

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Новомосковский институт (филиал)  
Федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Российский химико-технологический университет  
имени Д.И. Менделеева»

Первичная организация Российского химического общества  
им. Д.И. Менделеева

Совет молодых ученых НИ РХТУ им. Д.И. Менделеева

*Конференция посвящена  
году фундаментальных исследований*

## **XXIV НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ, АСПИРАНТОВ, СТУДЕНТОВ**

### **ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

#### **Химия и химическое машиностроение**



Новомосковск,  
2022

УДК 378:082.2(043.2)

ББК 74.58

Д 259

**Д 259 XXIV научно-техническая конференция молодых ученых, аспирантов, студентов. Тезисы докладов. Химия и химическое машиностроение / ФГБОУ ВО РХТУ им. Д.И. Менделеева, Новомосковский институт (филиал). Новомосковск, 2022. – 78 с.**

Работа конференции проводилась в шести секциях, на которых обсуждались вопросы химии и технологии неорганических веществ, органической химии и полимерных композиционных материалов, инженерной механики и материаловедения, кибернетики технологических процессов и технических систем, гуманитарных наук экологии, экономики и управления, энергетики.

Сборник содержит доклады и сообщения студентов, аспирантов и молодых ученых.

Текст репродуцирован с оригиналов авторов.

УДК 378:082.2(043.2)

ББК 74.58

*Редакционная коллегия:*

директор В.Л. Первухин - *председатель*

доцент, кандидат экономических наук А.В. Овчаров – *зам. председателя*

профессор, доктор химических наук Е.Н. Голубина – *отв. секретарь*

профессор, доктор технических наук В.М. Логачева

доцент, кандидат химических наук В.И. Журавлев

доцент, кандидат экономических наук Ю.В. Кулакова

доцент, кандидат технических наук Н.В. Маслова

© ФГБОУ ВО «Российского химико-технологического  
университет им. Д.И. Менделеева»,  
Новомосковский институт (филиал), 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>СЕКЦИЯ ХИМИИ И ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ.....</b>	<b>7</b>
<i>Владенков В., Родионова Р.В.</i> Методы получения, свойства и применение пентаэритрита.....	7
<i>Кондрашова О.В., Родионова Р.В.</i> Методы получения, свойства и применение винилхлорида.....	8
<i>Зенькевич С.А., Родионова Р.В.</i> Предпроектная разработка способа получения стирола.....	9
<i>Алексеева Е.В., Родионова Р.В.</i> Предпроектная разработка способа получения стирола.....	10
<i>Трушина А.Н., Родионова Р.В.</i> Предпроектная разработка способа получения диспергатора нф марки «а».....	11
<i>Чертыковцева Л.О., Филимонов В.Н.</i> Мониторинг эфиров карбоновой кислоты в атмосферном воздухе промышленной зоны.....	12
<i>Швецова В.М., Назарова М.А., Филимонов В.Н.</i> Методики выполнения измерения содержания бензилдиметил [3-(миристоиламино)пропил] аммоний хлорида моногидрат в конечной субстанции.....	13
<i>Ворошилин Я.С., Купцова Д.С., Пряхина Н.А., Голубина Е.Н., Кизим Н.Ф.</i> Гидрофобные материалы на основе d- и f- элементов.....	14
<i>Колоскова А.А., Голубина Е.Н., Кизим Н.Ф.</i> Кинетика экстракции и накопления некоторых РЗЭ в статичной и проточной системах.....	15
<i>Матузенко М.В., Моисеев М.М.</i> Исследование катализаторов селективного восстановления выхлопных газов от оксидов азота.....	16
<i>Русскова Е.В., Башкатова Е.Н., Жиркова Ю.Н., Журавлев В.И.</i> Электрохимические и химические методы подготовки алюминиевого порошка к электрохимическому никелированию.....	17
<i>Башкатова Е.Н., Русскова Е.В., Жиркова Ю.Н., Журавлев В.И.</i> Пути оптимизации получения плакированного никелем алюминиевого порошка.....	18
<i>Пивцаев Д.М., Моисеев М.М.</i> Адсорбционно-каталитическая очистка газов от оксидов азота.....	20
<i>Моховиков А.В., Васина Е.А., Рассохина Л.Ю.</i> Производство минеральных удобрений на базе смешанного фосфатного сырья.....	21
<i>Харитонов Н.П., Верниченко Д.Г., Ворошилин Я.С., Слепенчук Н.Д., Моисеев М.М.</i> Очистка водорода от кислородосодержащих соединений.....	22
<i>Ворошилин Я.С., Журавлев В.И., Жиркова Ю.Н.</i> Электродные процессы в хлоридах расплавов щелочных и щелочноземельных металлов.....	23

<i>Харитонов Н.П., Верниченко Д.Г., Слепенчук Н.Д., Моисеев М.М.</i>	25
Методы решения проблем разъемных и неразъемных соединений...	
<i>Харитонов Н.П., Добрыднев С.В.</i> Исследование и синтез гексагонального нитрида бора.....	26
<i>Матузенко М. В., Клочков А. Н., Добрыднев С. В.</i> Функционализация многостенных углеродных нанотрубок в водном растворе азотной кислоты.....	28
<i>Ильина Т.А., Дедов Н.А., Щукина И.А., Минаева В.А., Иванов А.И., Орлова Е. А, Костылева Е.И.</i> Фотокаталитически активные наночастицы диоксидов кремния и титана.....	33
<i>Капштык В.Н., Ильина Т.А., Дедов Н.А., Щукина И.А., Меер К.Е., Шевченко Ю.Т., Костылева Е.И.</i> Кремнийорганические эмульсии, стабилизированные легированными наночастицами.....	34
<i>Гусева А.А., Иваненко О.И., Непряхина Е.Н.</i> Особенности применения янтарной кислоты как иммуномодулятора растений.....	35
<i>Новикова С.Н., Черненко С.В., Селина В.А., Новиков А.Н.</i> Объемные свойства растворов электролитов в смесях диметилсульфоксид-вода при 298,15 К.....	36
<i>Стародуб А.Н., Морозова С.С., Измайлова К.А., Новиков А.Н.</i> Объемные вклады фрагментов молекул органических веществ в п-метилпирролидоне при 298,15 К.....	37
<i>Архипова П.С., Букиа Т.А., Попова Е.А., Сергеева Е.В., Дорохин С.В., Новиков А.Н.</i> Количественное определение азота в образцах модифицированного карбамида.....	38
<i>Круглов А.А., Мещерякова В.А., Сухинина О.А.</i> Сера и ее соединения в фармации.....	39
<i>Степанова А.В., Булатова Д.А., Сухинина О.А.</i> Энтеросорбенты в фармацевтической технологии.....	40
<i>Цветкова А.В., Кондрашова А.С., Сухинина О.А.</i> Антацидные лекарственные средства.....	41
<i>Плешкевич В.Д., Коробко Е.А., Алексеев А.А.</i> Совершенствование свойств АБС-пластиков.....	42
<i>Саиф Хани Валид Наджи Ахмед, Коробко Е.А., Алексеев А.А.</i> Химическая модификация АБС-сополимеров.....	43
<i>Александров Д.А., Артамонов И.А., Ландин А.Ю., Громова А.Н., Калистратова А.С., Пальникова В.А. Грушелевский Д.В., Сидяков С.А, Коробко Е.А., Алексеев А.А.</i> Некоторые материалы на основе эпоксидных олигомеров.....	44
<i>Саиф Хани ВалидНаджи Ахмед, Коробко Е.А., Алексеев А.А.</i> АБС-пластики: рынок, перспективы увеличения объемов производства и расширения ассортимента.....	45

<i>Федулеев М.М., Коробко Е.А., Алексеев А.А.</i> Кремнийорганические амины для отверждения и модификации эпоксидных олигомеров....	46
<i>Лактюхин Д.И., Коробко Е.А., Алексеев А.А.</i> Модификация АБС-сополимеров жестким ПВХ-материалом в процессе переработки...	47
<i>Харитонов Н. П., Горохова М.Н.</i> Исследование процесса синтеза 1,1-дихлор-2,3-дифенилциклопропана в условиях межфазного катализа.....	48
<i>Харитонов Н. П., Горохова М.Н.</i> Исследование процесса экстракции зверобоя продырявленного раствором этанола.....	49
<i>Корзиенко Н.И., Маклаков С.А., Лебедев К.С.</i> Переработка продуктов каталитического пиролиза неликвидных отходов полипропилена.....	51
<i>Кондрашова А., Макрушин Н.А.</i> Квантовохимическое исследование процесса гидрирования азоторганических соединений.....	52
<i>Сидорова А., Макрушин Н.А., Голубина Е.Н., Кизим Н.Ф.</i> Квантовохимическое исследование процесса экстракции лизина с ди-2-этилгексилфосфорной кислотой.....	53
<i>Атоулова А., Макрушин Н.А., Голубина Е.Н., Кизим Н.Ф.</i> Теоретическое исследование процесса взаимодействия лецитина с ди-2-этилгексилфосфорной кислотой.....	54
<b>СЕКЦИЯ ИНЖЕНЕРНАЯ МЕХАНИКА И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ</b>	55
<i>Рошупкин А.С., Давыдов В.В., Клочков В.И.</i> Реконструкция высокотемпературного каталитического реактора с заменой футеровки.....	55
<i>Кохнович М.П., Чумичев А.Л., Сафонов Б.П.</i> Критерии выбора сталей для элементов химического оборудования.....	56
<i>Калугин И.А., Сафонов Б.П.</i> Приспособление-съёмная площадка для аппаратов воздушного охлаждения газа дожимной компрессорной станции на газовом промысле заполярного нефтегазоконденсатного месторождения.....	57
<i>Чупров Н.С., Астахов М.С., Лобанов Н.Ф.</i> Ректификационная колонна барботажного типа для ректификации метанола.....	58
<i>Калугин И.А., Каменский М.Н.</i> Метод восстановления резинового покрытия конуса наконечника наливного на стояке налива дизтоплива установки производства моторных топлив газового промысла заполярного нефтегазоконденсатного месторождения.....	59
<i>Думчев А.К., Егоров А.А., Лобанов Н.Ф.</i> Отчистка накипнокоррозионных отложений трубчатки котла-утилизатора.....	61
<i>Давыдов В.В., Толгатов Т.М., Козлов А.М.</i> Ремонт зажимных слесарных приспособлений-тисков для нужд учебного процесса.....	62

<i>Алешкин Д.М., Давыдов В.В., Клочков В.И.</i> Экстракция капролактама в экстракторах с вибрирующими тарелками.....	63
<i>Сорсов К.И., Марков М.В., Шеваев М.Д., Каменский М.Н.</i> Мероприятия для предотвращения гидроударов.....	64
<i>Башлаев Л.А., Тришкин Д.С., Козлов А.М.</i> Разработка технологии модернизации обкаточного приспособления к токарному станку 1К62.....	65
<i>Башлаев Л.А., Зимин А.И., Суменков А.Л.</i> Исследование условий осаждения дисперсного диоксида титана на стенках опытно-промышленного плазмохимического реактора.....	67
<i>Сорсов К.И., Грибчан Е.В., Нозадзе Д.Г., Пикалова В.С.</i> Мероприятия для предотвращения застывания жидкости в трубопроводах.....	70
<i>Логачёв Д.А., Давыдов В.В., Каменский М.Н.</i> Разработка конструкции холодильника конденсата.....	72
<i>Коровин Н.А., Якунин С.С., Козлов А.М.</i> Шлифовальное приспособление к токарному станку.....	73
<i>Чумичев А.Л., Тришкин Д.С., Бегова А.В.</i> Формирование методического материала по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Технология конструкционных материалов».....	74
<i>Попов А.А., Астахов М.С., Козлов А.М.</i> Технология восстановления плунжеров химических насосов высокого давления.....	75

## СЕКЦИЯ «ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ»

УДК 667.63:678.041.2

*Владенков В., Родионова Р.В.*

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)

### **МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ, СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ ПЕНТАЭРИТРИТА**

Работы, связанные с открытием реакции получения пентаэритрита Б. Толленсом, появились в научно-технической литературе в 1882 году. Был предложен механизм протекания реакции получения пентаэритрита, который образуется при конденсации ацетальдегида и формальдегида в присутствии щелочного катализатора - гидроокиси кальция, но не объяснялся процесс образования побочных продуктов и особенностей протекания реакции в различных условиях.

На сегодняшний день, пентаэритрит получают по «формиатной» технологии - взаимодействием формальдегида с водным раствором ацетальдегида в присутствии щелочного катализатора с последующей реакцией Канницаро между формальдегидом и образовавшейся пентаэритрозой. В Советском Союзе производству пентаэритрита уделялось достаточно большое внимания. Технология промышленного производства пентаэритрита впервые была реализована в 1942 году на Новосибирском химическом заводе. Пентаэритрит широко применяется в лакокрасочной промышленности для производства полиэфиров, прежде всего для синтеза алкидных лаков, изготовления полиграфических красок, в качестве компонента полиуретановых красок для получения веществ в текстильной промышленности, в производстве синтетических смазочных масел, пентапласта, пластификаторов, стабилизаторов и антиоксидантов для полимеров, а также для синтеза поверхностно-активных веществ (ПАВ).

В настоящее время на получение взрывчатых веществ расходуется менее 1 % от мирового объема производства пентаэритрита. На основе пентаэритрита получают алкидные смолы (пентафталевые), быстро сохнущие водостойкие покрытия, олифы, заменители шеллака и др. Эфиры пентаэритрита и кислот различного строения применяются в качестве основы синтетических масел, так как они обладают комплексом ценных свойств: малой испаряемостью, низкими температурами застывания, высокой термической и термоокислительной стабильностью. Эти свойства определяют широкое использование производных пентаэритрита в качестве смазок, восков, пластификаторов, желатинизаторов, поверхностно-активных веществ.

## **МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ, СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ ВИНИЛХЛОРИДА**

Промышленное производство винилхлорида входит в первую десятку производства крупнейших многотонажных продуктов основного органического синтеза; при этом почти весь производимый объем используется для дальнейшего синтеза поливинилхлорида (ПВХ) мономером которого и является винилхлорид.

Из поливинилхлорида готовят листовые материалы и трубы (винипласт), пленки, заменители кожи и т.д. Из сополимеров винилхлорида с винилиденхлоридом и акрилонитрилом вырабатывают синтетические волокна (саран, виньен). Он служит также промежуточным продуктом для синтеза 1,1,2 – трихлорэтана, винилиденхлорида, метилхлороформа.

Небольшая доля винилхлорида (порядка 1%) используется для производства сополимеров, из которых практическое значение имеют комбинации с vinylацетатом, винилиденхлоридом, мономерами акрилового ряда и альфа-олефинами. Первый вид сополимеров получил наибольшее распространение. Эти материалы носят следующие торговые названия: вестолит; хосталит; виннол; люковил; корвик; джеон; сикрон и другие. Они применяются для изготовления такой продукции, как: линолеум и другие покрытия для полов; оконные рамы; облицовочные плитки; искусственная кожа; пленка; лаки; нетканые материалы.

В работе рассмотрены способы получения винилхлорида: из этилена и этана, ацетилен, дихлорэтана. Метод синтеза винилхлорида гидрохлорированием ацетилен в настоящее время мало перспективен, хотя существующие установки еще эксплуатируются. Причиной этого является применение дорогостоящего ацетилен, что при получении винилхлорида дополняется высокой токсичностью сулемы.

Важнейшим из процессов, включающих окислительное хлорирование, является так называемый сбалансированный (комбинированный) метод производства винилхлорида из этилена. Сбалансированный метод позволил заменить половину ацетилен на более дешевый этилен, а также утилизировать хлороводород, тем самым довести почти до 100% полезное использование хлора.



### **ПРЕДПРОЕКТНАЯ РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ СТИРОЛА**

Стирол - один из важнейших мономеров. Он применяется для получения термопластичных полимерных материалов (полистиролы, пластики АБС и др.), синтетических каучуков путем сополимеризации стирола с бутадиеном-1,3; нитрилом акриловой кислоты; в производстве полиэфирных смол и пластиков, в том числе и ряда стеклопластиков, в фармацевтической и других отраслях промышленности.

Определение будущих объемов потребления стирола базируется на анализе производства продуктов переработки, динамики экспорта и импорта. При этом основой для оценки динамики производства выступает платежеспособный спрос, предъявляемый рынком на производимую продукцию. Экспорт стирола на данный момент — приоритетное направление его сбыта, что обусловлено ситуацией на мировом рынке. Основным импортером российского стирола остается Финляндия, увеличиваются ежегодные поставки в Китай. Кроме того, спрос и на продукты его переработки стабильно высок. Стирол российского производства остается конкурентоспособным благодаря своей невысокой цене.

В работе приводится сравнительный анализ десяти методов получения стирола, используемых в производстве и вновь разрабатываемых. Некоторые рассмотренные способы производства стирола многостадийны, что увеличивает экономические затраты на производство, а также обслуживание. При производстве стирола через предварительное хлорирование и дегидрохлорирование хлорпроизводного этилбензола помимо многостадийности образуется большое количество загрязненных сточных вод. Это сказывается на экологической составляющей производства. Для некоторых методов используется не очень доступное и дорогое сырье, а также выход и селективность готового продукта невелики. Это приводит к ухудшению экономических показателей производства.

В результате проведенного анализа показано, что основным методом промышленного производства стирола является каталитическое дегидрирование этилбензола, который освоен на Узловском ПАО.

**ПРЕДПРОЕКТНАЯ РАЗРАБОТКА  
СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ СТИРОЛА**

Стирол был впервые выделен и идентифицирован в 1839 году Е. Симоном из стиракса – смолы амбрового дерева. Им же было дано современное название углеводорода. Впервые промышленное производство стирола в России было организовано в 1949 г. на Воронежском заводе синтетического каучука из этилбензола, получаемого алкилированием бензола. В настоящее время предприятия, расположенные на территории РФ, наращивают производственные мощности стирола.

Определение будущих объемов потребления стирола базируется на анализе производства продуктов переработки, динамики экспорта и импорта. При этом основой для оценки динамики производства выступает платежеспособный спрос, предъявляемый рынком на производимую продукцию. Экспорт стирола на данный момент — приоритетное направление его сбыта, что обусловлено ситуацией на мировом рынке. Основным импортером российского стирола остается Финляндия, увеличиваются ежегодные поставки в Китай. Кроме того, спрос и на продукты его переработки стабильно высок. Стирол российского производства остается конкурентоспособным благодаря своей невысокой цене.

В работе были рассмотрены промышленные методы получения стирола. Все приведенные способы производства стирола (за исключением дегидрирования) многостадийны, что увеличивает экономические затраты на производство, а также обслуживание. В производстве стирола из этилбензола с последовательным хлорированием и дегидрохлорированием образуется большое количество сточных вод, что тоже в свою очередь сказывается на экологии. Для некоторых методов используется не очень доступное и дорогое сырье, а также выход готового продукта невелик. Это приводит к ухудшению экономических показателей производства.

Показано, что основным методом промышленного производства стирола является каталитическое дегидрирование этилбензола. Обоснование выбора метода производства сделано на основе проработки литературного материала и производственных данных.

**ПРЕДПРОЕКТНАЯ РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ  
ДИСПЕРГАТОРА НФ МАРКИ «А»**

Существует большое количество химических веществ, используемых в промышленности для того, чтобы частицы фазы не склеивались, а строительные растворы сохраняли подвижность, без изменения прочностных характеристик. Один из самых популярных - диспергатор НФ. Данный пластификатор применяется для поверхностного упрочнения массы, за счет чего она становится глянцевой, и для более выраженного цвета бетонных красителей. А также, чтобы изделие хорошо отделилось от формы, это экономит затраты труда на очистку форм.

Диспергатор НФ – продукт конденсации сульфокислот нафталина с формальдегидом. Представляет собой смесь полимерных соединений разной молекулярной массы, является анионоактивным ПАВ. Диспергатор НФ применяется в качестве вспомогательного вещества в текстильной, резиновой, анилинокрасочной, кожевенной и химико-фотографической промышленности. Его используют в производстве химических волокон, синтетического каучука и в других сферах.

Пластификаторы, вводимые в бетонные и сырьевые смеси, строительные растворы придают им пластичность, лучшую растекаемость и снижают водосодержание.

. Все шире стали применять суперпластификаторы – продукты сульфометилирования меламин, сульфирования нафталина, и других ароматических углеводородов и последующей их конденсации с формальдегидом.

Важнейшим промышленным нафталинсульфонатом является диспергатор НФ марки «А» ( $\text{CH}_2(\text{C}_{10}\text{H}_6\text{SO}_3\text{Na})_2$ ).

Диспергатор «НФ» марки «А» относится к группе анионоактивных ПАВ. Он выпускается в виде водного раствора. Получаемое вещество относится к группе биологически труднорастворимых веществ.

