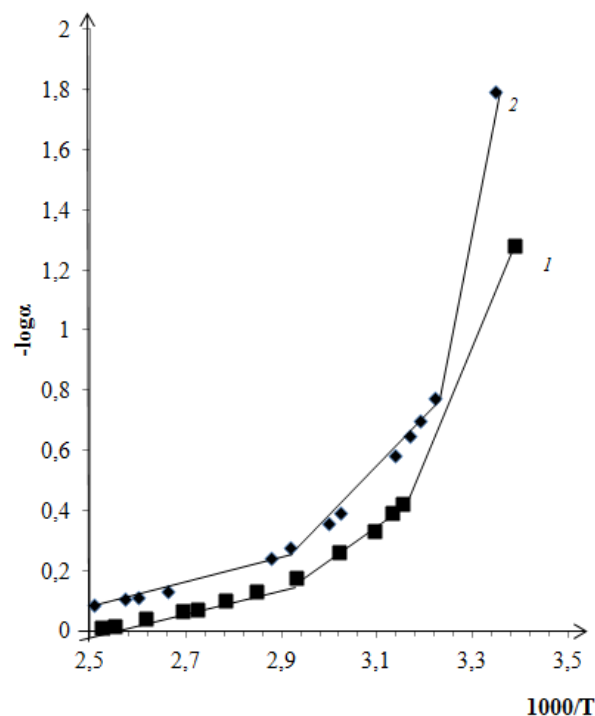


Рисунок 4. Зависимость $(-\lg \alpha)$ от $1/T$ для образцов волокна ВИОН КН-1 в железной (1) и хромовой (2) формах

Таблица 1.

Количественные характеристики удаляемой воды в ВИОН КН-1

Стадии дегидратации	T, K	n, моль H ₂ O	ω (H ₂ O), %
Cr ³⁺ -форма			
1	298,0 – 310,6	1,80	70
2	310,6 – 343,6	0,55	22
3	343,6 – 398,0	0,20	8
Fe ³⁺ -форма			
1	298,0 – 319,3	1,28	76
2	319,3 – 341,3	0,30	18
3	341,3 – 396,3	0,11	6

Оценивая состояние воды в Fe³⁺- и Cr³⁺-формах сорбента, можно выделить несколько ключевых моментов:

- доля слабосвязанной воды в хромовой форме превышает аналогичный показатель в железной форме примерно на 1,3 раза, что указывает на более высокий уровень слабой связи между молекулами воды и волокном в хромовой форме;

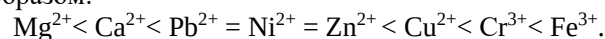
- доля среднесвязанной воды также больше в хромовой форме, достигая 1,2 раза по сравнению с железной, что свидетельствует о различиях в характере взаимодействия воды с волокном в зависимости от исследуемого металла;

- для прочносвязанной воды в хромовой форме в 1,3 раза превышает значение для железной формы, что указывает на значительную разницу в прочности связи воды с волокном.

Такое распределение различных типов связанной воды в металлических формах волокна подчеркивает важность выбора материала для достижения желаемых свойств и характеристик в

применениях, требующих оптимизации гидратационных свойств.

Для среднесвязанной воды наблюдаются значительные изменения в гидратной оболочке ионообменного волокна. При ионном обмене происходит сокращение количества воды среднего уровня гидратации (Δx_2), которая находится рядом с противоионами и функциональными группами, а также участвует в установлении связей между сорбентом и сорбатом. Аналогичное изменение Δx_2 фиксируется и для двухзарядных катионов металлов. Для ионных форм волокна ВИОН КН-1, учитывая катионы с двумя и тремя зарядами, их можно расположить в порядке увеличения количества выделившейся воды на второй стадии следующим образом:



Список литературы

1. Повышение эффективности очистки сточных вод гальванических производств с

использованием титансодержащих коагулянтов и мембранной очистки / Е. Н. Кузин, Ю. М. Аверина, А. Ю. Курбатов, А. Г. Чередниченко // Экология и промышленность России. – 2024. – Т. 28, № 3. – С. 27-31. – DOI 10.18412/1816-0395-2024-3-27-31.

2. Akinterinwa A., Oladele E., Adebayo A., Gurgur E., Iyanu O.O., Ajayi O. Cross-linked-substituted (esterified/etherified) starch derivatives as aqueous heavy metal ion adsorbent: a review. *Water Science and Technology*. 2020; 82(1): 1-26.

<https://doi.org/10.2166/wst.2020.332>

3. Peregudov Y.S., Bondareva L.P., Obidov B.A., Niftaliev S.I. Hydration of Carboxyl Fiber Sorbent in Different Ionic Forms. *Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces*. 2021; 57: 1129-1135. <https://doi.org/10.1134/S2070205121060162>

4. Perera R., Ashraf S., Mueller A. The binding of metal ions to molecularly-imprinted polymers. *Water Science and Technology*. 2017; 75(7): 1643-1650. <https://doi.org/10.2166/wst.2017.036>

5. Karim A., Raji Z., Habibi Y., Khalloufi S. A review on the hydration properties of dietary fibers derived from food waste and their interactions with other ingredients: Opportunities and challenges for their application in the food industry. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2024; 64(32): 11722-11756. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2243510>

6. Кузин Е. Н. Титансодержащие коагулянты в процессах очистки хозяйственно-бытовых сточных вод // Вода и экология: проблемы и решения. 2020. № 4 (84). С. 16-23

7. Хейн Т. А., Колесников В. А. Влияние природы ПАВ и флокулянта на электрофлотационный процесс извлечения смеси гидроксидов цветных металлов из сточных вод гальванохимических производств // Гальванотех. и обр. поверхности. 2018. Т.16. № 4. С. 51-57.

8. Аверина, Ю. М. Экологический метод очистки природной воды / Ю. М. Аверина, А. Ю. Курбатов, О. В. Зверева // Успехи в химии и химической технологии. – 2017. – Т. 31, № 15(196). – С. 25-27

9. Экономический расчет реагентного метода очистки сточных вод гальванических производств / Ю. И. Капустин, Г. Е. Калякина, Ю. М. Аверина, О. В. Зверева // Успехи в химии и химической технологии. – 2018. – Т. 32, № 8(204). – С. 63-64.

10. Патентное исследование систем водоочистки на основе композиционных керамических мембран с селективным слоем / М. А. Ветрова, Ю. М. Аверина, А. Ю. Курбатов, О. В.

Зверева // Успехи в химии и химической технологии. – 2018. – Т. 32, № 8(204). – С. 112-114.

11. Наиболее успешные коммерциализированные технологии в области очистки воды / Ю. М. Аверина, О. В. Зверева, С. А. Рублева [и др.] // IV Международный Косыгинский Форум «Проблемы инженерных наук: формирование технологического суверенитета». Сборник научных трудов. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)", 2024. – С. 84-87.

12. Основные вехи развития систем водоподготовки / О. В. Зверева, Ю. М. Аверина, Г. В. Заходякин, С. А. Рублева // Успехи в химии и химической технологии. – 2023. – Т. 37, № 17(279). – С. 43-45

13. Обработка поверхности металлов в поле низкочастотных воздействий / Г. Н. Фадеев, В. С. Болдырев, Ю. М. Аверина, Н. А. Богатов // Цветные металлы. – 2019. – № 10. – С. 73-77. – DOI 10.17580/tsm.2019.10.12.

14. Ахметова, В. Н. Контроллинг на малых инновационных предприятиях / В. Н. Ахметова, Е. А. Барабанщикова, Ю. М. Аверина // Успехи в химии и химической технологии. – 2017. – Т. 31, № 15(196). – С. 76-77

15. Пути решения проблемы очистки сточных вод от тяжелых и радиоактивных металлов / Е. А. Комягин, В. Н. Мынин, И. Ф. Ляпин [и др.] // Экология и промышленность России. – 2008. – № 11. – С. 21-23.