В нашей работе была сделана предпроектная разработка производства диспергатора «НФ» марки А. Подобраны основные аппараты и вспомогательное оборудование цеха. Предложены мероприятия по БЖД и охране труда. Проведена более полная автоматизация технологической схемы цеха. Осуществлена модернизация стадии конденсации.

УДК 543.544

*Чертыковцева Л.О., Филимонов В.Н.*

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)

## **МОНИТОРИНГ ЭФИРОВ КАРБОНОВОЙ КИСЛОТЫ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЗОНЫ**

Контроль содержания сложных эфиров (метил-п-толуилформиата и диметилтерефталата) на уровне ПДК должен быть ориентирован на различные вариации состава атмосферного воздуха. Классические химические и физико-химические методы не дают избирательного определения анализируемых компонентов при совместном присутствии.

Для предварительной оценки агрегатного состояния микропримесей в воздухе производства ДМТ необходимо располагать сведениями об их летучести. Пробы воздуха отбирают аспирационным способом. Пробу опробуют путем пропускания исследуемого воздуха через жидкие поглотительные среды в поглотительный прибор Рыхтера. Возможность «проскока» улавливаемых эфиров выявляют путем измерения их содержания во втором поглотительном приборе, соединенным последовательно с первым. В качестве твердого сорбента для устранения больших потерь анализируемых сложных эфиров вследствие улетучивания жидкой среды, используют активированный уголь. Применяют фронтальный метод концентрирования, достоинством которого является возможность быстрого количественного поглощения из воздуха больших количеств примесей. Основными способами извлечения эфиров из анализируемой пробы является экстракция растворителями. При исследовании атмосферного воздуха производственной среды установлено, что наиболее достоверные данные содержания в воздухе примесей вредных веществ получаются при непродолжительном (не более 30 мин.) отборе пробы.

На примере атмосферного воздуха производства диметилтерефталата предложена методика определения метил-п-толуилформиата и диметилтерефталата. Принцип метода – фотоэлектроколориметрический, определение сложных эфиров основано на реакции их с щелочным раствором гидросиламина с образованием гидроксамовых кислот, способных давать с железом (III) интенсивно окрашенные комплексные соединения. Определения проведены методом градуировочных зависимостей.

Методика позволяет определять метил-п-толуилформиат и диметилтерефталат в интервале концентраций 0,1-1,7 мг/м<sup>3</sup> с относительной погрешностью результатов измерений для нижнего и верхнего пределов – 16,20 и 8,23%% (для метил-п-толуилформиата) и 6,94 и 0,25% (для диметилтерефталата).

УДК 543.544

*Швецова В.М., \*Назарова М.А., Филимонов В.Н.*

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева,

ООО «Экохим-Инновация», г.Новомосковск)

**МЕТОДИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ  
БЕНЗИЛДИМЕТИЛ [3-(МИРИСТОИЛАМИНО)ПРОПИЛ]  
АММОНИЙ ХЛОРИДА МОНОГИДРАТ  
В КОНЕЧНОЙ СУБСТАНЦИИ**

В настоящее время как никогда актуальна разработка антисептических средств и методики измерения их содержания.

Бензилдиметил[3-(миристоиламино)пропил]аммоний хлорида моногидрат широко известен под торговым названием мирамистин.

Мирамистин – одно из самых известных медицинских изобретений позднесоветского периода. Его активно используют в большинстве сфер медицины, ключевая его особенность – уничтожение вирусов, бактерий и грибков без причинения вреда человеческому организму.

Для избежания сильного воздействия дезинфицирующего средства на незащищенное кожным покровом тело больного, с одной стороны, и обеспечение необходимого дезинфицирующего эффекта, с другой, необходимо, чтобы раствор содержал мирамистина 0,01% (масс.) с отклонениями не менее 0,09 мг и не более 0,11 мг.

В работе были изучены методики выполнения измерения содержания бензилдиметил[3-(миристоиламино)пропил]аммоний хлорида моногидрата. К ним относятся: двухфазное титрование, потенциметрическое титрование, колориметрическое определения, спектрометрический анализ и метод высоко эффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ).

Проведенный анализ литературных источников демонстрирует лидирующее место методов на базе ВЭЖХ. Методы характеризуются высокой чувствительностью, селективностью, экспрессностью, позволяющие проводить определение на уровне  $1 \cdot 10^{-12} \div 1 \cdot 10^{-8}$  мг/мл. Однако, спектрофотометрия в ультрафиолетовой области, достойно конкурирует с ВЭЖХ при анализе лекарственных средств и их препаратов, что широко представлено в современной фармакопии.

Составлен алгоритм получения бензилдиметил[3-(миристоиламино)пропил]аммоний хлорида моногидрата. В рамках работы изучена химическая схема производства субстанции с целью выявления источников возможных примесей в конечной субстанции.

Приводится механизм и фармакологическое действие лекарственного препарата.

УДК 541.13

*Ворошилин Я.С., Купцова Д.С., Пряхина Н.А.,  
Голубина Е.Н., Кизим Н.Ф.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

### **ГИДРОФОБНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ d- И f-ЭЛЕМЕНТОВ**

Интерес к изучению смачивающей способности материалов связан с необходимостью разработки покрытий, обладающих гидрофобными свойствами. Гидрофобные покрытия находят широкое применение в различных областях народного хозяйства, а именно, для защиты одежды и обуви, строительных материалов, уже готовых построек, автомобилей и многого другого. Гидрофобные материалы обладают рядом уникальных свойств – водонепроницаемостью, стойкостью к коррозии, устойчивостью к органическим и неорганическим загрязнениям.

В настоящем сообщении представлены данные по гидрофобным свойствам материала межфазных образований на основе Д2ЭГФМе.

Материал межфазных образований (ммо) извлекали из межфазного слоя и переносили на подложки следующим образом: частично погружали тонкостенную подложку (стеклянную, алюминиевый сплав (дюраль марки Д18), медную (марки М2)) через границу раздела на глубину 5 мм в соседнюю фазу, выдерживая в течение 20 с и медленно извлекая из системы. Краевой угол измеряли с помощью оптического анализатора контактного угла ОСА 25. Коэффициент шероховатости определяли измерителем шероховатости TR110.

Полученные экспериментальные данные показывают возможность модифицирования ммо различных поверхностей, и получать покрытие с заданной величиной краевого угла в диапазоне от 30 до 160°. Величина краевого угла зависит от природы растворителя, металла, времени синтеза ммо. В случае материала на основе d-элементов модифицированная стеклянная пластинка, покрытая материалом, обладает гидрофильностью во всем исследованном диапазоне времен синтеза, а для материала на основе f-элементов покрытие с течением времени приобретает гидрофобность. Установлено, что чем больше доля кристалличности, выше коэффициент шероховатости и ниже содержание воды в составе ммо, тем более гидрофобным является покрытие. Увеличение гидрофобности покрытия также обусловлено и более высоким накоплением ди-(2-этилгексил)фосфата металла в переходном слое.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках научного проекта "Лаборатория «умных» материалов и технологий", номер FSSM-2021-0013.*

**КИНЕТИКА ЭКСТРАКЦИИ И НАКОПЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ РЗЭ В СТАТИЧНОЙ И ПРОТОЧНОЙ СИСТЕМАХ**

Исследование кинетики экстракции позволяет установить зависимость скорости процесса от основных факторов, наметить пути управления процессом экстракции, определенным образом влияя на свойства динамического межфазного слоя (ДМС), например, на его проницаемость. При экстракции редкоземельных элементов (РЗЭ) растворами ди-(2-этилгексил)фосфорной кислоты (Д2ЭГФК) нередко наблюдается образование межфазных взвесей, обусловленных низкой растворимостью образующихся соединений. Образование межфазных взвесей существенным образом влияет на кинетику процесса извлечения.

В настоящем сообщении рассматривается кинетика экстракции и накопления РЗЭ в динамическом межфазном слое (ДМС) экстракционной системы, которое имеет место при их извлечении растворами Д2ЭГФК в органическом разбавителе.

Степень извлечения РЗЭ в проточной системе выше, чем в статичной, что обусловлено рядом причин. При движении водной и органической фаз в одном направлении степень обновления межфазной поверхности выше, чем в статичной системе. Кроме того, движущиеся потоки жидкости могут приводить к частичному уносу межфазных образований из ДМС в органическую фазу и последующему их растворению в ней. Замеченное явление также приводит к увеличению степени обновления поверхности и, как следствие, повышению степени извлечения РЗЭ и скорости экстракции.

Эксперимент показывает, что в межфазном слое экстракционной системы в статичной системе может накапливаться до 30 % РЗЭ от первоначально взятого количества. В проточной системе наблюдается более низкое накопление (порядка 5 %) Ln(III) в ДМС, чем в статичной, что обусловлено большей скоростью обновления поверхности, частичным уносом межфазных образований и более высокой локальной концентрацией Д2ЭГФК. Доля накапливающегося в ДМС элемента и степень извлечения определяется начальными условиями проведения процесса. В частности, повышение начальной концентрации извлекаемого элемента приводит к увеличению содержания РЗЭ в ДМС, а увеличение концентрации экстракционного реагента в исходном органическом растворе при прочих равных условиях приводит к снижению накопления РЗЭ в ДМС.

УДК 66.097.3

*Матузенко М.В., Моисеев М.М.*

(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И.Менделеева)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ СЕЛЕКТИВНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ ОТ ОКСИДОВ АЗОТА**

Радикальным решением проблем очистки отходящих газов от оксидов азота является их восстановление до молекулярного азота с помощью восстановителей. В зависимости от используемого газавосстановителя развивались два типа процессов: неселективные - высокотемпературное восстановление оксидов азота с помощью углеводородного топлива и селективные - низкотемпературное восстановление с помощью аммиака.

Наиболее перспективным из каталитических способов очистки газов от оксидов азота является метод селективного каталитического восстановления (СКВ) аммиаком. Это связано с тем, что аммиак в отличие от других восстановителей (метан, водород, оксид углерода и т.д.) способен селективно восстанавливать оксиды азота в присутствии избытка кислорода, содержащегося в выхлопных газах. Данный процесс идет при значительно более низких температурах, чем с углеводородным восстановителем.

Для проведения исследований были приготовлены 7 партий катализатора. Приготовление осуществляли в каталитаторном цехе ОАО Новомосковского института азотной промышленности на установке приготовления опытных партий катализатора.

Катализатор селективного каталитического восстановления оксидов азота готовили путем механического смешения двух каталитических систем:

- 1) никель - медь - алюминий (Ni-Cu-Al);
- 2) цинк - хром - марганец (Zn-Cr-Mn).

Образцы катализаторов с различным содержанием активных компонентов были испытаны в процессе СКВ оксидов азота аммиаком на установке лабораторного типа. При этом условия проведения опытов были следующие:

- начальная концентрация оксидов азота -  $0,08 \div 0,13$  % об.;
- начальная концентрация аммиака -  $0,2 \div 0,3$  % об. (соотношение  $\text{NH}_3:\text{NO}_x=1,5$ ), остальное в исходной смеси - воздух;
- объемная скорость - 25000 ч<sup>-1</sup>;
- температура -  $290 \div 3000$ С.

Анализ экспериментальных данных показывает, что образцы катализатора  $\text{Ni}:1$ ,  $\text{Ni}:1,5$ ,  $\text{Ni}:2$ ,  $\text{Zn-Cr-Mn}$  проявляют высокую активность. Степень восстановления оксидов азота для данных образцов превысила 95%.



УДК 541.13

*Русскова Е.В., Баикатова Е.Н., Жиркова Ю.Н., Журавлев В.И.*

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

## **ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОДГОТОВКИ АЛЮМИНИЕВОГО ПОРОШКА К ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОМУ НИКЕЛИРОВАНИЮ**

При электрохимическом покрытии металлических порошков другими металлами получают композиционные порошки (КП), обладающие различными потребительскими свойствами. Одним из перспективных КП представляется алюмо-никелевые (АНКП), обладающие высоким экзотермическим эффектом, что позволяет применять его в практике газоплазменного напыления. Нанесение металлических покрытий на электроотрицательные металлы всегда сопряжено с определёнными трудностями, в первую очередь с предотвращением контактного выделения более положительного металла из электролита на предельном токе. Для системы алюминий-никель стандартные потенциалы металлов составляют  $-1,67$  и  $-0,25$  В, соответственно. Контактно выделяющийся металл (например порошок никеля) имеет слабое сцепление с основой. Поэтому при осаждении никеля на алюминий его поверхность должна быть приведена в пассивное состояние [1]. Алюминий, в большинстве случаев, имеет природную пассивную барьерную плёнку толщиной до  $0,1$  мкм. Существует два принципиальных метода пассивации поверхности алюминия - анодное оксидирование в растворах кислот и химическое полирование ( окислирование ) - так же в кислых растворах. Анодное оксидирование применяется как предварительная подготовка поверхности алюминия для последующего электрохимического никелирования алюминиевых деталей на подвесках. На стадии предварительной подготовки решается задача создания пассивной поверхности на алюминии для предотвращения контактного выделения никеля в электролите никелирования с одной стороны и минимальной толщины оксидного слоя - с другой. В качестве подходящего электролита выбран водный раствор на основе ортофосфорной и серной кислот с добавлением хромового ангидрида. Он применяется при температуре  $70-80$  С° и анодной плотности тока на донном токоподводе  $(10-12)$  А/дм<sup>2</sup>. В процессе формирования оксидной плёнки  $Al_2O_3$  протекает два конкурентных процесса: электрохимическое образование оксида алюминия - со стороны металла и его растворения - со стороны электролита. Основным растворителем выступает ортофосфорная кислота. Повышение температуры так же является фактором ускорения растворения  $Al_2O_3$ . Минимальная толщина плёнки соответствует толщине “барьерного” слоя - до  $0,1$  мкм. Данную толщину плёнки и, соответственно, минимальное сопротивление оксидного

слоя можно получить варьируя скорости химического формирования и растворения оксида алюминия за счёт концентрации фосфорной и серной кислот, и хромового ангидрида, а также температуры и времени. Таким образом переменными являются пять параметров. Оптимальное соотношение параметров проверяли методом электроосаждения никеля на обработанный соответственным образом порошок. В качестве критерия качества предварительной подготовки рассматривали интенсивность выделения водорода и наличие осаждённого никеля на частицах порошка, в процессе электроосаждения никеля. Таким образом очевидно, что для предварительной подготовки алюминиевого порошка для последующего электролитического нанесения гальванопокрытия никелем целесообразна предварительная подготовка его поверхности методом, подобным электролитическому полированию (химическому оксидированию) в растворах вышеописанного состава.

*Работа поддержана грантом Правительства Тульской области ДС/265 от 26.10.2021 г.*

#### **Литература**

1. Краткий справочник гальванотехника. Ямпольский А. М., Ильин В. А., Л. “Машиностроение”, 1972 г. 224 с.

УДК 541.13

*Баикатова Е.Н., Русскова Е.В, Жиркова Ю.Н., Журавлев В.И.*

*(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)*

### **ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПЛАКИРОВАННОГО НИКЕЛЕМ АЛЮМИНИЕВОГО ПОРОШКА**

Получение термореагирующего алюмо-никелиевого композиционного порошка (АНКП) может быть проведено несколькими методами. Основные из них - клеевой и электрохимический. Последний метод заключается в электрохимическом плакировании исходных зерен алюминиевого порошка заданной фракции слоем никеля до достижения заданного соотношения концентраций  $C(Al)$  и  $C(Ni)$  масс.%. Максимальное содержание никеля в АНКП - 80 масс.%. Потребительские свойства АНКП зависят от содержания никеля и размера зерен. Электрохимический метод плакирования позволяет регулировать содержание никеля в порошке в рабочем интервале (50-80 масс.%). В настоящее время разработан метод одностадийного электрохимического получения АНКП. Он включает предварительную подготовку порошка и последующее одностадийное электрохимическое наращивание слоя никеля в цилиндрическом электролизере насыпью с механическим перемешиванием. Особенность алюминия заключается в самопроизвольном образовании оксидных пленок на поверхности. “Стандартизация” этих оксидных пленок достигается на стадии предварительной

подготовки порошка. При этом по результатам ранее проведенных измерений установлено, что удельная электропроводность исходного алюминиевого порошка (имеющего оксидные пленки на поверхности) на несколько порядков ниже, чем традиционного электролита никелирования Уотса. Насыпной порошковый электрод следует рассматривать как составной многокомпонентный подвижный трехмерный объемно-пористый электрод, состоящий из стационарного подводящего дна и слоя механически перемешиваемого порошка на нем. Показано, что удельная электропроводность порошка, сопоставимая с электропроводностью электролита, достигается при осаждении на порошок от 10 до 15% никеля. При данном содержании никеля и его равномерном распределении по поверхности сферической частицы порошка алюминия со средним размером 80 мкм толщина слоя должна составлять от 0,45 до 0,7 мкм. При осаждении 80 масс.% никеля его слой на АНКП достигает 12 мкм. Известен метод одностадийного никелирования алюминиевых деталей из электролита, содержащего соли фтора (депассиватора). Надо отметить, что контактное выделение никеля на порошок нецелесообразно, так как он не удерживается в процессе перемешивания. На поверхности частиц оптимизировать начальный период электролиза, при котором выход по току на порошок не превышает 5-10% вплоть до набора содержания 10-15% никеля на АНКП, вышеуказанным методом не представляется возможным.

В практике никелирования широкое распространение получил процесс химического никелирования. В его основе лежит реакция восстановления никеля из водных растворов гипофосфитом натрия, который окисляется до фосфита натрия. В результате образуются сплавы Ni(P), содержащие (4-6)% р в щелочных электролитах и (8-10)% р - в кислых электролитах. Реакция химического никелирования является автокаталитической, ее протекание на поверхности алюминия возможно. На компактной поверхности алюминия получены качественные покрытия химическим никелем с хорошим сцеплением. Проблема осаждения химического никеля на алюминиевый порошок заключается в обильном выделении водорода, поскольку поверхность на которой осаждается никель по отношению к объему электролита значительно превышает таковую при покрытии как средне мерных, так и мелких деталей в гальванотехнике. Скорость химического никелирования составляет (8-10) мкм/час, что позволяет получить слой в 1 мкм за 6-8 минут (на компактной поверхности). Таким образом представляется целесообразным получение АНКП в 2 стадии - химическим и электрохимическим никелированием исходного порошка.

*Работа поддержана грантом Правительства Тульской области ДС/265 от 26.10.2021 г.*

(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И. Менделеева)  
**АДСОРБЦИОННО-КАТАЛИТИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА ГАЗОВ  
ОТ ОКСИДОВ АЗОТА**

Самым радикальным и хорошо освоенным промышленностью является каталитический метод очистки отходящих газов от оксидов азота. Проточные каталитические системы оправдывают себя в сравнительно крупных производствах с постоянным во времени потоком отходящих газов и узким интервалом изменения концентрации токсичных веществ. Однако, для малых производств характерно непостоянство потока отходящих газов и концентрации оксидов азота. Во многих случаях эту проблему можно решить совмещением двух процессов: глубокой адсорбцией оксидов азота и их последующим каталитическим восстановлением.

Принципиальная схема адсорбционно-каталитической очистки разработана на примере производства катализатора конверсии природного газа марки ГИАП-18 мощностью 1000 тонн в год. Оксиды азота образуются на стадии прокалики катализатора, пропитанного водными растворами нитратов никеля и алюминия.

Первая стадия поглощения оксидов азота происходит в адсорберах на цеолите марки Н-морденит при температуре 20<sup>0</sup>С и давлении 0,1 МПа. Исходя из материальных расчетов, схемой предусмотрено три адсорбера. При этом, первый работает в режиме адсорбции, второй - в режиме разогрева и регенерации, третий - в режиме охлаждения. Регенерация цеолита производится воздухом при температуре 220<sup>0</sup>С и давлении 0,1 МПа.

На второй стадии происходит селективное каталитическое восстановление оксидов азота аммиаком на многокомпонентном Ni-Cu-Al:Zn-Cr-Mn-катализаторе. Данный катализатор не содержит дорогостоящего ванадия, обладает высокой удельной поверхностью (180 м<sup>2</sup>/г) и механической прочностью (6,8 МПа). При температуре 300<sup>0</sup>С данная каталитическая система позволяет добиться в процессе восстановления остаточного содержания оксидов азота не более 0,005 % об.

Таким образом, двухстадийная схема очистки отходящих газов от оксидов азота позволяет добиться практически полного поглощения их на стадии адсорбции и избежать неравномерности подачи оксидов азота на слой катализатора на стадии селективного каталитического восстановления, что существенно упрощает схему очистки.

## ПРОИЗВОДСТВО МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА БАЗЕ СМЕШАННОГО ФОСФАТНОГО СЫРЬЯ

Все чаще в СМИ и других источниках поднимается вопрос о продовольственной безопасности, которая напрямую связана с применением минеральных удобрений. И тут возникает проблема, связанная с исчерпаемостью запасов высококачественного сырья для производства этих удобрений. Особое внимание следует уделить фосфору, как «элементу жизни и мысли» по мнению академика А. Ферсмана.

Наша страна, обладая достаточно большими запасами фосфатных руд (около 1,26 млрд.т.  $P_2O_5$ ), входит в пятерку лидеров по производству фосфорсодержащих удобрений. Но поставки высококачественного апатитового концентрата ограничены. Для расширения сырьевой базы и повышения объемов выпуска удобрений крупные промышленные холдинги все активнее начали вовлекать в производство фосфориты разных месторождений.

Для проведения исследования были взяты образцы фосфоритов двух месторождений: Кимовского (подмосковного бассейна) и месторождении Кок-Джон (Республика Казахстан). Средний химический состав фосфоритов представлен в таблице:

Содержание основных компонентов, %масс							
Фосфорит	$P_2O_5$	CaO	$Fe_2O_3$	MgO	Влага	H/O	ППП
Подмосковный бассейн	14,56	16,99	9,44	6,48	1,80	33,14	6,34
Республика Казахстан	27,37	32,90	0,01	8,38	0,24	5,00	6,47

Менее концентрированный фосфорит следует подвергнуть дополнительному обогащению или использовать в качестве простого удобрения – фосфоритной муки. Как правило, ее агрохимическую активность повышают путем введения органической компоненты (навоз, куриный помет и т.п.). Другой образец удовлетворяет требованиям к химической переработке такого типа сырья.

Данная работа позволила выполнить технологические расчеты с целью определения расходных коэффициентов по сырью для производства различных видов удобрений на базе смешанного сырья при различных соотношениях апатит/фосфорит.

*Харитонов Н.П., Верниченко Д.Г., Ворошилин Я.С.,  
Слепенчук Н.Д., Моисеев М.М.*

(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И.Менделеева)

## **ОЧИСТКА ВОДОРОДА ОТ КИСЛОРОДОСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ**

ООО ОХК «Щекиноазот» поставило задачу в решении проблемы очистки углекислоты и водорода. Во многих производствах водород используется не полностью, некоторая его часть выводится из процессов или теряется, в лучших случаях используется как низкокалорийное топливо. Углекислота не полностью очищается от сопутствующих газов.

Традиционными и широко распространенными в промышленности методами концентрирования газов из смесей можно назвать криогенный и адсорбционный методы. Криогенное разделение позволяет получать газы высокой чистоты. У криогенного метода больше положительных сторон, чем у абсорбционного. Хотя с другой стороны комбинация этих методов даст максимальный результат из возможных. Мы предлагаем использовать эту комбинацию. Наша идея заключается в разделении газовых смесей по температуре конденсации. Для этого на линии углекислоты устанавливают два компрессора, первый отделяет газы до  $-78^{\circ}\text{C}$  из смеси, а второй отделяет  $\text{CO}_2$ . Сопутствующие газы, у которых температура конденсации ниже  $-78^{\circ}\text{C}$  отходят из процесса.

В последние 15-20 лет в промышленности все большее применение находят мембранные способы разделения газообразных смесей, отличающиеся простотой и надежностью (отсутствие движущихся частей, относительно простое аппаратное оформление), экономичностью (длительный срок службы мембран – 10-15 лет, основные затраты энергии связаны только с компримированием разделяемого воздуха), легкостью варьирования масштаба производства (модульность конструкции современных мембранных аппаратов), высокой мобильностью (возможность создания передвижных установок). Удельные капиталовложения при создании мембранных газоразделительных установок сравнительно невелики, а срок окупаемости их незначителен. С помощью мембранного разделения возможно концентрирование водорода до чистоты 99,(9)%, а также эффективная работа даже в условиях изменения производительности установки.

Мембраны – это селективно-проницаемый барьер между двумя фазами. Мембраны изготавливают из органических (в том числе полимерных) и неорганических (металлических, керамических, стеклянных и пр.) материалов. Область применения мембранной технологии крайне широка.

Мы предлагаем установить мембрану, основным материалом разделения, которой является пористая платина. В процессе работы возможен унос частиц мембраны, чтобы не терять дорогостоящий материал нужно установить специальный фильтр, которой вылавливает частицы мембраны из потока газов. После определенного срока использования, меняют фильтр на новый. После обжигают фильтр и возвращают металлы из мембраны.

Все вышеописанные технологии являются отечественными.

УДК 541.13

*Ворошилин Я.С., Журавлев В.И., Жиркова Ю.Н.*

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

### **ЭЛЕКТРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ХЛОРИДАХ РАСПЛАВОВ ЩЕЛОЧНЫХ И ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ.**

Хлориды лития, натрия, калия ( $MCl$ ), широко применяются в качестве фоновых расплавов. Используется так же их смеси, и двойные и тройные расплавы с хлоридами щелочноземельных металлов ( $MeCl_2$ ), например  $MCl-XMeCl_2$ . При получении одного из щелочных или щелочноземельных металлов, для уменьшения температуры плавления вводят хлорид более отрицательного металла. Известно, что как  $M$ , так и  $Me$  растворяются в своих галогенидных расплавах с образованием субионов,  $M_2^+$  или  $Me^+$ . По результатам ранее проведенных исследований катодной поляризации некоторых металлов ( $Zn$ ,  $Al$ ) сделаны выводы о значительном возрастании остаточной плотности тока ( $i_{ост} = i_{пер} + i_{корр}$ ) с увеличением температуры и практическом отсутствии зависимости от концентрации, например  $MeCl_2$ , и природы металла катода. К настоящему времени накоплен достаточный экспериментальный материал о растворимости в системах  $Li/LiCl$ ,  $Na/NaCl$ ,  $K/KCl$ ,  $Ca/CaCl_2$ ,  $Ca/(KCl-CaCl_2)$  и т.д., при разных температурах. На основании работ [1,2] можно судить об очевидной зависимости доли растворенного металла ( $M$  или  $Ca$  в виде субионов) от активности металла, контактирующего с расплавом. При анализе катодных поляризационных кривых (КПК), особенно на индифферентных твердых катодах, образование субионов в расплаве рассматривается, как правило, протекающим по реакции  $2M + M^+ = M_2^+$  или  $Me + Me^{2+} = 2Me^+$ . В то же время в прикатодном слое равновесная (максимально возможная в данных условиях) концентрация или  $Me^+$ , достигается к моменту начала выделения щ.м. или щзм. т.е при  $E_{M^+/M}^p$  или  $E_{Me^+/Me}^p$ . Ступенчатое повышение  $i_k$  при использовании коммутаторного метода снятия КПК сопровождается увеличением доли субионов и увеличением отрицательной величины окислительно-восстановительных потенциалов рас-

плавов, до условия, когда достигается  $E_{Me^{2+}/Me}^p = E_{Me^{+}/Me}^p = E_{Me^{\cdot}/Me}^p$ . Дальнейшее образование субионов ограничено их диспропорционированием по реакции вида  $2Me^{+} = Me + Me^{2+}$ . Следует отметить, что согласно принципу установления в системах равновесия по всем возможным окислительно-восстановительным процессам [1], в системе устанавливается некоторый общий потенциал  $E^p$ , отвечающий образованию металлов или сплавов  $M_{(1)}$  ( $M_{(2)}$ ) или  $M(Me)$ . Образование сплавов равновероятно как за счет диспропорционирования субионов двух сортов, так и за счет совместного разряда катионов.

Растворимость щм и щзм растет в пределах подгрупп с увеличением номера элемента  $Li < Na < K$  и  $Ca < Sr < Ba$ . При совместном присутствии количество субионов каждого вида должны обеспечивать одинаковые потенциалы. Начало выделения обеспечивается достижением  $E^p$  более положительным металлом. Например, в  $(K-Na)Cl$  это  $E_{Na^{+}/Na}^p$ , в паре  $LiCl-CaCl_2$  это  $E_{Li^{+}/Li}^p$ ,  $KCl-CaCl_2$  это  $E_{Ca^{2+}/Ca}^p$ . Характерно, что выделение одного из металлов на индифферентной подложке (Mo) делает катод неиндифферентным, особенно при возможности образования двойного (тройного) жидкого сплава. Нами оценены, например составы сплавов  $K(Na)$  при поляризации  $(Na-K)Cl$  на Mo катоде, сплава  $Ca(Li)$  в расплаве  $LiCl - 0,2$  мол.дол  $CaCl_2$ . Сплавы  $Ca(K)$  в расплавах  $KCl-CaCl_2$  (при  $X CaCl_2 = 0,26$  или  $0,74$ ), не образуется.

Установлено, что в многокомпонентных расплавах на Mo катоде достигаются  $i_{ост}$  заметно большие, чем при использовании жидких катодов. В отдельных случаях катодный осадок при 973К может быть твердым или жидким металлом (в системе  $K-Ca$  металлы не смешиваются как в жидкой, так и твердых фазах). В расплавах  $KCl-CaCl_2$ , при  $X CaCl_2 = 0,26$  или  $0,74$  мол.дол  $E_{Ca^{2+}/Ca}^p$  составляет  $-3,490$  В или  $-3,412$  В, соответственно, при  $T=973$ К. Величина  $E_{K^{+}/K}^p$  в этих же расплавах составляет  $-3,563$  В и  $-3,651$  В. При отсутствии сплавообразования,  $Ca$  и  $K$  могут выделяться только при своих равновесных потенциалах. Поскольку равновесные потенциалы  $Ca$  заметно, на  $0,073$ В и  $0,240$ В положительнее, чем  $K$ , то наиболее вероятно выделение кальция в твердом виде, из обоих расплавов.

*Работа поддержана грантом Правительства Тульской области ДС/265 от 26.10.2021 г.*

#### Литература

1. Смирнов М.В. Электродные потенциалы в расплавленных хлоридах. - М.: Наука, 1973.-247 с.



2. Зайков Ю.П., Кожевников В.Г., Ивановский Л.Е. Взаимодействие кальция и медно-кальциевого сплава с расплавленным хлоридом кальция // Расплавы.-1989.-№3.-С.92-94.

УДК 66-932.3

*Харитонов Н.П., Верниченко Д.Г., Слепенчук Н.Д., Мусеев М.М.*  
(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И.Менделеева)

### **МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ РАЗЪЕМНЫХ И НЕРАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

АО «НАК «Азот» поставило задачу в решении проблем с разъемными и неразъемными соединениями. Из-за частых появлений пропусков на трубопроводах и оборудовании останавливается производство продукции. Простои на предприятии составляют 35 тысяч тонн продукции в год, а ориентировочная частота остановок оборудования для ремонта неразъемных и разъемных соединений составляет 2-3 случая в месяц. Этому способствует едкая химическая среда и высокие давления.

За счет различной химической среды, внешнего воздействия и других факторов невозможно и нереально полностью спрогнозировать износ труб и места появления утечек.

Разъемное соединение - совокупность конструктивных деталей, обеспечивающих возможность соединения-разъединения концов труб и герметичность мест стыка труб (соединяемых деталей) в условиях эксплуатации, включающая в себя уплотнение (уплотнительное соединение) и крепежные элементы. Неразъемные соединения – соединения двух или нескольких деталей, которые нельзя разъединить без их разрушения или без разрушения связывающих их элементов.

Проанализировав данные, мы предлагаем следующий комплекс решений: акустические методы поиска утечек, уплотнительные материалы, бандажирование.

Акустический способ определения утечек состоит в «прослушивании» шума от трубопровода с поверхности. Оператор при помощи геофона (акустического течеискателя) слушает шум с поверхности, перемещаясь по трассе трубопровода. В месте протечки труб этот шум приобретает особый характер и наибольшую интенсивность.

Для надежной герметизации оборудования, работающего в агрессивных средах, была разработана уникальная технология покрытия графитовой основы фторопластовой пленкой. Графито-фторопластовые уплотнения, изготовленные по этой запатентованной технологии, обладают пластичностью и упругостью графита, а за счет фторопластового покрытия уплотнения отличаются стойкостью к химическому воздействию и механическим повреждениям.

Суть технологии бандажирования заключается в комплексном применении специального бандаж и уникальных компаундов на основе синтетического каучука. Зажим устанавливается на место утечки и создает герметичную полость вокруг повреждения. В зависимости от сложности утечка может быть устранена в срок от суток до нескольких недель.

Эффект от внедрения предлагаемого варианта решения: скорость и эффективность выявления утечек возрастет в несколько раз; количество остановок предприятия снизится до 2-3 раз в год по плану капремонта. Количество потерянной продукции будет снижено за счет своевременного устранения утечки. Современные уплотнительные материалы увеличивают службу разъёмных соединений на долгое время.

УДК 661.657.5

*Харитонов Н.П., Добрыднев С.В.*

(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И.Менделеева)

### **ИССЛЕДОВАНИЕ И СИНТЕЗ ГЕКСАГОНАЛЬНОГО НИТРИДА БОРА**

Гексагональный нитрид бора нашел широкое применение в промышленности, благодаря уникальному спектру своих физико-химических характеристик: электрическое сопротивление, адгезионные свойства, прозрачность для токов высокой частоты, химическая устойчивость, тугоплавкость, низкий коэффициент трения, способность отражать свет и т. д. Особая кристаллическая структура обеспечивает материалу отличные смазывающие свойства, намного превосходящие графит и другие смазочные материалы. В авиационном производстве белый графит незаменимый для создания термостойких компаундов, обладающих хорошей адгезией к металлическим средам (алюминиевой, оловянной и прочим). Благодаря таким свойствам, как большое сечение захвата и высокая термостабильность, гексагональный нитрид бора способен поглощать нейтроны в атомных реакторах, где он используется для изготовления нейтронопоглощающих контейнеров и регулирующих стержней [1]. В промышленных условиях нитрид бора получают способами самораспространяющегося высокотемпературного и пиролитического синтезов [2, 3], однако перспективным с экономической и технологической точек зрения является карботермический синтез.

Целью проведения исследований являлось изучение состава исходной шихты на синтез гексагонального нитрида бора по карботермической технологии.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие основные задачи: отработать методику подготовки исходной шихты и технологический режим ее обработки.

Карботермическая технология получения нитрида бора основывается на реакции синтеза из простых веществ ( $B+N_2$ ) [4]. Элементарный бор образуется в результате восстановления кислородных соединений бора ( $B_2O_3$ ,  $H_3BO_3$ ,  $HBO_2$ ,  $Na_2B_4O_7$ ,  $Na_6B_4O_9$ ,  $NaBO_2$ ,  $B(OCH_3)_3$ ), а затем протекает реакция азотирования-восстановления газообразными  $NH_3$ ,  $N_2$  или азотсодержащими органическими соединениями. Данный метод позволяет использовать дешевое сырье, простую аппаратуру и имеет низкое энергопотребление. В качестве азотирующих агентов также можно использовать карбамид, тиосемикарбазит, меламин, цианамид, роданид аммония, хлорид аммония.

Методика получения гексагонального BN включала приготовление шихты состава: борная кислота – 33,3 масс. %; CaO – 33,3 масс. %; карбамид – 33,3 масс. % (помол на шаровой мельнице) и последующий ее нагрев до  $800^\circ C$  в течение 3 часов и изотермической выдержки в течение 1 часа. Полученная смесь растиралась в ступке с коллоидным графитом (ТУ 113-08-48-63-90) 16 г, а затем нагревалась до  $1200^\circ C$  в течение 3 часов и выдерживалась при этой температуре в течение 1 часа. Полученный продукт тщательно отмывался от непрореагировавших борного ангидрида и оксида кальция 0,01 М HCl, сушился при температуре  $120^\circ C$  в течение 6 часов. Идентификацию синтезированных соединений проводили рентгенофазовым анализом (РФА) на дифрактометре ДРОН – 2 (Cu, Ka - излучение,  $\lambda=1,54 \text{ \AA}$ , графитовый монохроматор на отражённом луче) со скоростью сканирования 2 град/мин. Результаты идентификации фазы образца с использованием базы данных JCPDS показали, что продуктом синтеза является гексагональный нитрид бора.

В работе [5] установлено, что при использовании в карботермическом методе получения BN сахарозы, как источника углерода, нитрид бора образуется уже при  $T = 1000^\circ C$ , а при  $T \geq 1200^\circ C$  в продукте синтеза, наряду с частицами в форме пластин, образуются и нанотрубки. Дальнейшими электронно-микроскопическими исследованиями выявлено, что в таких условиях синтеза в интервале  $T = 1100\text{—}1450^\circ C$  формируется большое множество разнообразных частиц, отличающихся размером, морфологией, фазовым составом и субструктурой. Как считают авторы [5] турбостратный нитрид бора образуется при карботермическом синтезе по реакции  $2B_2O_3+3C+2N_2 \Rightarrow 4BN+3CO_2$  или возможно с участием карбида бора, образующегося по твердофазной реакции. На начальной стадии формирования нитрида бора в системе всегда имеется остаточный непрореагировавший

оксид бора. Уже при  $T=1100^{\circ}\text{C}$  проходит испарение  $\text{B}_2\text{O}_3$ . При этом газовая фаза содержит, наряду с  $\text{B}_2\text{O}_3$ , также  $\text{BO}$ ,  $\text{B}_2\text{O}_2$ ,  $\text{BO}^+$ ,  $\text{B}^+$ . Взаимодействие этих составляющих с  $\text{CO}$  и азотом может приводить к образованию в газовой фазе кластеров нитрида бора, скорее всего, в форме молекул, в том числе и имеющих фуллереноподобную структуру.

Таким образом, применение карбамида в карботермическом методе получения нитрида бора, как источника углерода и азота, позволяет получать наноразмерные частицы гексагонального BN.

### *Литература*

1. Перевислов С.Н. Структура, свойства и области применения графитоподобного гексагонального нитрида бора. Новые огнеупоры. 2019;(6):35-40.

2. Дудченко Н.В., Червоний И.Ф. Исследование технологии гексагонального нитрида бора. Scientific Journal «ScienceRise» №12/2(29)2016:31-34.

3. Пат. RU 2033964. Пиролитический нитрид бора и способ его получения. МПК C01B21/064 / Артур Вильям Мур [GB]; заявитель и патентообладатель Юнион Карбайд Коатингс Сервис Текнолоджи Корпорейшен (US).- №4743242/26; заявл. 01.03.1990; опубл. 30.04.1995.

4. Самсонов Г.В. Нитриды. Академия наук Украинской ССР. — К.: Наук. думка, 1987. — 231-258 с.

5. В. И. Ляшенко, Г. С. Олейник, А. В. Котко, и др. Особенности структуры частиц нитрида бора, получаемого методом карботермического синтеза Электронная микроскопия и прочность материалов: Сб. научн. тр. — К.: ИПМ НАН Украины, 2008. — Вип. 15. — С. 99-113.

УДК: 661.66

*Матузенко М. В., Клочков А. Н., Добрыднєв С. В.*

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)

### **ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИЯ МНОГОСТЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК В ВОДНОМ РАСТВОРЕ АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ**

В составе композитов на основе полярных полимерных матриц целесообразно использовать углеродные нанотрубки, функционализированные кислородсодержащими группами. Обычно их получают в процессе обработки УНТ окисляющими кислотами и смесями на их основе. Жидкофазная окислительная функционализация обладает рядом преимуществ перед газофазной обработкой УНТ. Во-первых, она позволяет значительно сократить расход сырья, а также отходов, требующих утилизации, т.е. решить актуальную задачу ресурсосбереже-

ния. Во-вторых, она является более щадящей по отношению к морфологии УНТ и их поверхностной целостности [1]. Для качественного определения функциональных групп широко используют методы рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС), инфракрасной (ИК) спектроскопии, термопрограммируемой десорбции, ядерного магнитного резонанса (ЯМР) [2, 3]. В частности, на ИК-спектрах фиксируются пики, по положению и глубине (площади) которых можно идентифицировать тип химических связей и функциональные группы, в которых имеются такие связи. Поэтому метод ИК-Фурье - спектроскопии используется как методика качественной оценки функциональных групп на поверхности углеродных материалов.

Цель работы – исследовать процесс окислительной функционализации многостенных углеродных нанотрубок в водном растворе азотной кислоты методом ИК-спектроскопии.

Исследования выполнены с использованием многостенных углеродных нанотрубок марки «Таунит», производства ООО «НаноТех-Центр» (г. Тамбов), синтезированные CVD-методом в реакторе с нагреваемой подложкой.