16. Аверина, Ю. М. Обезжелезивание воды с замкнутым циклом водопользования / Ю. М. Аверина, Д. В. Павлов, С. О. Вараксин // Вода: химия и экология. – 2011. – № 2(32). – С. 18-22.

17. Аверина, Ю. М. Комплексный подход к проблеме обезжелезивания воды / Ю. М. Аверина, Д. В. Павлов, С. О. Вараксин // Водоочистка. – 2010. – № 12. – С. 23-26.

18. Кавитационная обработка воды. Свойства воды и эффективность обработки / Ю. М. Аверина, Н. А. Моисеева, Д. А. Шувалов [и др.] // Успехи в химии и химической технологии. – 2018. – Т. 32, № 14(210). – С. 17-19.

19. Development of Nanofiltration Ceramic Membrane Production Technology / Y. M. Averina, A. Y. Kurbatov, D. A. Sakharov, E. N. Subcheva // *Glass and Ceramics*. – 2020. – Vol. 77, No. 3-4. – P. 98-102. – DOI 10.1007/s10717-020-00248-x.

УДК 004.421.2

Аверина Ю.М., Рублева С.А., Зверева О.В., Верхососова А.И.

Определение критериев сравнения алгоритмов дискретной математики

Верхососова Анастасия Игоревна - студент РХТУ им. Менделеева, Москва, Россия, verkhososova@gmail.com

Аверина Юлия Михайловна - к.т.н, заведующий кафедрой ЛогЭКИ averina.i.m@muctr.ru

Рублева Софья Алексеевна - инженер, кафедра ЛогЭКИ

Зверева Ольга Владимировна – ассистент, кафедра ЛогЭКИ

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия
125047, Москва, ул. Миусская пл., д. 9.

С помощью методов системного анализа, выделен подход к определению критериев сравнения алгоритмов дискретной математики. Рассмотрена классификация алгоритмов, а также критерии, по которым можно оценивать их эффективность. Особое внимание уделено методам оценки, как теоретическим, так и экспериментальным, что позволит получить всестороннее представление о процессе выбора алгоритма.

Ключевые слова: алгоритм, дискретная математика, критерий эффективности

Determination of criteria of comparison of algorithms of discrete mathematics

Averina Y.M., Rubleva S.A., Zvereva O.V., Verkhososova A.I.

D.I. Mendeleev Russian University of Chemical Technology, Moscow, Russia

Using the methods of system analysis, an approach to determining the criteria for comparing discrete mathematics algorithms is highlighted. The classification of algorithms is considered, as well as the criteria by which their efficiency can be evaluated. Special attention is paid to the evaluation methods, both theoretical and experimental, which will provide a comprehensive view of the algorithm selection process.

Keywords: algorithm, discrete mathematics, efficiency criterion

Введение

Критерии сравнения алгоритмов дискретной математики играют ключевую роль в процессе выбора наиболее подходящего алгоритма для решения конкретной задачи. В условиях быстрого развития технологий и увеличения объема данных, требующих обработки, правильный выбор алгоритма становится критически важным для обеспечения эффективности и надежности вычислительных систем.

Критерии сравнения позволяют объективно оценить производительность алгоритмов, оценить время выполнения и потребление памяти, которые напрямую влияют на скорость и ресурсоемкость вычислений. Сравнение алгоритмов помогает оценить их сложность, которая определяет, насколько сложно его реализовать и поддерживать. Алгоритмы с низкой сложностью обычно легче в реализации и требуют меньше ресурсов для поддержки, что делает их предпочтительными в условиях ограниченных ресурсов. Сравнение надежности и устойчивости алгоритмов являются важными критериями, особенно в критически важных приложениях, где ошибки могут привести к серьезным последствиям. Помимо этого, масштабируемость алгоритмов позволяет оценить их способность эффективно работать с увеличением объема данных.