Параметры	«Таунит»
Наружный диаметр, нм	20-70
Внутренний диаметр, нм	5-10
Длина, дм	2 и более
Общий объем примесей (%) (после очистки)	до 5 (д° 1)
Насыпная плотность, г/см	0,4-0,6
Удельная геометрическая поверхность, м <sup>2</sup> /г	120-130 и более

Объекты исследовались методом молекулярной спектроскопии в области инфракрасного излучения, с использованием ИК-Фурье спектрометра ФСФ 1201.

Регистрация спектров производилась по программе, заложенной в память компьютера прибора. Количество сканов - 20. Разрешение - 4 см<sup>-1</sup>. Усиление - 3.

Проба углеродных нанотрубок помещалась в агатовую микроступку, где растиралась с бромистым калием в среде хлороформа. Степень измельчения контролировали в поле зрения микроскопа МБС-10 (увеличение в 56 раз). После тщательного растирания полученную смесь прессовали в микротаблетку. Исследования проводили в волновом диапазоне 4000 - 550 см<sup>-1</sup>.

ИК-спектр МУНТ «Таунит» представлены на рис. 1.

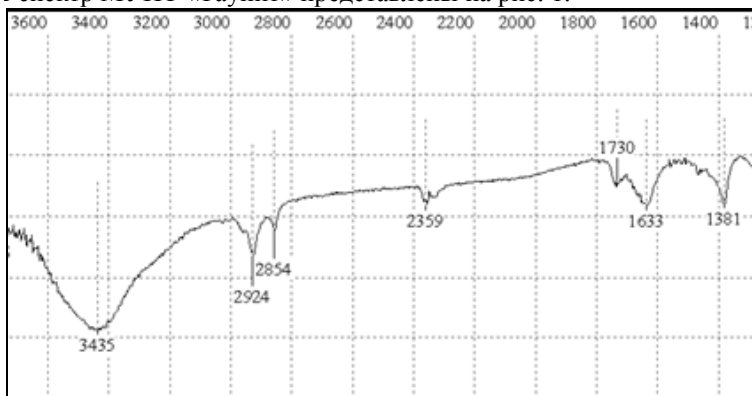


Рис. 1 ИК-спектр многостенных углеродных нанотрубок «Таунит».

Как видно из спектральных данных показанных на рис. 1 на поверхности МУНТ «Таунит» наличие пиков соответствующих связям С-Н ( $2924$  и  $2854$   $\text{cm}^{-1}$ ), О-Н ( $3435$  и  $1381$   $\text{cm}^{-1}$ ), С=О ( $2359$  и  $1730$   $\text{cm}^{-1}$ ) свидетельствует о присутствии в синтезированных МУНТ алкильных групп, которые являются остатками молекул углеводородов, применяемых в CVD- процессе, и кислородсодержащие группы, которые могут возникнуть за счет частичного окисления разбавленной азотной кислотой, которая используется для очистки материала от примесей металлоксидного катализатора. Однако площадь всех идентифицируемых пиков достаточно мала, следовательно, количество возможных функциональных групп на поверхности МУНТ «Таунит» весьма незначительно.

Жидкофазное окисление осуществляли выдерживанием при перемешивании навески МУНТ в 1 М азотной кислоте в течение 48 часов. По окончании обработки МУНТ отделяли от кислоты фильтрованием и промывали дистиллированной водой до нейтрального рН, а затем высушивали в сушильном шкафу при  $60^\circ\text{C}$  в течение 24 часов (контроль по массе материала).

ИК-спектр МУНТ «Таунит» после окисления в 1 М водном растворе азотной кислоты представлен на рис. 2.

Азотная кислота является весьма активным окислителем, в связи с чем ее широко используют для функционализации поверхности углеродных наноматериалов кислородсодержащими группами. Помимо этого обработка углеродных нанотрубок в  $\text{HNO}_3$  способствует открытию их концов, очистке от примесей металлоксидных катализаторов и укорочению [4]. Однако часто окисление УНТ при кипячении в агрес-

сивных кислотах приводит к структурным повреждениям [5], поэтому процесс проводился в 1М HNO<sub>3</sub>, хотя повышение степени функционализации требует увеличения времени его протекания.

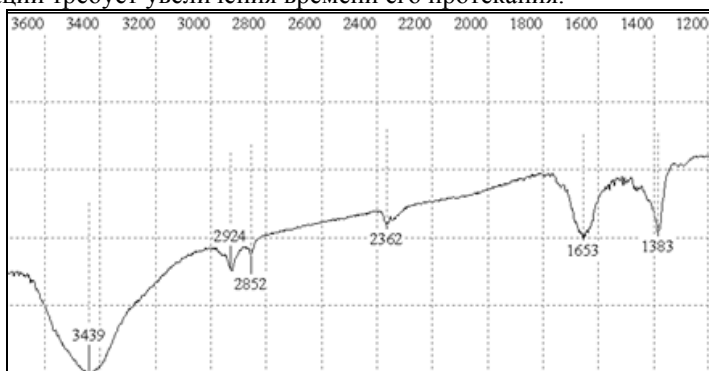
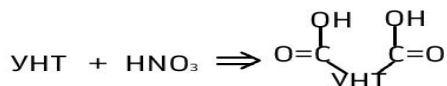


Рис. 2 ИК-спектр многостенных углеродных нанотрубок «Таунит» после окисления в 1 М водном растворе азотной кислоты.

Углеродные нанотрубки окисляются азотной кислотой с образованием 2-х карбоксильных групп:



Как видно из рис. 1 и 2 на спектрограммах присутствуют пики поглощения, обусловленные наличием различных связей, которые для последующего обсуждения полученных результатов сведены в таблицу.

Таблица

МУНТ «Таунит» до и после окисления азотной кислотой

Исследуемый образец	Максимумы пиков в ИК спектре, см <sup>-1</sup>						
	МУНТ «Таунит» (товарный продукт)	3435	2924	2854	2359	1730	1633
Функциональная группа	O-H	C-H	C-H	C=O	C=O	C=C	O-H
МУНТ «Таунит» после окисления азотной кислотой	3439	2924	2852	2362		1653	1383
Функциональная группа	O-H	C-H	C-H	C=O		C=N	N-O

Идентификация положения максимумов пиков конкретной функциональной группе (связи) проводилась в соответствии с таблицей спектральных данных [6]. Сопоставление данных приведенных в таблице позволяет объяснить протекание реакций окисления МУНТ азотной кислотой с образованием функциональных групп. Из анализа данных представленных в таблице следует, что карбоксильным группам соответствует пик поглощения  $2362\text{ см}^{-1}$ , а в результате реакции нитрования на поверхности МУНТ появляются связи  $\text{C}=\text{N}$  ( $1653\text{ см}^{-1}$ ) и  $\text{N}-\text{O}$  ( $1383\text{ см}^{-1}$ ).

Таким образом, можно сделать следующее заключение о процессе функционализации кислородсодержащими группами многостенных углеродных нанотрубок «Таунит» в водном растворе азотной кислоты:

1) образование карбоксильных групп происходит в результате окисления карбонильной группы  $\text{C}=\text{O}$  ( $1730\text{ см}^{-1}$ );

2) реакции нитрования протекает по группам  $\text{C}=\text{C}$  ( $1633\text{ см}^{-1}$ ) и  $\text{O}-\text{H}$  ( $1381\text{ см}^{-1}$ ) в результате чего появляются функциональные группы  $\text{C}=\text{N}$  ( $1653\text{ см}^{-1}$ ) и  $\text{N}-\text{O}$  ( $1383\text{ см}^{-1}$ ).

### *Литература*

1. Мищенко, С.В. Углеродные наноматериалы. Производство, свойства, применение. / С.В. Мищенко, А.Г. Ткачев. // М.: Машиностроение. - 2008. - 320 с.
2. Shen, W. Surface Chemical Functional Groups Modification of Porous Carbon / W. Shen, Z. Li, Y. Liu // Recent Patents on Chemical Engineering. - 2008. - Vol. 1. - P. 27 - 40
3. Mattson, J. S. Identification of Surface Functional Groups on Active Carbon by Infrared Internal Reflection Spectrophotometric / J. S. Mattson, H.B. Mark, W.J. Weber // Analytical Chemistry. - 1969. - Vol. 41. - P. 355 - 358.
4. Zhang, J. Effect of Chemical Oxidation on the Structure of Single-Walled Carbon Nanotubes / J.Zhang, H. Zou, Q. Qing et al. // J. Phys. Chem. B. - 2003. - V. 107. - P. 3712 - 3718
5. Datsyuk, V. Chemical Oxidation of Multi Walled Carbon Nanotubes / V. Datsyuk, M. Kalyva, K. Papagelis, J. Parthenios, D. Tasis, A. Siokou, I. Kallitsis, Galiotis // Carbon. - 2008. - V. 46. - P. 833-840.
6. Преч Э., Бюльманн Ф., Аффольтер К. Определение строения органических соединений. Таблицы спектральных данных./ Structure Determination of Organic Compounds. Tables of Spectral Data / Пер. с англ. Б. Н. Тарасевича. — Бином. Лаборатория знаний, 2006. - С. 440.



УДК 546.8

*Ильина Т.А., Дедов Н.А., Щукина И.А., Минаева В.А., Иванов А.И.,  
Орлова Е. А, Костылева Е.И.*

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

## **ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ ДИОКСИДОВ КРЕМНИЯ И ТИТАНА**

Материалы, на основе наночастиц диоксида титана и диоксида кремния обладают уникальными фотокаталитическими свойствами, благодаря которым они используются для разложения органических и неорганических отходов, дезактивации вирусов, бактерий. Помимо этого, пирогенные и осажденные  $\text{TiO}_2$  и  $\text{SiO}_2$  используют в качестве сорбентов, наполнителей полимеров, стабилизаторов эмульсий, загустителей дисперсионных сред. Одним из способов повышения эффективности фотоиндуцированного разложения частицами  $\text{TiO}_2$  является их легирование соединениями переходных металлов для достижения фотокаталитической активности (ФКА) в видимом диапазоне электромагнитного излучения. Составы на основе  $\text{TiO}_2$ , содержащие  $\text{SiO}_2$  обладают улучшенными эксплуатационными характеристиками. Основными параметрами, влияющими на свойства получаемых материалов, являются размеры частиц химический состав поверхностного слоя, способ введения в получаемую композицию.

В работе изучен способ получения наночастиц диоксида  $\text{TiO}_2$  и  $\text{SiO}_2$  совместным гидролизом тетрабутоксититана (ТЭОС) и тетраэтоксисилана (ТБТ) в УЗ-поле. Продукты реакции охарактеризованы различными физико-химическими методами. Проведено исследование ФКА полученной композитной матрицы  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$  в качестве катализатора разложения органических загрязнений под действием УФ-излучения. Наилучшие результаты получены для составов, взятых в соотношении  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$  – 2:1.

Далее, в работе проведена модификация смеси соединениями переходных металлов (ванадия, гафния и циркония) для достижения фотокаталитической активности (ФКА) диоксида титана в видимом диапазоне электромагнитного излучения на примере разложения органического красителя родамина-Ж. Выявлено, что понижение относительной оптической плотности красителя первых 75 минут при воздействии светового потока с ( $\lambda \leq 400$  нм), при этом ФКА показывают немодифицированные составы  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ , а также катализаторы, легированные оксидами Hf, V, Zr. При воздействии светового потока при  $\lambda > 400$  нм, только легированные частицы проявляют высокую ФКА.

УДК 546.8

*Капштык В.Н., Ильина Т.А., Дедов Н.А., Шукина И.А., Меер К.Е.,  
Шевченко Ю.Т., Костылева Е.И.*

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

**КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИЕ ЭМУЛЬСИИ,  
СТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ ЛЕГИРОВАННЫМИ  
НАНОЧАСТИЦАМИ**

Одним из основных направлений применения кремнийорганических соединений является получение на их основе водоотталкивающих защитных покрытий, так как почти все процессы разрушения материалов, эксплуатирующихся в естественных условиях, связаны с воздействием на них влаги и водных растворов. Для защиты различных поверхностей от органических загрязнений используют диоксид титана, который обладает фотокаталитической активностью (ФКА) при УФ-облучении. Ключевым механизмом фотокатализа диоксида титана является образование активных форм кислорода на его поверхности. Наносить данные наночастицы на подложку в промышленных масштабах известными методами достаточно трудоемко. В работе изучен способ создания защитного покрытия из легированных  $\text{TiO}_2$  и  $\text{SiO}_2$  на поверхности капрона и древесины путем формирования тонкой гидрофобной пленки из полиорганосилоксановой эмульсии, содержащей данные частицы в качестве стабилизаторов. При этом создается водоотталкивающий слой, способный разлагать органические загрязнения под действием солнечного излучения.

В работе получены составы на основе водной эмульсии олигометилгидридсилоксана, с использованием легированных наночастиц диоксидов кремния и титана в качестве стабилизаторов. Была проведена оценка ФКА полученных составов по обесцвечиванию органического красителя родамина-Ж под действием УФ- и видимого света. Растворы эмульсий, содержащих модифицированные переходными металлами  $\text{TiO}_2$  и  $\text{SiO}_2$ , показывают высокие результаты по фотодеградации красителя под действием электромагнитного излучения в УФ- и видимом диапазоне.

Выявлено, что покрытия на древесине и полиамидной ткани, полученные с использованием водных кремнийорганических эмульсий, содержащих наночастицы модифицированных  $\text{TiO}_2$  и  $\text{SiO}_2$ , обладают высокими водоотталкивающими свойствами, а также выполняют функцию фотокатализаторов. Они защищают обрабатываемую поверхность от органических загрязнений и придают бактерицидные свойства.

УДК 541.12

*Гусева А.А., Иваненко О.И., Непряхина Е.Н.*

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

## **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЯНТАРНОЙ КИСЛОТЫ КАК ИММУНОМОДУЛЯТОРА РАСТЕНИЙ**

Многие живые организмы в экстремальных условиях начинают интенсивно синтезировать янтарную кислоту, которая помогает им успешно защищаться от неблагоприятных факторов внешней среды.

В ходе исследовательской работы была получена янтарная кислота путем экстракции в этиловом спирте. Для идентификации продукта использовали метод ИК-спектроскопии. Характерным для ИК-спектров янтарной кислоты является мультиплетная природа полосы карбонильной группы –  $1710 \text{ см}^{-1}$ . Она имеет сложный контур: перегиб на высокочастотном крыле указывает на неразрешенную компоненту. Слабый максимум наблюдается также при  $1840 \text{ см}^{-1}$ .

Проведены химико-биологические исследования, с целью выяснения влияния янтарной кислоты на повышение иммунитета растений. Доказано, что томаты, получившие определенные дозы янтарной кислоты при поливе, развивались примерно в 2 раза быстрее, чем их аналоги без добавок. Растения были более мощными и здоровыми. Янтарная кислота снижает заболеваемость и помогает восстановлению после устранения инфекции или воздействия вредителей. Янтарная кислота — это витаминная добавка к питательному рациону, катализатор, способствующий повышению активности живущих в грунте микроорганизмов. Полив растворами янтарной кислоты существенно увеличивает скорость переработки удобрений в самую доступную растениям форму. В качестве экологического мониторинга проведены испытания янтарной кислоты, как стимулятора и ускорителя всхожести семян. В качестве тест-объекта использовали семена кресс-салата. Показано, что обработка семян янтарной кислотой приводит к увеличению всхожести на 130%.

В лекарственных препаратах янтарная кислота применяется в качестве активного вещества как метаболическое средство, улучшающее метаболизм и энергообеспечение тканей, уменьшающее гипоксию тканей. Благодаря своему природному происхождению янтарная кислота способна оказывать лечебно-профилактическое воздействие на живые организмы, в том числе и на организм человека.

Новикова С.Н., Черненко С.В., Селина В.А., Новиков А.Н.  
(Новомосковский институт РХТУ имени Д.И.Менделеева)  
**ОБЪЕМНЫЕ СВОЙСТВА РАСТВОРОВ ЭЛЕКТРОЛИТОВ В  
СМЕСЯХ ДИМЕТИЛСУЛЬФОКСИД– ВОДА ПРИ 298,15 К**

Исследование физико-химических свойств растворов на основе неводных растворителей представляет как теоретический, так и прикладной интерес. В работе [1] на основании экспериментального исследования теплоемкости и объемных свойств растворов KI–N-метилпирролидон(МП)–H<sub>2</sub>O установлено, что особенности структуры смешанного растворителя МП–вода находят отражение и в свойствах трехкомпонентных систем. Представляет интерес исследование ион-молекулярных взаимодействий в другом смешанном растворителе, поэтому в данной работе прецизионным пикнометрическим методом с погрешностью  $1 \cdot 10^{-5}$  г·см<sup>-3</sup> экспериментально измерены плотности ( $\rho$ ) растворов трехкомпонентных систем иодид аммония – ДМСО – вода во всем интервале составов смешанного растворителя при 298,15 К.

На основании экспериментальных данных были вычислены кажущиеся молярные объемы  $\Phi_v$  иодида аммония в смесях ДМСО–вода, концентрационные зависимости которых описываются уравнением Мэссона. Для нахождения стандартных парциальных молярных объемов  $\bar{V}_2^o$  иодида аммония в смесях ДМСО–вода, соответствующих постоянно бесконечно разбавленного раствора, зависимости  $\Phi_v = f(m^{1/2})$  аппроксимированы уравнениями линейной регрессии. Зависимость  $\bar{V}_2^o$  иодида аммония в смесях ДМСО–вода имеет экстремум, расположенный в области составов  $X_{\text{ДМСО}} \sim 0,3$ . Такой характер зависимости  $\bar{V}_2^o = f(X_{\text{ДМСО}})$  указывает на то, что имеющее место в бинарной системе ДМСО–H<sub>2</sub>O специфическое взаимодействие компонентов, приводящее к образованию наиболее устойчивого из возможных ассоциатов состава ДМСО·2H<sub>2</sub>O [2], является определяющим и при формировании трехкомпонентных растворов NH<sub>4</sub>I – ДМСО – H<sub>2</sub>O. Присутствие электролита не меняет знак отклонений объемов от аддитивности, но приводит к уменьшению величины этих отклонений, причем наиболее резко в смесях с содержанием  $X_{\text{ДМСО}} = 0,3-0,5$ .

1. А.Н. Новиков. *Журнал физ. химии*, 2014, **88**, 1457–1461.
2. R.L. Mancera, M. Chalaris, J. Samios. *J. Molec. Liq.*, 2004, **110**, 135-147.

УДК 541.8:532.14

*Стародуб А.Н., Морозова С.С., Измайлова К.А., Новиков А.Н.*

(Новомосковский институт РХТУ имени Д.И.Менделеева)

**ОБЪЕМНЫЕ ВКЛАДЫ ФРАГМЕНТОВ МОЛЕКУЛ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В N-МЕТИЛПИРРОЛИДОНЕ  
ПРИ 298,15 К**

Одним из возможных методов определения объемных характеристик органических соединений является аддитивный расчет. Поэтому в данной работе предпринята попытка определения объемных вкладов фрагментов молекул на основе исследования плотности растворов алканов в N-метилпирролидоне (МП).

Пикнометрическим методом повышенной точности с погрешностью  $\pm 1 \cdot 10^{-5}$  г·см<sup>-3</sup> при 298,15 К были исследованы плотности растворов ряда алканов в МП. МП квалификации «ч» высушивали молекулярными ситами марки «4А» и подвергали двукратной перегонке под вакуумом. Содержание воды в образцах МП не превышало 0,02 масс.%. Алканы подвергали тщательной очистке и осушке по стандартным методикам.

На основании экспериментальных данных о плотности растворов рассчитаны кажущиеся мольные объемы  $\Phi_v$  алканов в МП. Концентрационные зависимости  $\Phi_v$  для всех исследованных систем близки к линейным. Их экстраполяцией к состоянию бесконечного разбавления были определены важные термодинамические константы - стандартные парциальные мольные объемы  $\bar{V}_2^o = \Phi_v^o$  алканов в МП. Анализ полученных данных позволил установить, что величины  $\bar{V}_2^o$  закономерно увеличиваются с ростом длины углеводородной цепи, причем зависимости  $\bar{V}_2^o$  от числа метиленовых (-CH<sub>2</sub>-) групп линейны:

$$\bar{V}_2^o = a + b n, \quad (1)$$

где n - число CH<sub>2</sub>-групп в молекуле алкана, a, b - эмпирические коэффициенты.

Значение коэффициента b в уравнении (1) соответствует вкладу одной CH<sub>2</sub>-группы в величину  $\bar{V}_2^o$ , которое составило  $\delta_{v(CH_2)} = 17,0 \pm 0,2$  см<sup>3</sup>·моль<sup>-1</sup>. Далее на основании правила аддитивности был рассчитан объемный вклад метильной группы, значение которого составило  $\delta_{v(CH_3)} = 29,8 \pm 0,2$  см<sup>3</sup>·моль<sup>-1</sup>.

УДК 661.5

*Архипова П.С., Букиша Т.А., Попова Е.А.,  
Сергеева Е.В., Дорохин С.В., Новиков А.Н.*

(Центр детского научного и инженерно-технического творчества  
"Квант", Новомосковский институт РХТУ имени Д.И.Менделеева)

### **КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ АЗОТА В ОБРАЗЦАХ МОДИФИЦИРОВАННОГО КАРБАМИДА**

Карбамид  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  представляет собой вещество, имеющее громадное значение при обмене веществ в животных организмах, а также в качестве азотного удобрения. В настоящее время существует проблема повышения усвояемости удобрений, поэтому предпринимаются попытки повышения эффективности минерального питания растений особенно в условиях неблагоприятного воздействия внешней среды (засуха, засоление почвы и др.) за счет добавок определенных компонентов, в частности биологически активными гуминовыми препаратами.

Известен способ получения минерального удобрения в гуматовой оболочке, в котором минеральную основу удобрения опрыскивают гуминовым препаратом, например водным раствором гумата калия. Недостатком такого гуматизированного удобрения и способа его получения является высокий расход удобрения вследствие того, что они не обеспечивают оптимального усвоения растениями минеральной основы удобрения из-за низкого содержания гуматов в оболочке в результате отслоения ее от гранул удобрения в процессе хранения, транспортировки и внесения удобрения в почву. Поэтому представляет определенный интерес измерение количественного содержания азота в удобрениях, обработанных гуминовым препаратом.

Для определения количественного содержания азота в образцах модифицированного карбамида был использован метод Кельдаля. Анализируемые образцы обрабатывали серной кислотой. На второй стадии аммиак из сульфата аммония вытесняли раствором щелочи и отгоняли в раствор кислоты точно известной концентрации. Избыток кислоты, не вступивший в реакцию с аммиаком оттитровывали раствором щелочи.

Проведен анализ полученных результатов и сделан вывод о влиянии режима опрыскивания удобрения гуминовым препаратом на содержание азота в образцах модифицированного карбамида.

*Работа выполнена при поддержке благотворительного фонда Андрея Мельниченко.*

УДК 615.014

*Круглов А.А., Мещерякова В.А., Сухинина О.А.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

## **СЕРА И ЕЕ СОЕДИНЕНИЯ В ФАРМАЦИИ**

Сера – один из самых известных элементов. В природе существует в свободной форме и входит в состав различных соединений. Сера также является важнейшим элементом в современной фармации. Особые свойства серы, такие как антисептические и антипаразитарные делают её незаменимым компонентом многих лекарственных препаратов.

В медицинской практике лекарственные препараты на основе серо-содержащих веществ применяются как в профилактических, так и в терапевтических целях, в основном для устранения кожных поражений. Наружно в виде мазей и присыпок применяют осажденную серу, как индивидуальное лекарственное средство, так и виде мазей. Мазь серно-нафталанная, пасты серно-цинко-нафталанная, салицилово-серно-цинковая используются для лечения многих кожных заболеваний, снятия проявлений аллергической реакции на коже, лечения чесотки.

Одним из довольно известных химических соединений серы, широко используемых в фармации, является тиосульфат натрия. Лекарственные препараты на его основе применяются как десенсибилизирующие, противовоспалительные и антитоксические лекарственные средства. В лекарственной форме тиосульфат натрия используется в виде порошка, 30%-ного раствора для внутреннего применения (перорально и для инъекций) и 60%-ного раствора для наружного применения. Антитоксическое действие основано на уникальной способности этого лекарственного средства образовывать неядовитые соединения с мышьяком, таллием, ртутью, свинцом. Тиосульфат-ион создает стабильные комплексы, которые являются малотоксичными и выводятся из организма. Обладает свойствами антидота по отношению к анилину, бензолу, йоду, бром, меди, синильной кислоте, сулеме, фенолам и многим другим веществам. Применяется в терапии невралгий, артритов, аллергий.

При изготовлении лекарственных форм обязателен контроль качества согласно статьям Государственной фармакопеи, нормирующей качество лекарственных средств. В настоящей работе синтезирован тиосульфат натрия, проведен его качественный и количественный анализ, а также оценка соответствия качества требованиям Государственной фармакопеи.

**ЭНТЕРОСОРБЕНТЫ В ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

Энтеросорбенты – это лекарственные средства, способные адсорбировать в пищеварительном тракте различные химические вещества и биологические объекты эндо- и экзогенного происхождения, не вступая с ними в химическую реакцию. Энтеросорбенты представляют собой достаточно разнообразную группу лекарственных средств. Они имеют существенные отличия по различным критериям, таким как эффективность, безопасность, удобство применения, особенности производимого эффекта.

Анализ представленных на рынке энтеросорбентов показал различие их эффективности в зависимости от структуры и радиуса пор, площади активной поверхности сорбента и его сорбционной ёмкости. Наибольшей площадью активной поверхности абсорбции на 1 грамм вещества обладают энтеросорбенты IV поколения на основе диоксида кремния, при этом препараты на его основе сохраняют нормальные компоненты флоры ЖКТ, не нарушая пищеварения. Следует отметить, что природу поверхности частиц оксида кремния, и таким образом, избирательность адсорбции можно регулировать в широком интервале за счет изменения технологии процесса гидролитической поликонденсации.

На данный момент существуют доказательства, что введение наночастиц диоксида титана в различные лекарственные композиции может привести к увеличению противомикробной и противовирусной активности действующих компонентов состава. Переход на наноразмерный уровень частиц оксида титана позволяет существенно повысить его активность в лекарственных препаратах, уменьшить дозировку и возможные побочные действия. Частицы такого размера могут легко проходить через биологические мембраны и ткани, которые непроницаемы для других больших частиц.

Таким образом, можно предположить, что лекарственные препараты на основе коллоидного диоксида кремния, обладающего высокой сорбционной активностью, и диоксида титана, проявляющего антисептические свойства, будут иметь актуальность и практическую значимость; стать перспективным направлением в лечении эндогенной интоксикации, при которой в организме происходит накопление как среднемолекулярных, так и низкомолекулярных токсичных метаболитов с различными физико-химическими свойствами.



*Цветкова А.В., Кондрашова А.С., Сухина О.А.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)  
**АНТАЦИДНЫЕ ЛЕКАРСТВЕННЫЕ СРЕДСТВА**

В лечении кислотозависимых заболеваний важную роль играет эффективное противодействие кислотному фактору. В комплексной терапии язвенной болезни желудка и хронического гастрита нашли широкое применение лекарственные препараты, которые обладают антацидным действием. С появлением новых различных лекарственных средств сформировалось мнение, что антацидные препараты уходят в прошлое. Но антисекреторные препараты, тормозящее кислотостимулирующее действие гистамина, не смогли решить всех проблем, и антациды снова стали рассматриваться, как важный инструмент лечения кислотозависимых заболеваний.

Антацидные лекарственные средства традиционно делят: всасывающиеся (растворимые) и невсасывающиеся (нерастворимые). Всасывающиеся антациды могут оказывать системные эффекты, невсасывающиеся — действуют преимущественно в желудочно-кишечном тракте. Большинство методов лечения подразумевают нейтрализацию соляной кислоты желудочного сока и ошелачивание содержимого желудка, вследствие чего снижается раздражающее действие желудочного сока на слизистую, уменьшается болевой синдром и активируются процессы регенерации.

В настоящее время активно разрабатываются новые комбинированные антацидные препараты, которые, кроме кислотонейтрализации, выполняют адсорбирующие и обволакивающие функции. К таким современным лекарственным препаратам относится «Сималгель», обладающий выраженным кислотонейтрализующим и буферным действием. Он эффективно адсорбирует пепсин и желчные кислоты, обволакивает слизистую оболочку и образует защитную пленку на ее поверхности. За счет эффективной высокодозовой комбинации гидроксида алюминия и гидроксида магния препарат полностью отвечает требованиям, предъявляемым к современным антацидным средствам; а входящий в его состав симетикон (полидиметилсилоксан) уменьшит клинические проявления, связанные с метеоризмом. За счет высокого содержания полидиметилсилоксана данный лекарственный препарат, уменьшает клинические проявления, связанные с метеоризмом, усиливает обволакивающий эффект антацида и выделяется в неизменном виде.

УДК 678.746.2

*Плешкевич В.Д., Коробко Е.А., Алексеев А.А.*

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СВОЙСТВ АБС-ПЛАСТИКОВ**

АБС-пластики в настоящее время являются одними из наиболее широко применяемых конструкционных термопластов, благодаря высокой жесткости и стойкости к ударным нагрузкам (в том числе при низких температурах), хорошим электроизоляционным свойствам, химической стойкости, хорошей перерабатываемости и ряду других показателей.

Рынок АБС-пластика в нашей стране представлен двумя российскими производителями: Узловским АО «Пластик» (мощность 23 тыс.т./год) и ПАО «Нижекамснефтехим» (мощность 60 тыс.т.) и рядом зарубежных компаний. Однако реальные объемы отечественного производства невелики, а доля импорта в структуре российского рынка значительна. Так, согласно данным [1], в 2019 г. объем производства составил 16,1 тыс.т., импорт – 34,6 тыс.т., доля импорта в потреблении – 69,1 % .

С учетом сложившейся в последнее время сложной геополитической и экономической ситуации вопросы импортозамещения в нашей стране становятся все более актуальными.

В этой связи исследования в области совершенствования свойств базовых марок АБС-пластиков и разработка на их основе новых материалов, отвечающих требованиям конкретных потребителей, представляют определенный научный и практический интерес.

Объектом исследования в настоящей работе явился акрилонитрил-бутадиенстирольный сополимер марки АБС-2020, производства АО «Пластик» (г. Узловая). Отмечаются достоинства и недостатки данного материала. Предложены способы совершенствования свойств указанного сополимера методами химической и физической модификации. Полученные результаты обсуждаются.

Работа выполнена в рамках научного проекта «Лаборатория «умных» материалов и технологий», номер FSSM-2021-0013 Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

### ***Литература***

1. Роман Кизимов. Рынок стирольных пластиков: факторы влияния и перспективы развития. Презентация. Москва, 2020. – [http://interplastica.ru/sites/default/files/fields/node.present.field\\_file/2020/.pdf](http://interplastica.ru/sites/default/files/fields/node.present.field_file/2020/.pdf) (дата обращения 20.04.2022).

УДК 678.01:678.742.3

*Саиф Хани Валид Наджи Ахмед, Коробко Е.А., Алексеев А.А.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

## **ХИМИЧЕСКАЯ МОДИФИКАЦИЯ АБС-СОПОЛИМЕРОВ**

Особое место в ряду полимерных материалов принадлежит полистирольным пластикам. К группе полистирольных пластиков относятся как гомополистирол, так и статистические и привитые сополимеры стирола с другими мономерами.

Среди привитых сополимеров стирола выделяются акрилонитрил-бутадиен-стирольные сополимеры (АБС-сополимеры), представляющие собой двухфазную систему, состоящую из непрерывной жесткой матрицы сополимера стирола и акрилонитрила (САН) и эластичных частиц каучука с тонким слоем привитого сополимера САН. Химическая природа и сложная морфологическая структура данных материалов предопределяет возможность их использования в качестве объектов физической и химической модификации.

Ассортимент отечественных АБС-сополимеров невелик. Невелики и возможности его расширения путем использования известных мономеров. В этой связи представляется интересным получение новых сополимеров путем химической модификации существующих продуктов, в частности, путем частичного гидролиза их нитрильных групп.

Исследования в этом направлении, проведенные ранее в Новомосковском институте РХТУ им. Д.И. Менделеева совместно с головным университетом, показали целесообразность постановки таких исследований. Настоящая работа является продолжением ранее начатых.

Объектом исследования явился АБС-сополимер марки АБС-2020 производства АО «Пластик» (г. Узловая тульской области). В качестве гидролизующего агента использовали водные растворы КОН различной концентрации. Гидролитическую обработку проводили по новой технологии. Полученные модифицированные сополимеры охарактеризованы основными технологическими и физико-механическими показателями, их новая химическая природа доказана методом ИК спектроскопии.

*Работа выполнена в рамках гранта правительства Тульской области «Разработка способа химической модификации АБС-сополимеров, обеспечивающего повышение механических показателей композитных материалов на их основе» договор №ДС/265 от 25.10.21.*

УДК 678.5

*Александров Д.А., Артамонов И.А., Ландин А.Ю., Громова А.Н.,  
Калистратова А.С., Пальникова В. А., Грушилевский Д.В., Сидяков С.А.,  
Коробко Е.А., Алексеев А.А.*

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

## **НЕКОТОРЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНЫХ ОЛИГОМЕРОВ**

Эпоксидные олигомеры, часто называемые смолами, хорошо зарекомендовали себя во многих отраслях народного хозяйства. Например, в лакокрасочной промышленности они применяются в качестве полимерной основы грунтов, лаков и эмалей, в производстве стеклопластиков и пресс-материалов – качестве связующих; в электротехнической промышленности – в качестве электроизоляционных, заливочных и пропиточных компаундов и клеев.

Свои практически ценные свойства (механическая прочность, диэлектрические характеристики, химическая стойкость, водостойкость) эпоксидные полимеры приобретают после образования пространственной полимерной структуры, т.е. после отверждения.

Отверждение эпоксидных смол осуществляется благодаря наличию в их структуре реакционноспособных эпоксидных и гидроксильных групп, что позволяет использовать в качестве отвердителей мономерные, олигомерные и полимерные соединения различных классов, варьировать режимы отверждения (температура, время) и свойства получаемых изделий. Ряд отвердителей обеспечивает формирование поперечных сшивок между макромолекулами эпоксидных олигомеров и под водой.

Важными компонентами эпоксидных материалов являются наполнители, пластификаторы и другие целевые добавки.

Ассортимент отечественных эпоксидных смол невелик. Однако многие потребности могут быть удовлетворены с использованием жидких смол ЭД-20 и ЭД-22, причем без использования пожароопасных и токсичных органических растворителей.

В настоящей работе изучено влияние рецептурных факторов (смола / аминный отвердитель / наполнитель) на свойства клеев и лакокрасочных материалов как обычного, так и подводного применения.

Работа выполнена в рамках научного проекта «Лаборатория «умных» материалов и технологий», номер FSSM-2021-0013. Министерства науки и высшего образования Российской Федерации и в рамках личной инициативы руководителей работы (Коробко Е.А. и Алексеева А.А.) при их финансовой поддержке.

УДК 678.01:678.742.3

*Саиф Хани Валид Наджи Ахмед, Коробко Е.А., Алексеев А.А.  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)*

## **АБС-ПЛАСТИКИ: РЫНОК, ПЕРСПЕКТИВЫ УВЕЛИЧЕНИЯ ОБЪЕМОВ ПРОИЗВОДСТВА И РАСШИРЕНИЯ АССОРТИМЕНТА**

В ряду известных полистирольных пластиков особую нишу занимают акрилонитрилбутадиенстирольные пластики (АБС-пластики). В отличие от ударопрочного полистирола, АБС-пластики характеризуются заметно большей ударопрочностью, что предопределило их широкое применение в практически во всех областях деятельности человека. Новой областью применения является 3D-печать. Представлена структура потребления АБС-пластиков в мире и в РФ.

Мировые мощности производства АБС-пластиков составляют около 10 млн.т, на долю стран Азии приходится около 80% (РФ 0,8%).

Ведущим мировым производителем АБС-пластиков является КНР. Ближайшие конкуренты (Ю. Корея и Тайвань) отстают более чем в два раза. Тройка ведущих игроков на мировом рынке АБС-пластиков представлена компаниями Chi Mei, Ineos и LG Chem. Доля России в общем мировом производстве АБС-пластиков около 0,2%.

В России АБС-пластики производят АО «Пластик» (г. Узловая) и ПАО «Нижекамскнефтехим» (СИБУР). Доля АО «Пластик» в общем объеме отечественной продукции составляет более 70%.

Россмйские мощности производства задействованы далеко не полностью (на 20%), особенно в ПАО «Нижекамскнефтехим». Думается, настало время не только их задействовать, но и создать новые.

Рассмотрен ассортимент и свойства отечественных АБС-пластиков и от компаний Chi Mei и LG Chem. В целом, свойства продукции АО «Пластик» и зарубежных компаний сопоставимы. Однако ассортимент продукции оставляет желать лучшего. Решение этой проблемы видится как в синтезе новых, так и создании композитов на основе уже известных марок АБС-сополимеров. Определенный интерес представляют и продукты химической модификации последних, причем, как показали результаты проведенных исследований, не только для производства изделий.

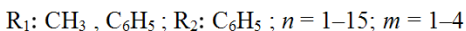
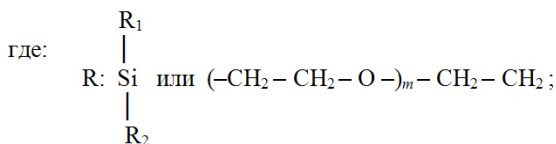
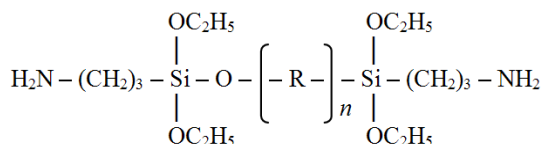
*Работа выполнена в рамках гранта правительства Тульской области «Разработка способа химической модификации АБС-сополимеров, обеспечивающего повышение механических показателей композитных материалов на их основе» договор №ДС/265 от 25.10.21.*

**КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИЕ АМИНЫ ДЛЯ ОТВЕРЖДЕНИЯ И МОДИФИКАЦИИ ЭПОКСИДНЫХ ОЛИГОМЕРОВ**

Эпоксидные смолы широко используются в производстве клеев, лакокрасочной продукции и в качестве связующих для заливочных компаундов и армированных композитов.

Непременным компонентом всех эпоксидных композиционных материалов является отвердитель, обеспечивающий как «холодное», так и «горячее» отверждение их полимерной основы с участием функциональных групп исходных компонентов и по реакции полимеризации эпокси-групп. Представлен весьма широкий ассортимент «сшивающих» отвердителей холодного отверждения.

В ряду отвердителей данного типа определенный интерес представляют кремнийорганические амины:



Кремнийорганические амины представляют интерес и для синтеза эпоксикремнийорганических олигомеров. Представлен ряд примеров. Такие связующие могут быть синтезированы, в частности, взаимодействием ди(аминопропил)тетраметоксидисилоксана с эпихлоргидрином с последующим эпоксидированием получаемого продукта с участием гидроксильных и хлорметиленовых групп.

Синтезированы и определены некоторые свойства кремнийорганических аминов представленной выше формулы, где  $\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{CH}_3$ .

*Работа выполнена в рамках научного проекта «Лаборатория «умных» материалов и технологий», номер FSSM-2021-0013. Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.*

**МОДИФИКАЦИЯ АБС-СОПОЛИМЕРОВ ЖЕСТКИМ  
ПВХ-МАТЕРИАЛОМ В ПРОЦЕССЕ ПЕРЕРАБОТКИ**

К сожалению, невозможно произвести материальный продукт техническими средствами без каких-либо отходов. Не является исключением и производство изделий из термопластов. Однако образующиеся в последнем случае технологические отходы, как правило, не пополняют мировые запасы «пластмассового» мусора, т.к. перерабатываются в изделия даже ответственного назначения. Например, допускается изготавливать трубы для хозяйственно-питьевого водоснабжения из композиций полиэтилена с использованием вторичного гранулированного полиэтилена ПЭ 32, ПЭ 63, ПЭ 80 или ПЭ 100, полученного из труб собственного производства.

Наряду с этим, в ряде случаев возникают и определенные трудности в переработке вторичного полимерного сырья, например, технологических отходов, образующихся в производстве изделий из жестких материалов на основе поливинилхлорида (ПВХ). Решение возникающей при этом проблемы видится, в частности, в создании полимер-полимерных композиций (ППК) с участием таких отходов для производства изделий другого назначения. Исследованию возможных таких ППК и посвящена настоящая работа.

Объектами исследований явились смеси дробленого сайдинга (ЖПВХ) и дробленых литников от переработки АБС-2020 (ВАБС).

Исходные компоненты, взятые в массовых соотношениях ВАБС: ЖПВХ = 100:0, 90:10; 80:20 и 70:30, смешивали вручную на поддоне и далее гранулировали стренговым методом и далее перерабатывали литьем под давлением в стандартные образцы.

Установлено, что введение ЖПВХ в состав АВБС снижает его показатель текучести расплава, однако это не сказалось на технологичности ППК с их участием при одношнековой экструзии (диаметр шнека 30 мм) и литье под давлением (машина с объемом впрыска 45 см<sup>3</sup>). Однако в последнем случае несколько изменился запах получаемых образцов.