Таким образом, критерии сравнения алгоритмов дискретной математики являются неотъемлемой частью процесса выбора алгоритма и играют важную роль в обеспечении эффективности, надежности и устойчивости вычислительных систем [1-4].

Теоретические методы оценки критериев

Теоретические методы оценки критериев включают в себя анализ алгоритмов на основе их математических и логических свойств. Эти методы позволяют оценить сложность алгоритмов, их корректность и оптимальность. Основные теоретические методы включают:

1. Анализ временной сложности: определение времени выполнения алгоритма в зависимости от размера входных данных. Обычно используется нотация "O" для обозначения асимптотической сложности.
2. Анализ пространственной сложности: оценка объема памяти, необходимого для выполнения алгоритма.
3. Доказательство корректности: формальное доказательство того, что алгоритм правильно решает поставленную задачу.
4. Анализ устойчивости: Оценка способности алгоритма справляться с ошибками и неточностями во входных данных.

Сравнение различных типов алгоритмов

1. Алгоритмы сортировки
Алгоритмы сортировки предназначены для упорядочивания элементов в определенном порядке. Они широко используются в различных областях, включая базы данных, поиск информации и оптимизацию (рис.1).

Примеры:

- Быстрая сортировка (Quick Sort).
- Сортировка слиянием (Merge Sort).
- Пирамидальная сортировка (Heap Sort).
- Пузырьковая сортировка (Bubble Sort).

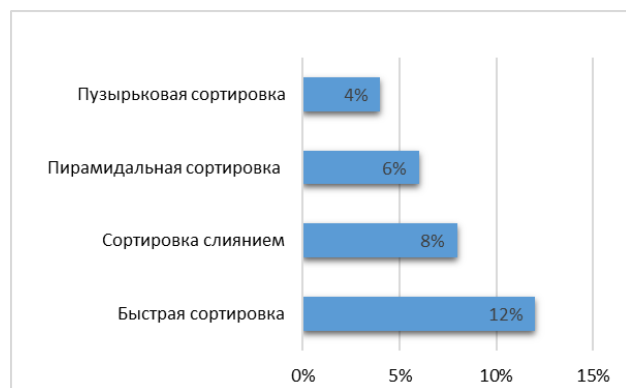


Рис. 1. Частота использования различных алгоритмов сортировки

Если сравнить два алгоритма сортировки по времени выполнения: быструю сортировку (Quick Sort) и сортировку слиянием (Merge Sort), то сортировка слиянием более предсказуема по времени выполнения, но быстрая сортировка может быть более эффективной на практике при правильном выборе опорного элемента. При сравнении по устойчивости алгоритмов сортировки пузырьковой и пирамидальной, можно отметить, что пузырьковая сортировка может быть предпочтительнее в случаях, когда важна устойчивость, несмотря на её низкую эффективность.

2. Алгоритмы поиска (рис.2).

Алгоритмы поиска используются для нахождения определенного элемента или набора элементов в структуре данных. Они важны для эффективного доступа к информации.

Примеры:

- Бинарный поиск (Binary Search).
- Линейный поиск (Linear Search).
- Интерполяционный поиск (Interpolation Search).

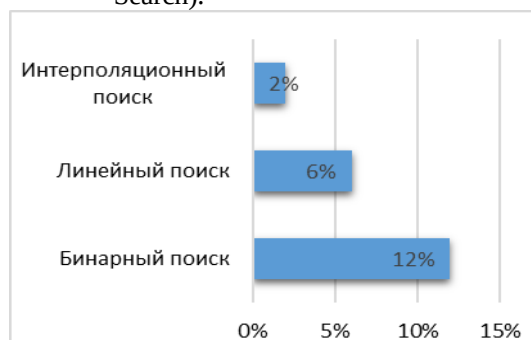


Рис. 2. Частота использования различных алгоритмов поиска

При сравнении двух алгоритмов поиска по потреблению памяти: бинарный поиск (Binary Search) и линейный поиск (Linear Search), можно отметить, что бинарный поиск более эффективен по времени выполнения, но требует предварительной сортировки массива, что требует больший объем памяти.