Анализ результатов испытаний стандартных образцов при растяжении и ударе (Шарпи без надреза) свидетельствует о возможности применения полученных ППК в производстве целого ряда изделий технического назначения.

*Харитонов Н.П., Горохова М.Н.*

(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И.Менделеева)  
**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СИНТЕЗА 1,1-ДИХЛОР-2,3-ДИФЕНИЛЦИКЛОПРОПАНА В УСЛОВИЯХ МЕЖФАЗНОГО КАТАЛИЗА**

В настоящее время химическая промышленность стоит перед необходимостью разработки наиболее экологически безопасных технологий. Одной из таких является межфазный катализ (МФК). Основная значимость метода межфазного катализа заключается в том, что он позволяет отказаться от применения безводных органических сред, а также высокочувствительных к влаге и пожароопасных щелочных металлов и их соединений для проведения многочисленных реакций нуклеофильного замещения и присоединения, элиминирования и других превращений, и сэкономить на дорогих реагентах.

Метод основан на применении в качестве катализаторов легкодоступных четвертичных аммониевых, фосфониевых и т. п. солей или макроциклов типа краунэфиров или криптатов, что позволяет осуществить перенос анионов из водной или твердой фазы в органическую фазу и генерировать карбанионы или карбены действием водных растворов или измельченных твердых щелочей.

Целью данной работы является изучение зависимости протекания процесса синтеза 1,1-дихлор-2,3-дифенилциклопропана, в системе жидкость- жидкость, от влияния разного количества катализатора ТЭБАХ (триэтилбензиламмоний хлорид), а так же исследование зависимости скорости реакции от установленной температуры, влияющей на выход продукта.

В ходе работы в четырехгорлый термостатируемый реактор загружалось определенное количество стильбена и хлороформа в мольном соотношении 6:1 (3,33 мл Е-стильбена и 21,5 мл хлороформа). Затем изменялось количество катализатора и температура реакции (от 35 до 50 °С), в последнюю очередь в реактор загружали 50% р-р NaOH (16 мл.), одновременно включая мешалку и секундомер. Отбор проб проводили через 10 минут при выключенной мешалке, пробы резко замораживали для прекращения реакции.

Анализ проб проводили на газо-жидкостном хроматографе "Кристал-люкс-4000М" с ионизационно-пламенным детектором (ДИП). Температура детектора 200 °С. Температура испарителя 250 °С. Температура колонок 150 °С. Длина колонки составляет 30 м. Неподвижной фазой является 100% диметилполисилоксан, нанесенный на носителе



(аргон). В первом эксперименте выход продукта Е-1,1-дихлор-2,3-дифенилциклопропана, при  $t=35^{\circ}\text{C}$  и концентрации  $C_{\text{м}}(\text{ТЭБАХ})=0,1978$  моль/л, составил 38,42%; во втором, при  $t=35^{\circ}\text{C}$  и концентрации  $C_{\text{м}}(\text{ТЭБАХ})=0,3981$  моль/л - 51,56%; в третьем, при  $t=50^{\circ}\text{C}$  и концентрации  $C_{\text{м}}(\text{ТЭБАХ})=0,1978$  моль/л составил 64,4%.

Таким образом, увеличение концентрации и температуры приводит к наибольшему выходу продукта.

УДК 542.61

*Харитонов Н.П., Горохова М.Н.*

(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И.Менделеева)

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ ЗВЕРБОЯ ПРОДЫРЯВЛЕННОГО РАСТВОРОМ ЭТАНОЛА**

Применение БАВ растительного происхождения в лечении многих заболеваний становится с каждым годом все более актуальным. Преимущества использования растительных препаратов заключается в мягкости действия, малой токсичности и редком проявлении аллергических реакций, это особенно важно в случае заболеваний, требующих длительного лечения. В частности, лекарственные средства растительного происхождения находят широкое применение в онкологической практике. В этом плане большой интерес представляют лекарственные растения, содержащие целый комплекс биологически активных веществ (БАВ), системно воздействующих на человеческий организм и улучшающих качество жизни больных.

Звербой продырявленный – известное многолетнее лекарственное растение, которое широко используется как в народной, так и в научной медицине. Трава зверобоя содержит дубильные вещества, эфирные масла, жирные кислоты,  $\beta$ -ситостерин, тритерпеновые сапонины, витамины А, С, Е, Р, РР, флавоноиды, антрахиноны, макро- и микроэлементы, и множество других биологически активных веществ, а также красящее вещество гиперидин. Современные научные исследования выявили, что отвары, настойки и экстракты зверобоя используются при заболеваниях: желудочно-кишечных, печени, жёлчного пузыря, для полоскания при воспалительных заболеваниях, при астенических состояниях, неврозах и неврастениях, депрессии, судорогах, головных болях, миокардитах и эндокардитах, гломерулонефритах, пиелонефритах, циститах и воспалениях предстательной железы, артритах, радикулитах, туберкулёзе лёгких. Им лечат многие женские заболевания, а также аллергический диатез у детей.

Объектом исследования являлись соцветия зверобоя, которые подверглись исчерпывающей экстракции этанолом с массовой долей 94% в аппарате Сокслета в режиме кипения. Этанол является наиболее эффективным и универсальным растворителем. Также была проведена мацерация сырья при 100<sup>0</sup>С и при перемешивании на магнитной мешалке при 25<sup>0</sup>С и вращении 600 об/мин. Для экстракции и мацерации использовали сырьё массой 20,5 грамм и растворитель объемом 700 мл. После того, как сырьё себя частично исчерпало, оно было извлечено из аппарата Сокслета и сушилось на открытом воздухе. Затем вновь подвергалось экстракции, но уже 30% раствором этанола. Эффективность экстракции дополнительно увеличивалась за счет того, что гильза находилась непосредственно над колбой и нагревалась парами кипящего растворителя. Помимо исследования на количество экстракта, проводили измерения на рефрактометре и на биологическую активность дрожжевым тестом.

Этанол отгонялся в вакуумном роторном испарителе, остаток взвешивался. Результаты экспериментов следующие: способ экстракции и выход экстракта (мас. %) в аппарате Сокслета 32,4, метод мацерации 12,5. Значение показателей преломления раствора этанола: до экстракции  $n_D^{20} = 1,365$ , после 1,4672. Количество углекислого газа при дрожжевом тесте: контрольная проба 8,85мл, опытная проба 20,12мл.

Таким образом, использование этанола и проведение экстракции в аппарате Сокслета наиболее эффективно для выделения экстрактов из растительного материала по сравнению с проведением экстракции методом мацерации. Полученные результаты показали, что экстракт зверобоя обладает высокой биологической активностью.

### *Литература*

1. Звербой: полезные свойства и противопоказания, применение в народной медицине. – Текст: электронный // Лечебные свойства травы зверобой: средство от 99 болезней. Энциклопедия лекарственных растений.
2. Сорокин, В. В. Применение направленной экстракции при получении препаратов травы зверобоя / В. В. Сорокин, И. Е. Каухова, В. А. Вайнштейн. – Текст : непосредственный // Фармация. – 2007. – № 4. – С. 34–35
3. Фармакологические исследования и анализ спиртоводных и масляных извлечений из травы зверобоя продырявленного / С. В. Клочков [и др.]. – Текст: непосредственный // Региональная конференция по фармации, фармакологии и подготовке кадров (2007 г., г. Пятигорск) : материалы конференции. – Пятигорск, 2007. – С. 566–568.

**ПЕРЕРАБОТКА ПРОДУКТОВ КАТАЛИТИЧЕСКОГО ПИРОЛИЗА НЕЛИКВИДНЫХ ОТХОДОВ ПОЛИПРОПИЛЕНА**

За последние годы в России широко развился рынок вторичных полимеров, как следствие, проблема дефицита индивидуальных полимеров в качестве сырья для проведения пиролиза перестала быть актуальной. Мы предлагаем использовать отходы полипропилена в качестве сырья для получения соединений углеводородной основы, которые в последующем можно переработать в полезные с практической точки зрения органические вещества.

Экспериментальная часть проводилась следующим образом. Вначале проводился низкотемпературный каталитический пиролиз измельченного полимера, затем полученная пиролизная жидкость была проанализирована методами ИК-спектроскопии и газо-жидкостной хроматографии (ГЖХ). Продукты пиролиза разделялись методом атмосферной ректификации на колонне насадочного типа. В результате ректификации получен ряд фракций, каждая из которых проанализирована первичными методами – ИК-спектроскопией и ГЖХ. Результаты физико-химических методов анализа показали, что ряд полученных фракций в температурных диапазонах кипения  $^{\circ}\text{C}$ - (40-70), (70-100), (80-120), (70-150), (150-210) соответствуют петролейному эфиру и нефрасам (нефтяные растворители) различных марок (С2, С3, С4).

Затем проводилась переработка кубового остатка атмосферной ректификации, который составляет 30% по массе от пиролизной жидкости. Процесс осуществлялся следующим образом. Проводился каталитический крекинг кубового остатка на цеолитном катализаторе. Выход светлой фракции составил 87%. Первичные методы анализа показали, что полученный апиезон (смесь парафиновых и нафтеновых углеводородов) соответствует фракции дизельного топлива.

Установлено, что продукты пиролиза, полученные из неликвидных отходов полипропилена, могут использоваться в качестве сырья для основного органического и нефтехимического синтеза, а также составляющих компонентов при производстве востребованных на рынке «химических» материалов.

**КВАНТОВОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА  
ГИДРИРОВАНИЯ АЗОТОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ**

Гидроочистка нефтяных фракций в процессе нефтепереработки применяется для снижения содержания сернистых, азотистых, кислородных, металлоорганических и непредельных соединений в товарных нефтепродуктах с целью улучшения качества продукта или фракции. Основными примесями в нефтяных фракциях, при этом, являются гетероорганические соединения серы, азота и кислорода. При одинаковом строении молекул указанных соединений их устойчивость относительно процесса гидрирования возрастает в следующем ряду: сероорганические < кислородорганические < азотоорганические.

Наиболее устойчивыми в данном ряду являются соединения азота, которые удаляются из нефтепродуктов достаточно трудно.

В настоящей работе с целью теоретической оценки вероятности протекания процессов гидрирования ряда азотоорганических соединений - анилина, пиперидина, пирролидина и пиррола водородом были проведены квантовохимические расчеты их молекул при помощи полупирического метода РМЗ. Продуктами реакций гидрирования при этом принимались соответствующий предельный углеводород и аммиак.

Расчитаны дескрипторы электронного строения молекул изученных соединений (заряды на атомах, длины и порядки связей, валентные углы, энергии занятых и свободных молекулярных орбиталей и другие энергетические характеристики).

Полученные результаты показывают, что наименее вероятными процессами являются реакции гидрирования соединений, которые содержат азот в циклических структурах. Анилин, который содержит атом азота в аминогруппе гидрируется заметно легче.

Следует отметить, что наряду с процессом гидрирования изученных соединений протекают параллельные процессы, к которым, прежде всего, относится насыщение непредельных углеводородов. Это несколько усложняет теоретический анализ полученных результатов и требует более детального рассмотрения по каждой его стадии.

УДК 66.097.36

*Сидорова А., Макрушин Н.А., Голубина Е.Н., Кизим Н.Ф.*

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

## **КВАНТОВОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ ЛИЗИНА С ДИ-2-ЭТИЛГЕКСИЛФОСФОРНОЙ КИСЛОТОЙ**

Аминокислоты являются ценнейшими органическими веществами, которые служат основным элементом построения всех белков животных и растительных организмов. Известно, что аминокислоты широко используются в современной фармакологии. Инфузионные растворы, содержащие композиции высокоочищенных аминокислот, применяются при лечении тяжелых больных в качестве детоксикантов, а также для восполнения нутриентной недостаточности.

Одной из основных аминокислот в организме человека является лизин. Он входит в состав практически любых белков, а также необходим для восстановления и роста тканей, производства гормонов, ферментов и антител.

Существует несколько способов выделения аминокислот из реакционных масс в процессе приготовления различных лекарственных форм. Одним из наиболее перспективных методов является жидкостная экстракция с использованием в качестве экстрагента ди-2-этилгексилфосфорную кислоту (Д2ЭГФК).

Исходя из этого, цель работы заключалась в теоретическом анализе процесса экстракции лизина Д2ЭГФК при помощи квантовохимических программ HyperChem и PGrida. В этих программах реализованы методы молекулярной механики, полуэмпирические и неэмпирические методы, а также метод функционала плотности. Полученные результаты расчетов сравнивали с данными экспериментальных методов, в качестве которых были использованы спектроскопия ЯМР и фотоэлектронная спектроскопия.

В результате проведенной работы получены дескрипторы электронного строения молекул лизина, Д2ЭГФК, а также их различных ассоциатов. Показано, что молекулы Д2ЭГФК могут образовывать между собой димеры за счет водородных связей между атомами кислорода и водорода фосфат-ионов.

Полученные результаты могут оказать помощь в интерпретации различных экспериментальных данных, полученных в процессах экстракции аминокислот с участием Д2ЭГФК.

УДК 66.097.36

*Атоулова А., Макрушин Н.А., Голубина Е.Н., Кизим Н.Ф.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)  
**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА  
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЛЕЦИТИНА  
С ДИ-2-ЭТИЛГЕКСИЛФОСФОРНОЙ КИСЛОТОЙ**

Липидами называют обширную группу жиров и жироподобных веществ, которые содержатся во всех живых клетках организма. Они присутствуют в пище, в составе лекарственных средств, их активно используют в различных промышленных отраслях. Получаемые из продуктов питания, липиды являются источником энергии.

Широкое распространение для экстракции липидов в технологических процессах получили кислые фосфорорганические растворители. Доступность материалов для синтеза алкилфосфорных кислот при реакции между соответствующими спиртами с длинной цепью и пятиокисью фосфора позволяют использовать их не только в препаративных, но и в технологических целях. Наиболее перспективным экстрагентом из них для липидов считается ди-2-этилгексилфосфорная кислота (Д2ЭГФК).

Цель работы заключалась в теоретическом исследовании процесса взаимодействия лецитина (фосфолипида) с Д2ЭГФК методами квантовой химии в различных приближениях (молекулярной механики, полумпирических, *ab initio*, теории функционала плотности) с последующим сравнением результатов с данными экспериментальных методов. В качестве последнего выбран метод фотоэлектронной спектроскопии, являющийся, по сути, «экспериментальной квантовой химией». Выбор лецитина в качестве объекта обусловлен тем, что он является одним из важнейших представителей липидов и имеет широкое применение в фармацевтике.

В результате проведенной работы получены дескрипторы (заряды на атомах, валентные углы, длины связей, энергии молекулярных орбиталей и др.) электронного строения молекул лецитина, Д2ЭГФК, а также их различных ассоциатов. Показано, что молекулы лецитина и Д2ЭГФК образуют между собой димеры за счет водородных связей между атомами кислорода и водорода лецитина и фосфат-ионов.

Полученные результаты могут оказать помощь в интерпретации различных экспериментальных данных для процессов экстракции фосфолипидов с участием Д2ЭГФК.

## СЕКЦИЯ ИНЖЕНЕРНАЯ МЕХАНИКА И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

УДК 62.531

*Рошупкин А.С., Давыдов В.В., Клочков В.И.*

(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И.Менделеева)

### **РЕКОНСТРУКЦИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО КАТАЛИТИЧЕСКОГО РЕАКТОРА С ЗАМЕНОЙ ФУТЕРОВКИ**

Процесс дегидрирования этилбензола в стирол проводится в двухступенчатом адиабатическом реакторе с промежуточным подводом тепла через межступенчатый подогреватель.

Реактор представляет собой вертикальный цилиндрический сварной аппарат диаметром 4.5 м и высотой более 20 м. В верхней и нижней частях реактора расположены полки с катализатором.

Температура в реакционной зоне поддерживается в пределах 600-640<sup>0</sup>С при давлении 0.3 МПа. Реактор футерован по внутренней поверхности смесью бетонной теплоизоляции и минераловатными штучными материалами общей толщиной 450 мм.

Предлагается замена существующей футеровки на жаропрочный теплоизоляционный бетон толщиной 150 мм в катализаторных зонах и толщиной 250 мм в зоне межступенчатого подогревателя.

Для изготовления футеровки применили огнеупорную теплоизоляционную смесь марки АЛАКС-1.4-1350 объемом 45 м<sup>3</sup>. Физико-химические свойства бетонной смеси АЛАКС-1.4-1350:

- кажущаяся плотность после обжига при 800<sup>0</sup>С – не более 1.4 г/см<sup>2</sup>;
- предел прочности при сжатии через 72 часа после формирования – не менее 15 Н/мм<sup>2</sup>;
- предел прочности при сжатии после обжига при 800<sup>2</sup> – не менее 7 Н/мм<sup>2</sup>;

Замена футеровки связана с техническим перевооружением производства стирола с увеличением мощности до 60 тыс. тонн в год. Замена футеровки позволит обеспечить оптимальную температуру в реакционной зоне реактора и сохранить адиабатический режим в аппарате.

Замена футеровки, также, сократит расходы на ремонт, снизит температуру стенки корпуса реактора, исключит возможность коррозионного разрушения.

В результате проведенной реконструкции за счет снижения толщины футеровки удалось увеличить объем катализатора в реакторе с 25 м<sup>3</sup> до 42 м<sup>3</sup>.

## КРИТЕРИИ ВЫБОРА СТАЛЕЙ ДЛЯ ЭЛЕМЕНТОВ ХИМИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

При выборе стали для изготовления элементов химического оборудования конструктором учитывается ряд критериев, основными из которых являются функциональность, технологичность и экономичность. Для силовых элементов оборудования критерием функциональности является прочность стали. Для элементов химического оборудования дополнительным критерием функциональности рассматривается коррозионная стойкость стали.

Технологичность материала для изготовления элемента оборудования характеризуется следующими критериями: сварные конструкции – свариваемость стали; силовые детали и упругие элементы – закаляемость и прокаливаемость стали.

Под свариваемостью стали понимают способность металла образовывать сварные соединения. Свариваемость качественно оценивается степенью соответствия свойств наплавленного металла аналогичным свойствам основного металла, а также наличием сварочных дефектов в виде трещин, пор, неметаллических включений и т.п.

Обобщенно влияние содержания углерода, легирующих элементов и примесей на качество сварного соединения характеризуется так называемым эквивалентом углерода  $CE$ . Согласно ГОСТ 27772–88 эквивалент углерода предложено определять по формуле

$$CE = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cu}{13} + \frac{V}{14} + \frac{P}{2}, \%$$

здесь символы элементов выражают массовые доли этих элементов; множители при символах представляют собой коэффициенты активности данных элементов.

Экономичность стали в первом приближении можно оценить по индексу стоимости сплава  $\Pi_{отн}$ , представляющего собой отношение стоимости сплава к стоимости железа

$$\Pi_{отн} = [C_{Fe} \cdot (1 - \sum x_i) + \sum C_i \cdot x_i] \cdot k_{ГК},$$

здесь  $C_{Fe}=1$  – индекс стоимости Fe, принят равным единице;  $C_i$  – индекс стоимости  $i$  – го легирующего элемента;  $x_i$  – массовая доля  $i$  – го легирующего элемента;  $k_{ГК}$  – коэффициент качества сплава, характеризующий влияние на индекс стоимости группы качества стали (для стали обыкновенного качества  $k_{ГК} = 1$ ; для качественной –  $k_{ГК} = 1,17$ ; для высоко- и особовысококачественной –  $k_{ГК} = 1,52$ ).



**ПРИСПОСОБЛЕНИЕ-СЪЁМНАЯ ПЛОЩАДКА ДЛЯ  
АППАРАТОВ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ГАЗА  
ДОЖИМНОЙ КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ НА ГАЗОВОМ  
ПРОМЫСЛЕ ЗАПОЛЯРНОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Ввиду отклонений линейных размеров штуцеров трубной доски теплообменника (ТО) Apparata Воздушного Охлаждения (АВО) газа при монтаже оборудования на строящейся дожимной компрессорной станции газового промысла (и вероятно линейных размеров выходного коллектора газа), привело к увеличению размеров посадочных мест уплотнительного кольца во фланцевой паре. Устранить вышеуказанные отклонения можно только с применением грузоподъемного механизма (мощного автокрана). Но при уже смонтированных АВО и последующих их соединений с коллекторами сухого газа, когда это обнаружилось, установка грузоподъемного механизма по месту уже не возможна из-за плотно смонтированного дополнительного оборудования. Ближе ста метров автокран подъехать уже не может, соответственно и применение его как грузоподъемного механизма невозможно. Также по месту устранения неисправности отсутствует и стационарный грузоподъемный механизм.

Авторы предлагают изготовить следующее приспособление, для устранения недопустимого зазора и обеспечения герметичности фланцевого соединения, специальную съёмную площадку для гидравлического домкрата, с целью поднятия правой части секции ТО, состоящую из закладной полки и косынок (рис.1).

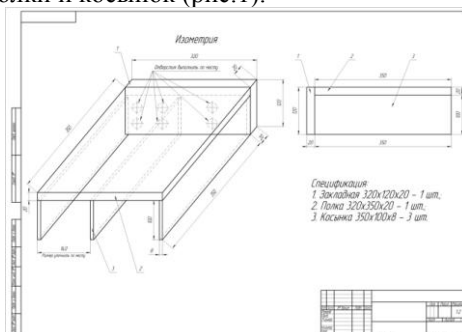


Рисунок 1. Предлагаемое приспособление-съёмная площадка

Все элементы приспособления-съёмной площадки в местах состыковки проварены тройным швом (коренной и два заполняющих) и усилены косынками для жесткости и устойчивости площадки для недопущения изменения её геометрии при работе гидравлического домкрата на ней. Пята штока домкрата после его установки на приспособление-съёмной площадки устанавливается под местом подъема необходимой части правой секции ТО.

Работу по установке съёмной площадки и работой гидравлическим домкратом производят 2 монтажника, в защитных очках, каске, одетых средства индивидуальной защиты (СИЗ) рук (перчатках) в антистатической специальной одежде и ППЛ-32 (пояс предохранительный люмочный).



Рисунок 2. Установка домкрата на приспособление-съёмную площадку

Это позволит быстро, оперативно, из имеющихся материально-технических ресурсов на месте изготовить приспособление-съёмную площадку, установить её в необходимом месте на теплообменнике АВО газа и без применения автокрана устранить отклонения линейных размеров штуцеров трубной доски теплообменника при подсоединение трубной доски теплообменника к выходному коллектору газа при монтаже последних (рис.2). Газопромысловое оборудование дожимной компрессорной станции готово к исправной работе и эксплуатации

УДК 66.048.03

*Чупров Н.С., Астахов М.С., Лобанов Н.Ф.*

(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И.Менделеева)

## **РЕКТИФИКАЦИОННАЯ КОЛОННА БАРБОТАЖНОГО ТИПА ДЛЯ РЕКТИФИКАЦИИ МЕТАНОЛА**

Процесс ректификации метанола-сырца происходит в колонне тарельчатого типа, которая обеспечивает выход чистого метанола.

Разработанная колонна представляет собой вертикальный цилиндрический аппарат диаметром 3,6 м при высоте более 40 м. По всей вы-

соте цилиндрической части колонны расположены 75 клапанных тарелок, разбитых в группы по высоте. Количество клапанов по мере движения исходной смеси вверх возрастает от 506 шт. до 808 шт. Однотипные тарелки объединены в секции, с дискретным изменением числа клапанов. Диаметр отверстия в тарелке под клапан составляет 40 мм. Высоты слоя жидкости на тарелке составляет 80 мм.

Подача паров метанола-сырца производится в днище колонны при температуре 130-140<sup>0</sup>С и давление 0,7 МПа. Температура верха колонны 85-97<sup>0</sup>С и давление 0,3 МПа. Вход паров происходит через штуцер с диаметром 500 мм.

Процесс ректификации является диффузионно-контактным, непрерывным, противоточным процессом, изменяющим в желательном направлении составы текущих навстречу друг другу, многократно контактирующих между собой насыщенных жидких и паровых потоков, путем осуществления между ними теплообмена и массообмена.

Для гарантированного равномерного распределения исходного сырья по сечению тарелок предлагается замена штуцера на систему кольцевых коллекторов позволяющий распределить движение пара по всему сечению колонны и избежать зон застоя вблизи стенок аппарата.

УДК 621.793

*Калугин И.А.<sup>1</sup>, Каменский М.Н.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>ООО «Газпром добыча Ямбург», ЯНАО, Россия

<sup>2</sup>Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И.Менделеева)

**МЕТОД ВОССТАНОВЛЕНИЯ РЕЗИНОВОГО ПОКРЫТИЯ  
КОНУСА НАКОНЕЧНИКА НАЛИВНОГО НА СТОЯКЕ  
НАЛИВА ДИЗТОПЛИВА УСТАНОВКИ ПРОИЗВОДСТВА  
МОТОРНЫХ ТОПЛИВ ГАЗОВОГО ПРОМЫСЛА  
ЗАПОЛЯРНОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Конус наконечника наливного на стояке налива покрыт резиной методом гуммирования со временем он растрескался (рис.1), так как работал в среде горюче-смазочных материалов в температурном режиме от +35<sup>0</sup>С до -55<sup>0</sup>С (климатические условия заполярного круга в Ямало-Ненецком автономном округе). Снять покрытие полностью по месту без специализированного оборудования затруднительно и может занять очень много времени и ресурсов. Полностью покрытие снять практически не возможно. Надо еще отпескоструить поверхность для удаления остатков резины, что не возможно сделать в местных условиях эксплуатации газопромышленного оборудования.



Рисунок 1. Старое покрытие конуса наконечника

Авторы предлагают применить следующий метод восстановления резинового покрытия. Сделать выкройку покрытия, по которой в последующем вырезать из листовой бензомаслостойкой резины заготовку нового резинового покрытия в виде плоской детали толщиной 2 мм. После этого сразу соединяем края выкройки швом из специальной бензомаслостойкой синтетической нити. Предварительно на старое покрытие нанести специальный для этих материалов клей Момент. Аккуратно с большого диаметра конуса натягиваем выкройку на меньший диаметр конуса наконечника наливного и с помощью специальных зажимов и струбцин оставляем на 2 часа схватиться 2 слоям резинового покрытия, старого и нового (рис.2).

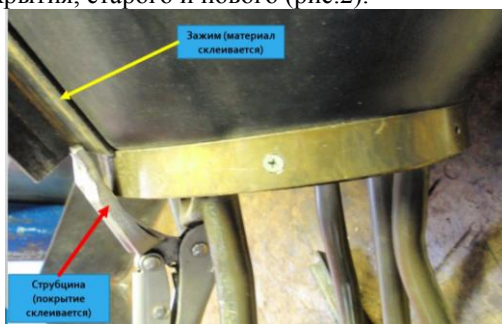


Рисунок 2. Установка зажимов и струбцин для склеивания

Работу по изготовлению, установке резинового покрытия делают 2 слесаря по ремонту технологических установок в защитных очках, респираторе, каске, одетых Средства Индивидуальной Защиты рук (перчатках) в антистатической специальной одежде.

Это позволит быстро и оперативно восстановить резиновое покрытие конуса наконечника наливного на стояке налива дизтоплива установки производства моторных топлив газового промысла заполярного нефтегазоконденсатного месторождения (рис.3).



Рисунок 3. Восстановленное резиновое покрытие

Весь этот процесс восстановления резинового покрытия конуса наконечника наливного можно сделать по месту его установки и работы, без отвоза на удаленное специализированное предприятие или завод изготовитель, тем самым сэкономив материально технические ресурсы и сократив во много раз время на ремонт и простой газопромышленного оборудования.

УКД 66.02

*Думчев А.К., Егоров А.А., Лобанов Н.Ф.*

(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И.Менделеева)

### **ОТЧИСТКА НАКИПНО-КОРРОЗИОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ТРУБЧАТКИ КОТЛА-УТИЛИЗАТОРА**

Для удаления накипи наиболее универсальным является метод химической отмывки. Данный метод осуществляется двумя способами на основе органических и неорганических кислот.

Неорганические реагенты эффективны при отмывки всех типов накипи, но они обладают существенными технологическими недостатками.

Потому что наиболее удобным для удаления накипи в коррозионно и экологически безопасном вариантах являются использование слабых органических кислот. Органические составы типа ЛИН используют в качестве активатора процесса температурный фактор. В качестве химических реагентов применяется специальный набор кислот типа асрбиновой.

Для отмывки органическими преобразователями накипи необходимо соблюдение технологии по температуре (40-60 °С) и начальной концентрации реагентов ( более 40-50 кг/м<sup>3</sup>).

Расход реагентов распределяется из расчета 0,2-1,0 кг порошка ЛИН на кг “сухой” накипи, при начальной концентрации не менее 50

кг/м<sup>3</sup> раствора. Отработанный раствор имеет рН близкое к нейтральной и может сливаться в обычную канализацию.

Расчеты показали, что для котельных агрегатов осаждение на стенку 1-2мм накипи приводит к потере теплопроизводительности около 20-25%.

Для обеспечения постоянной работы трубчатки без потери мощности при средней скорости накипеобразования рекомендуется проводить профилактическую промывку при слое накипи порядка 0,5мм.

УДК 621.9

*Давыдов В.В., Толгатов Т.М., Козлов А.М.*

(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И.Менделеева)

### **РЕМОНТ ЗАЖИМНЫХ СЛЕСАРНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ-ТИСКОВ ДЛЯ НУЖД УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА**

На кафедре ОХП для студентов-механиков преподаётся ряд дисциплин технологического характера: «Учебная практика», «Технология конструкционных материалов», «Технология производства химического оборудования», а также внеаудиторные работы, которые предполагают использование оборудования слесарных верстаков. Мастерская кафедры располагает пятью слесарными рабочими местами, три из которых, в связи с длительной эксплуатацией, пришли в негодность и выполнение качественного зажатия заготовок представлялось весьма затруднительным. Студентам-механикам третьего курса было предложено выявить причины выхода из строя слесарных тисков и разработать мероприятия по приведению их в рабочее состояние.

В ходе разборки были выявлены неполадки в работе зажимных узлов, приводивших к потере их работоспособности: - значительный износ фасонных фиксирующих шайб винтового зажима и их крепления; - некачественная смазка резьбы; - износ крепёжных накладок параллельных губок.

Были разработаны рекомендации по проведению ремонта, выполнены ремонтные эскизы основных и вспомогательных деталей, заменены резьбовые крепёжные элементы, выполнены работы по изготовлению новых основных и вспомогательных деталей и проведено техническое обслуживание тисков. В результате работы были восстановлены рабочие характеристики трёх экземпляров поворотных слесарных тисков, что позволило обеспечить проведение соответствующих практических работ по вышеуказанным учебным дисциплинам.

На рисунке 1 представлено рабочее место слесаря с восстановленными тисками.



Рисунок 1. Рабочее место слесаря с восстановленными тисками

УДК 66.5

*Алешкин Д.М., Давыдов В.В., Клочков В.И.*  
(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И.Менделеева)  
**ЭКСТРАКЦИЯ КАПРОЛАКТАМА В ЭКСТРАКТОРАХ  
С ВИБРИРУЮЩИМИ ТАРЕЛКАМИ**

Экстракция из растворов эффективно используется для выделения различных продуктов в химической, нефтехимической и других отраслях промышленности. Экстракция в системах жидкость-жидкость представляет собой диффузионный массообменный процесс, протекающий с участием двух взаимно нерастворимых жидких фаз, между которыми распределяется экстрагируемое вещество.

Особенность процесса экстракции состоит в том, что одна из жидких фаз является сплошной, а другая – дисперсной. Диспергирование необходимо для создания максимально возможной поверхности контакта фаз.

Экстракторы с вибрирующими тарелками относятся к группе аппаратов с дополнительным сообщением энергии потокам. Диспергирование одной из фаз в таком экстракторе происходит вследствие дробления жидкости при взаимодействии с поверхностью ситчатой (просечной) тарелки, совершающей возвратно-поступательное движение внутри аппарата.

Экстрактор с вибрирующими тарелками для экстракции капролактама из лактамного масла трихлорэтиленом представляет собой вертикальный цилиндрический аппарат диаметром 1.2 м и высотой 21 м, снабженный 68 просечными струйно-направленными тарелками. Тарелки представляют собой плоские диски, на которых отштампованы прямоугольные отверстия с отбортовкой в виде наклонных направляющих лопаток.

В верхней части экстракционной колонны установлен электропривод с эксцентриком, передающим возвратно-поступательное движение штоку, к которому при помощи крестовин подвешиваются пакеты тарелок. Диспергирование одной из фаз в таком экстракторе происходит в результате взаимодействия с поверхностью тарелки, совершающей возвратно-поступательное движение. Дисперсная фаза распределяется в сплошной жидкости в виде капель.

Экстракторы с вибрирующими тарелками отличаются высокой эффективностью, поскольку могут обеспечить максимально возможную площадь поверхности контакта взаимодействующих фаз.

УДК 66-9

*Сорсов К.И., Марков М.В., Шеваев М.Д., Каменский М.Н.*  
(Новомосковский политехнический колледж)

### **МЕРОПРИЯТИЯ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ГИДРОУДАРОВ**

При разработке технологического процесса и выборе оборудования следует отдавать предпочтения режимам, при которых перерабатываемые вещества находятся в устойчивом агрегатном состоянии (перегретый пар или переохлаждённая жидкость). Кроме того, легкокипящие жидкости следует транспортировать на большие расстояния преимущественно в переохлаждённом состоянии.

При выборе компрессоров нужно учитывать чувствительность к попаданию небольшого количества жидкости в рабочее пространство цилиндров.

В этом аспекте турбокомпрессоры обладают преимуществом перед поршневыми машинами. Имеется ряд конструкций поршневых компрессоров с т.н. «ложной крышкой», которая до известной степени предохраняет компрессор от небольших гидравлических ударов.

Компрессор необходимо разместить таким образом, чтобы его цилиндры являлись самой высокой точкой обвязывающего трубопровода. Перед ним нужно установить эффективные сепараторы, которые снабжены системой автоматического поддержания уровня жидкости и аварийной сигнализацией.

Если при размещении компрессора выяснится неизбежность образования гидравлического мешка непосредственно у машины, то к самой нижней точке мешка нужно присоединить небольшой бачок.

Объём бачка должен примерно в три раза превышать возможный объём скопившейся в гидравлическом мешке жидкости. При пуске компрессора давление в бачке упадёт, жидкость испарится и медленно перетечет по отводу в дренажный бачок.



Трубопроводы, в которых возможно образование каплеобразной жидкости должны быть проложены с уклонами в сторону аппаратов, предназначенных для её сбора, чтобы предотвратить гидравлические удары. На практике проложить достаточно протяжённый трубопровод совсем без гидравлических мешков не всегда удаётся. Поэтому предусматривается установка специальной защитной арматуры, которая обеспечивает непрерывный отвод жидкости от мешков.

Образующийся конденсат водяного пара удаляется с помощью конденсатоотводчиков, которые устанавливаются во всех конечных точках паропровода, а также на магистралях водяного пара не реже, чем через 200 м.

На газопроводах устанавливают дренажные трубы диаметром 20 - 40 мм с запорной арматурой. Капли жидкости отводятся либо самотёком, либо через дроссельное устройство во всасывающую систему.

Трубопроводная обвязка компрессоров, в особенности поршневых, должна полностью исключать возможность попадания жидкости в цилиндры. Поэтому трубопроводы компрессора необходимо размещать ниже его цилиндров, а всасывающие трубопроводы прокладывать с уклоном в сторону сепараторов – влагоотделителей. Врезка отдельных отводов трубопровода должна быть обязательно в верхнюю часть общего всасывающего коллектора. Необходимо также обеспечить установку арматуры для плавного и медленного открывания всасывающего трубопровода.

В отдельных случаях на всасывающих газопроводах устанавливают греющие спутники, в которых теплоносителем может быть водяной пар или горячая вода. Использование горячей воды в качестве теплоносителя, в этом случае, будет иметь ряд значительных преимуществ. К которым можно отнести, в частности, отсутствие системы конденсатоотводчиков и отсутствие необходимости в установке дополнительного оборудования для приёма (сбора) конденсата.

УДК621.7.04

*Башилаев Л.А., Тришкин Д.С., Козлов А.М.*

(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И.Менделеева)

### **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МОДЕРНИЗАЦИИ ОБКАТЧЕНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ К ТОКАРНОМУ СТАНКУ 1К62**

На кафедре ОХП преподаётся дисциплина «Технология ремонта и монтажа химического оборудования», рабочей программой которой предусмотрено изучение влияния пластического деформирования на процессы повышения работоспособности деталей, работающих в усло-

виях интенсивного изнашивания. В своё время была выполнена дипломная научно-исследовательская работа по проектированию и изготовлению обкаточного приспособления к токарному станку для изучения влияния пластического деформирования поверхностных слоёв цилиндрических деталей на износостойкость. Данная установка использовалась при проведении учебных исследовательских работ по вышеуказанной дисциплине. Неумелое обращение с приспособлением вызвало его деформацию и поломку некоторых деталей, что привело к необходимости отказаться от проведения лабораторного практикума по исследованию влияния налёпа на износостойкость деталей машин. В настоящее время было принято решение о возобновлении проведения работ научно-исследовательского характера и встал вопрос о ремонте и модернизации ранее использовавшегося обкаточного приспособления, что и было выполнено студентами третьего курса в рамках изучения дисциплины «Обработка металлов резанием».

В ходе разборки имеющегося неисправного приспособления были выявлены причины его поломки и разработаны варианты их устранения и даже модернизации: изготовлено новое посадочное место пружины нагрузочной части приспособления, отремонтировано контрольно-измерительное устройство для регулирования величины нагрузки на ролик, увеличены жёсткость рамной части конструкции. Проведённые испытания отремонтированного обкаточного приспособления позволили использовать его как в учебном процессе, так и для проведения исследовательских работ студентов-механиков.

Обновлённый вариант обкаточного приспособления установленно в резцедержателе токарного станка показан на рисунке 1.



Рисунок 1. Обкаточное приспособление.

(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д. И. Менделеева)  
**ОСАЖДЕНИЕ НАНОДИСПЕРСНОГО ДИОКСИДА ТИТАНА НА  
 ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЯХ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОГО  
 РЕАКТОРА**

При синтезе нанодисперсного пигментного порошка диоксида титана из  $TiCl_4$  в плазмохимическом реакторе происходит осаждение на внутренних поверхностях реактора конденсированного продукта, которое является неконтролируемым процессом и которое существенно нарушает регламент.

Высокотемпературный плазмохимический реактор (рис. 1), имеющий производительность 50 кг диоксида титана в час и входящий в состав опытно-промышленной установки синтеза  $TiO_2$ , как показало исследование, подвержен зарастанию продуктом фактически на всех внутренних поверхностях.

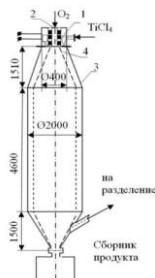


Рисунок 1. Схема реактора синтеза диоксида титана.

1 – узел ввода реагентов; 2 – высокочастотный индукционный плазмотрон; 3 – стальной охлаждаемый корпус; 4 – осажденный продукт на стенках

Основным материалом деталей реактора, для которого используется рекуперативное охлаждение водой, является нержавеющая сталь X18H9T. Мощность применяемого высокочастотного индукционного плазмотрона составляет около 24 кВт. Газообразный тетрахлорид титана (сырьё) в выносном испарителе перегревают до 700-720 К и подают в смеситель, имеющий вид конуса с углом при вершине 8 градусов, со скоростью 7,5 м/с. В смесителе сырьё смешивается с кислородом (окислителем), разогретым в ВЧИ-плазмотроне до 2300-2500 К, который имеет скорость 11 м/с. Для подачи сырья используют восемь отверстий, расположенных равномерно на окружности диаметром 164 мм и имеющих диаметр 8 мм. В конце конусной части скорость про-

дуктов реакции, представляющих собой газопылевую смесь с температурой 1400-1600 К, снижается до 0,25 м/с. Внутри реактора имеется незначительное разрежение до 60 мм водяного столба.

Заращение внутренних поверхностей реактора продуктами процесса требует осуществления обязательных периодических остановок с целью удаления «налёта» в среднем каждые 120 часов работы. Проводимое при таких остановках исследование внутренних стенок корпуса реактора позволило установить, что на поверхностях конической и цилиндрической частей осаждается достаточно рыхлый слой порошка толщиной 150-200 мкм. На поверхностях, близких к узлу ввода реагентов, осаждённый продукт имел более высокую плотность и вязкость.

Для подтверждения возможного присутствия в составе осаждённого продукта остаточных хлоридов вследствие неполной переработки сырья выполнили термодинамический расчёт системы Ti-Cl-O при атмосферном давлении в интервале температур от 1400 до 1600 К.

Расчёт показал, что от 7 до 8 процентов первоначального сырья не окисляется и находится в продукте наряду с одним процентом других хлоридов, прежде всего хлорида титана (III). При этом непрореагировавшие хлориды могут являться «связкой» для порошкообразного осаждённого продукта, прежде всего в зоне ввода реагентов.