3. Графовые алгоритмы (рис.3).

Графовые алгоритмы применяются для решения задач, связанных с графами, таких как нахождение кратчайшего пути, минимального остовного дерева и т.д.

Примеры:

- Алгоритм Дейкстры (Dijkstra's Algorithm).

- Алгоритм Беллмана-Форда (Bellman-Ford Algorithm).
- Алгоритм Крускала (Kruskal's Algorithm).
- Алгоритм Прима (Prim's Algorithm).



Рис. 3. Частота использования различных графовых алгоритмов

Надежность алгоритма означает его способность корректно работать в различных условиях и с различными входными данными. Рассмотрим два алгоритма нахождения кратчайшего пути: алгоритм Дейкстры (Dijkstra's Algorithm) и алгоритм Беллмана-Форда (Bellman-Ford Algorithm). Алгоритм Дейкстры эффективен для графов без отрицательных весов рёбер и имеет временную сложность, а алгоритм Беллмана-Форда может работать с графами, содержащими отрицательные веса рёбер. Таким образом, алгоритм Беллмана-Форда более универсален, но менее эффективен по времени выполнения.

4. Алгоритмы на строках (рис.4).

Алгоритмы на строках предназначены для обработки и анализа строковых данных. Они используются в текстовом поиске, биоинформатике и других областях.

Примеры:

- Алгоритм Кнута-Морриса-Практа (Knuth-Morris-Pratt Algorithm).
- Алгоритм Бойера-Мура (Boyer-Moore Algorithm).
- Алгоритм Рабина-Карпа (Rabin-Karp Algorithm).



Рис. 4. Частота использования различных алгоритмов на строках

5. Комбинаторные алгоритмы

Комбинаторные алгоритмы решают задачи, связанные с комбинациями, перестановками и подмножествами. Они важны для теории графов, теории чисел и других областей.

Примеры:

- Алгоритм генерации перестановок (Permutation Generation Algorithm).

- Алгоритм генерации сочетаний (Combination Generation Algorithm).
- Алгоритм генерации подмножеств (Subset Generation Algorithm).

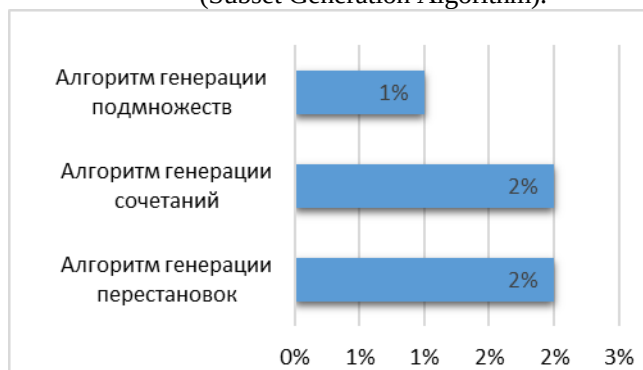


Рис. 5. Частота использования различных комбинаторных алгоритмов

6. Алгоритмы теории чисел

Алгоритмы теории чисел используются для решения задач, связанных с числами и их свойствами. Они находят применение в криптографии, теории кодирования и других областях.

Примеры:

- Алгоритм Евклида (Euclidean Algorithm).
- Решето Эратосфена (Sieve of Eratosthenes).
- Алгоритм быстрого возведения в степень (Fast Exponentiation Algorithm).

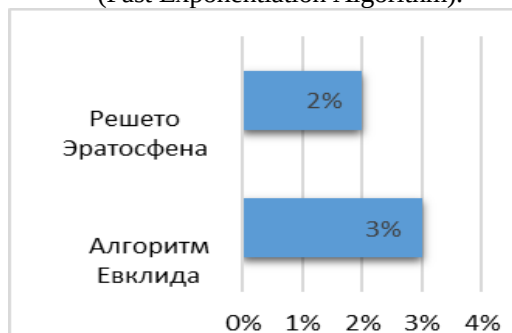


Рис. 6. Частота использования различных алгоритмов теории чисел

7. Алгоритмы оптимизации

Алгоритмы оптимизации направлены на нахождение наилучшего решения из множества возможных. Они применяются в задачах планирования, распределения ресурсов и других областях.

Примеры:

- Алгоритм ветвей и границ (Branch and Bound Algorithm).
- Генетические алгоритмы (Genetic Algorithms).
- Алгоритм имитации отжига (Simulated Annealing Algorithm).

Сравнение алгоритмов по различным критериям позволяет выбрать наиболее подходящий метод для решения конкретной задачи. Время выполнения, потребление памяти, устойчивость и надежность — все эти критерии играют важную роль в оценке алгоритмов. Понимание этих критериев и их

применения помогает разработчикам создавать более эффективные и надежные вычислительные системы.



Рис. 7. Частота использования различных алгоритмов оптимизации

Заключение

Таким образом, по рассмотренным в работе критериям можно сделать следующие выводы. По времени выполнения быстрая сортировка в среднем работает быстрее, чем сортировка слиянием, но в более сложном случае может быть менее эффективной. Быстрая сортировка требует меньше дополнительной памяти по сравнению с сортировкой слиянием. Сортировка слиянием является устойчивой, в то время как быстрая сортировка — нет. По надежности и масштабируемости алгоритмы должны оцениваться по их способности справляться с ошибками и эффективно работать с увеличением объема данных. Поэтому выбор алгоритма должен основываться на всестороннем анализе его характеристик и требований конкретной задачи. Более эффективные решения может дать интеграция алгоритмов, т.е. гибридные подходы, которые объединяют преимущества различных алгоритмов для достижения лучших результатов.

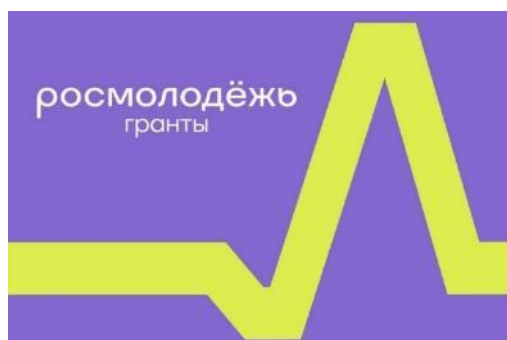
Список литературы

1. Громов, О. А. Методы и алгоритмы повышения отказоустойчивости программируемых логических интегральных схем на основе КМОП элементов с избыточным базисом: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Громов Олег Александрович. — Пермь, 2013. — 180 с.
2. Локуцкий, Л. В. Дискретная математика : учебник / Л. В. Локуцкий, М. Н. Максименко, С. В. Тихонов. — Москва : Общество с ограниченной ответственностью "Издательство "КноРус", 2024. — 272 с. — ISBN 978-5-406-12626-4.
3. Андреев, И. В. Применение дискретной математики в программировании / И. В. Андреев // Международный студенческий научный вестник. — 2018. — № 3-1. — С. 29-31.
4. Наиболее успешные коммерциализированные технологии в области очистки воды / Ю. М. Аверина, О. В. Зверева, С. А. Рублева [и др.] // Материалы IV Международного Косыгинского Форума; Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)", 2024. — С. 84-87

**Российский химико-
технологический
университет
имени Д.И. Менделеева**



При поддержке



**Федерального агентства
по делам молодѣжи
(Росмолодѣжь)**

Научное издание

УСПЕХИ В ХИМИИ И ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Том XXXVIII

№ 12 (291)

Компьютерная верстка: Зверева О.В.
Текст репродуцирован с оригиналов авторов

Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева

Совет молодых ученых и специалистов (СМУС)

Адрес университета: 125047, г. Москва,

Миусская пл., д. 9