Выполнялись исследования осаждённого нанодисперсного порошка диоксида титана с целью изучения зависимости условий осаждения от основных структурно-механических характеристик нанопорошка. В экспериментах использовались зонды для забора проб внутри реактора:

- а) с радиальным шагом 50-60 мм по сечению конусной части реактора;
- б) по высоте реактора: 800, 2100 и 7500 мм вниз от места подачи сырья (с оси реактора);
- в) с внутренней поверхности узла смешения, реактора, газопроводов;
- г) с торцевой поверхности зонда, который моделировал стенки с переменной температурой.

Дисперсный состав частиц осаждённого порошка, как было выяснено, не менялся по высоте реактора, что говорит об отсутствии агрегирования частиц, а также о недостаточной действенности используемой в аппарате закалки. При рентгенофазовом анализе была получена информация о доминировании рутильной формы диоксида титана на уровне 90 процентов вне зависимости от места забора пробы.

То есть, при имеющейся конструкции реактора свойства нанопорошка TiO<sub>2</sub> формировались в зоне смешения высокотемпературных потоков сырья и окислителя на 500-600 мм ниже места их ввода.

Кривая функции распределения частиц по размерам была получена на основании электронно-микроскопических исследований при увеличении в 40000 раз (рис. 2).

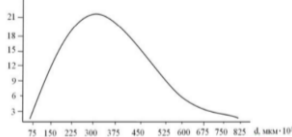


Рисунок 2. Плотность функции распределения частиц диоксида титана по размерам

Слипаемость (аутогезию) конденсированных частиц порошка  $TiO_2$  при повышенных температурах, соответствующих температурам стенки реактора, определяли на установке, схема которой представлена на рис. 3.

В системе силоизмерителя задействованы чувствительная тензометрическая рамка, использующая два наклеенных с использованием схемы удвоения тензодатчика, измеритель деформаций (тензоусилитель, миллиамперметр, проградуированный в единицах силы).

Пластину с порошком на связке, имевшую площадь  $16 \text{ см}^2$  и помещённую в чашку с таким же порошком, нагружали грузами с целью создать расчётное нормальное напряжение в интервале от 100 до 3000 паскалей. Полученный образец нагревали до требуемой температуры. При отрыве пластины от порошка в чашке фиксировали усилие.

Зависимость аутогезии от температуры приведена на рис. 4. Обращает на себя внимание значительное увеличение слипаемости частиц порошка (аутогезии) при повышении температуры.

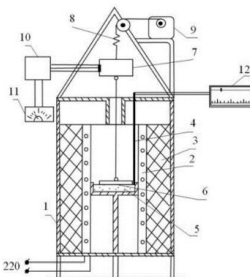


Рисунок 3. Установка для изучения аутогезии нанодисперсных порошков при повышенных температурах.

- 1 - корпус; 2 - электронагреватель; 3 - теплоизоляция; 4 - термопара;
- 5 – испытуемый нанопорошок; 6 - пластина со слоем нанопорошка;
- 7 - тензорамка; 8 - пружина; 9 - электродвигатель; 10 - тензоусилитель;
- 11 - миллиамперметр; 12 - милливольтметр.

Изучение характеристик осаждённого порошка даёт возможность оптимизировать конструкцию плазмохимического реактора при обязательном предупреждении существенных отложений на стенках.

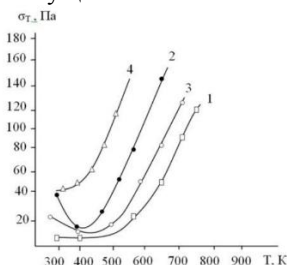


Рисунок 4. Зависимость аутогезии порошков  $\text{TiO}_2$  от температуры.  
Нормальное напряжение: 1, 4 - 3000 Па, 2 - 300 Па, 3 - 1200 Па.  
Способ получения порошка: 1, 2 - плазмохимический,  
3 - сернокислотный, 4 - газотермический.

Для этого необходимо учесть параметры, влияющие на толщину и прочность осаждённого порошка, прежде всего температуру стенок на внутренней поверхности реактора, газодинамическое воздействие на внутренние элементы реактора, а также механические методы удаления конденсированного на стенках продукта.

УДК 66-9

*Сорсов К.И., Грибчан Е.В., Нозадзе Д.Г., Пикалова В.С.*  
(Новомосковский политехнический колледж)

### **МЕРОПРИЯТИЯ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЗАСТЫВАНИЯ ЖИДКОСТИ В ТРУБОПРОВОДАХ**

Технологические производства по трубопроводам в большом объеме транспортируют жидкости, имеющие высокую температуру застывания, к ним можно отнести: концентрированные щелочи, уксусную кислоту, чистый глицерин, фенол и т.д. Такие трубопроводы необходимо прокладывать с использованием греющих спутников, паровых и водяных рубашек, усиленной тепловой изоляции.

При прокладке трубопроводов с легко застывающими жидкостями абсолютно недопустимо образование застойных участков; уклон должен быть не менее пяти градусов. Вместе с тем, несмотря на столь жесткие требования, прокладка этих трубопроводов больших трудозатрат, как правило, не представляет, потому, что на всём производстве подобных линий бывает не более двух-трёх.

Более трудоемкой задачей является прокладка водопроводов. Они составляют примерно до 30% от всех трубопроводов цеха. Так как большая часть технологического оборудования размещена на открытых площадках, то необходимо обеспечить предотвращение замерзания оборотной воды и охлажденной воды, для этого необходимо применить ряд мероприятий, к которым можно отнести:

- установка минимального количества запорной и регулирующей арматуры;
- применение трубопроводов с условным проходом не менее 50 мм;
- использование охлаждения рассолом вместо водяного;
- объединения питания водой одноступенчатых и одновременно работающих холодильников, если работа одного из них невозможна без работы остальных;
- использование схемы последовательного включения холодильников по воде;
- отказ от дистанционного управления и регулирования в случаях, когда незначительные колебания температуры ( $\pm 10^{\circ}\text{C}$ ) не опасны или когда охлаждение ведётся небольшими количествами воды (10 – 15 т/ч);
- разработка и выбор холодильников и конденсаторов, конструкция которых обеспечивает полное опорожнение пространства, заполненного водой (устройство в горизонтальных кожухотрубчатых теплообменниках штуцеров или бобышек, направление в вертикальных теплообменниках воды в межтрубное пространство и т. п.);
- обязательный выбор стальной арматуры на водопроводах, размещаемых вне помещения;
- замена, при размещении на открытой площадке, водяного охлаждения машин на воздушное;
- разработка преимущественно непрерывных технологических процессов;
- переход, где только это возможно, на полное или частичное водяное охлаждение;
- размещение в одном районе потребителей воды, которых можно снабжать от общего коллектора, и расположение их на минимальном расстоянии друг от друга;
- прокладка водопроводов с максимальной экономией расхода труб, исключением оголённых застойных участков и гидравлических мешков;
- обеспечение полного опорожнения открытых участков на время более или менее длительной остановки производства;

- прокладка общезаводских водопроводов в траншеях;
- прокладка, при необходимости, отдельных отводов водопровода к цеху в гидроизолированных каналах на определённом расстоянии от фундаментов строительных конструкций (4 – 8 м, в зависимости от категории грунтов;
- располагать водопроводы на минимальном расстоянии от пароводокolleкторов.

УДК 66-5

*Логачёв Д.А., Давыдов В.В., Каменский М.Н.*

(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И.Менделеева)

### **РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ХОЛОДИЛЬНИКА КОНДЕНСАТА**

Холодильник предназначен для охлаждения конденсата и представляет собой горизонтальный кожухотрубный аппарат, который применяется для теплообмена между различными средами, как без изменения, так и с изменением их агрегатного состояния.

Холодильник состоит из следующих основных деталей: обечайки, днища, трубных решёток, теплообменных труб и опор.

Принцип работы кожухотрубного аппарата простой. Агрегат разделяет носители и внутри устройства не происходит смешивания продуктов. Тепло передается по трубкам, которые находятся между теплоносителями. Охлаждающая вода подается в трубное пространство, а конденсат направляется в межтрубный участок. Энергоносители могут различаться по своему агрегатному состоянию – газообразному, парообразному или жидкостному.

Стенки холодильника нагреваются значительно сильнее, чем опора, на которой они закреплены. Поэтому в аппарате применяются одна подвижная и одна неподвижная седлообразные опоры.

Кожухотрубные аппараты имеют такие преимущества как: повышенная стойкость к гидроударам, что выгодно отличает устройства от аналогов; способность функционировать в условиях, далеких от идеальных, с использованием сильно загрязненных веществ; простота эксплуатации, механическая чистка и техническое обслуживание не представляют трудностей для персонала; хорошая ремонтпригодность.

Но также есть и недостатки, такие как: низкий, по аналогии с пластинчатыми, коэффициент полезного действия. На этот показатель влияет меньшая площадь теплопередающей поверхности; большие габариты. Из-за этого цена аппарата выше, равно как и расходы на его



эксплуатацию; теплоотдача сильно зависима от скорости движения жидкости.

В работе рассмотрены конструкции теплообменных аппаратов, используемых в химическом машиностроении, а также преимущества и недостатки всех видов теплообменных аппаратов.

Произведены тепловые и прочностные расчеты теплообменного оборудования. Разработан технологический процесс ремонта в соответствии с ведомостью дефектов кожухотрубного теплообменника.

УДК 513-2.135

*Коровин Н.А., Якунин С.С., Козлов А.М.*

(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И.Менделеева)

### **ШЛИФОВАЛЬНОЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЕ К ТОКАРНОМУ СТАНКУ**

В связи с отсутствием на кафедре ОХП кругло-шлифовального металлорежущего оборудования было принято решение об изготовлении универсального шлифовального приспособления к токарному станку. Из возможных вариантов был выбран наиболее приемлемый для условий ремонтной мастерской: в качестве привода к наждачному кругу использовать бытовую компактную электрическую дрель, зажимаемую в резцедержатель токарного станка.

Для закрепления дрели в штатном резцедержателе было спроектировано и изготовлено зажимное приспособление в виде хомута с приваренным к нему телом резца для надёжной фиксации дрели. Хомут устанавливается на шейке корпуса дрели путём его охвата и фиксирует дрель в наиболее удобоваримом положении по отношению к обрабатываемой заготовке, сам хомут – в резцедержателе станка. Малогабаритный шлифовальный круг, закрепляется в патроне электродрели с помощью цилиндрической оправки, установленной в центральном отверстии круга и надёжно закреплён резьбовым прижимом.

Все работы по проектированию и изготовлению элементов шлифовального приспособления выполнены студентами в условиях мастерской кафедры ОХП.

Проведённые испытания шлифовального приспособления к токарному станку позволили сделать заключение не только о его работоспособности, но и возможности обработки цилиндрических и конических деталей, а также при смене инструмента на войлочный круг, производить полировальные работы, а конструкция дрели позволяет регулировать число оборотов инструмента.

На рисунке 1 представлено приспособление в рабочем положении на токарном станке.



Рисунок 1. Шлифовальное приспособление к токарному станку.

УДК 621.1

*Чумичев А.Л., Тришкин Д.С., Бегова А.В.*

(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И.Менделеева)

**ФОРМИРОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ  
МАТЕРИАЛОВ»**

Технология конструкционных материалов – наука, изучающая процессы получения металлов и сплавов и их формообразование от заготовок (полуфабрикатов) до готовых к применению деталей машин и аппаратов. Основным результатом изучения данного курса является познание основ технологий: металлургического производства черных и цветных металлов и сплавов; литейного производства заготовок из стали и чугуна; обработки металлов давлением; сварочного производства и т.д. Структура изучения дисциплины включает в себя изучение лекционного материала и получения навыков при проведении лабораторных работ.

Одной из лабораторных работ является проведение макроскопического исследования сталей и чугунов. Макроанализ заключается в определении строения металла путем просмотра его излома или специально подготовленной поверхности невооруженным глазом или через лупу при небольших увеличениях — до 30 раз. Это позволяет наблюдать одновременно большую поверхность и получить представление

об общем строении металла и о наличии в нем определенных дефектов.

С помощью макроанализа можно определить:

1. Нарушение сплошности металла: усадочную рыхлость, газовые пузыри и раковины, пустоты, образовавшиеся в литом металле, трещины, возникшие при горячей механической или термической обработке, флокены, дефекты сварки (в виде непровара, газовых пузырей, пустот);

2. Дендритное строение и зону транскристаллизации в литом металле;

3. Химическую неоднородность сплава (ликвацию);

4. Неоднородность строения сплава, вызванную обработкой давлением: полосчатость, а также линии скольжения (сдвигов) в наклепанном металле;

5. Неоднородность, созданную термической или химико-термической обработкой.

УДК 621.78

*Попов А.А., Астахов М.С., Козлов А.М.*

(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И.Менделеева)

### **ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПЛУНЖЕРОВ ХИМИЧЕСКИХ НАСОСОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ**

В ряде отечественных производств химической промышленности находят широкое применение плунжерные насосы высокого давления различного исполнения и типоразмеров.

Новомосковская акционерная компания «Азот» в практике производства минеральных удобрений использует плунжерные насосы немецких фирм «Wjrtgingnjn» и «Uraka», чешской «Sigma» и итальянской «Pegoni». В частности, в цехе производства карбамида эксплуатируются триплекс-насосы фирмы «Uraka» как при транспортировке углеаммониевых солей (УАС), так и для перемещения жидкого аммиака. Наиболее уязвимыми с точки зрения износостойкости этих насосов являются цилиндро-плунжерная группа деталей и клапанные узлы.

В ходе эксплуатации происходит изнашивание ряда элементов конструкции насоса, в частности: плунжеров, изготовленных из стали 45 ГОСТ 1050-88, клапанов всаса и нагнетания, шевронной сальниковой набивки из фторопласта 4К30. Наиболее дорогостоящей деталью из перечисленных является плунжер, именно по этой причине было принято решение исследовать возможность его восстановления и выбрать наиболее приемлемый метод.

Поскольку стоимость нового плунжера лежит в пределах 2,5 тысяч долларов, а его приобретение в условиях действия санкций, наложенных РФ странами ЕС, весьма проблематичны, в настоящей работе была рассмотрена возможность восстановления работоспособности вышедших из строя плунжеров силами ремонтной службы предприятия.

Уплотнение плунжера в цилиндре осуществляется сальниковым узлом (рис.1), основным рабочим телом которого является мягкая сальниковая набивка (фторопластовая шевронная лента или асбестовый шнур с фторопластовой пропиткой), разделённая на две зоны металлическими кольцами (фонарями), в свободные полости которых подаётся паровой конденсат из цеховой сети под давлением 0,1 МПа и температурой около 40° С, в количестве порядка 120 л/ч. Для растворения кристаллов УАС, попадающих в сальник.

ГРАФИК ИЗМЕНЕНИЯ ПРОФИЛЯ ПОВЕРХНОСТИ ПЛУНЖЕРА

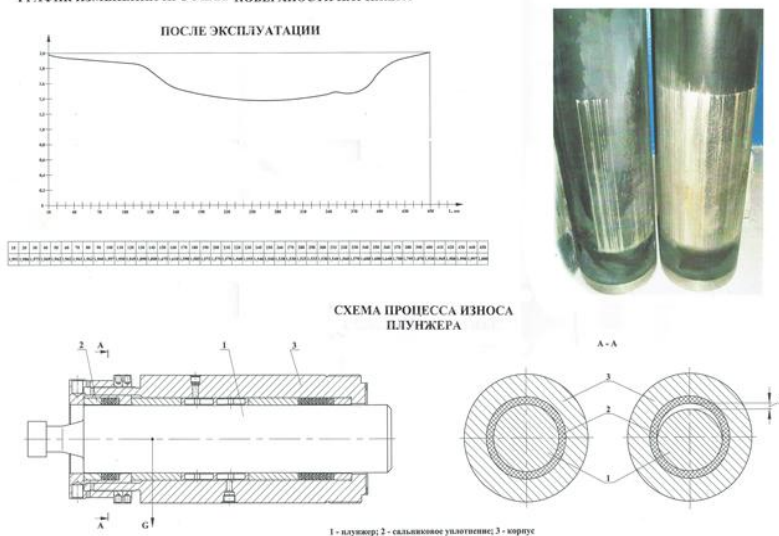


Рисунок 1. Обобщённый график разрушения поверхности плунжера в процессе эксплуатации в цехе карбамида. Сальниковый узел насоса высокого давления.

Визуальное изучение характера разрушения поверхностного слоя 4-х комплектов плунжеров (всего 12 штук), вышедших из строя и отбракованных, показало наличие множественных параллельных рисок на рабочей поверхности плунжеров различной глубины и интенсивности их расположения (рис.1). Риски представляют собой либо чётко различимые параллельные борозды на поверхности плунжера, либо сплошной износ всей площади рабочей поверхности. На ряде плунжеров,

имеющих сравнительно незначительный износ, занимаемая рисками поверхность составляла примерно две трети или три четверти цилиндра, располагающаяся по всей видимости в нижней его части и возникающая под дополнительным действием веса самого плунжера.

Что касается характера общего разрушения поверхности плунжеров, то наибольшая степень износа соответствует средней части рабочей поверхности (от 0,5 до 3,5 мм) и в «мёртвых точках» (0,4-1,7мм), где скорость скольжения плунжера близка «0» и меняется направление его движения (рис.1). Кроме того, были выявлены на отдельных плунжерах локальные дефекты в виде местных вмятин глубиной от 0,1 до 0,25 мм, мелкие трещины и язвы весьма незначительных размеров.

Отклонение от номинального размера на всех плунжерах было выявлено в средней части рабочей зоны и достигало величины порядка 1,26 мм, что позволяет сделать вывод о возможности восстановления путём наращивания размеров дефектной зоны.

Характер разрушения поверхности, её геометрия, картина размещения рисок свидетельствуют о преобладающей механической природе изнашивания, скорее всего абразивного происхождения.

Литературный анализ известных способов ремонта подобного рода изделий позволил выбрать методы восстановления геометрических параметров плунжеров насосов высокого давления с одновременным повышением их абразивной стойкости применительно к возможностям ремонтной базы предприятия. Это следующие технологические процессы: ручная электродуговая наплавка износостойкими материалами и твёрдыми сплавами, газотермическое нанесение покрытий самофлюсующимися порошками с последующим оплавлением, электродуговая металлизация инструментальными сталями и сплавами, плазменное напыление износостойкими материалами.

Газотермическое нанесение порошковых материалов включает процессы предварительного нагрева напыляемой поверхности ремонтируемой детали пропано-кислородным пламенем специальной горелкой с дозатором порошка до температуры порядка 200-250<sup>o</sup>С. Формирование подслоя осуществляется порошком на никелевой основе ПН85 Ю15, затем наносится основное покрытие само флюсующимся порошком ПГ-СР4 ГОСТ 21448-75 путём местного нагрева напылённого изделия до температуры 1020-1100<sup>o</sup> С и последующим медленным охлаждением всего изделия в сухом песке до температуры 600-800<sup>o</sup>С. Последующее оплавление покрытия производится той же горелкой, пламя которой располагается к плоскости нагрева под углом 30-60<sup>o</sup>. Момент оплавления определяется по характерному «запотеванию», появлению блеска расплавленного покрытия на поверхности. Окончатель-

ная обработка после газотермического и плазменного напыления с последующим оплавлением- абразивная обработка (круглое шлифование) карборундовым кругом при подаче 0,05 м/с со скоростью его вращения 25-30 м/с.

Металлографический анализ поперечных шлифов, вырезанных из указанных образцов вулканитовым отрезным кругом при интенсивном водяном охлаждении, показал, что наиболее приемлемым и технологичным методом восстановления плунжеров может быть электродуговая металлизация пружинной проволокой из стали 60 или газотермическое напыление самофлюсующимся порошком ПГ – СР4 ( $t_{пл} = 990^{\circ}\text{C}$ , HRC 58-62). Исходя их технико-экономических соображений наиболее дешёвым способом из вышеназванных является электродуговая металлизация с последующей механической обработкой, включающей чистовое точение и шлифование в номинальный размер. Толщина предварительно наносимого покрытия может достигать 6 мм при незначительной пористости, достаточно высокой адгезии покрытия и сравнительно невысоких расходах электрической энергии и напыляемого материала.

На кафедре ОХП НИ РХТУ им. Д.И.Менделеева разработаны подробные маршруты технологических процессов ремонта деталей типа тел вращения по всем представленным в данной работе методам восстановления, которые, после соответствующей корректировки, могут быть использованы в производстве.

Исходя их технико-экономических соображений наиболее дешёвым способом из вышеназванных является электродуговая металлизация с последующей механической обработкой, включающей чистовое точение и шлифование в номинальный размер. Толщина предварительно наносимого покрытия может достигать 6 мм при незначительной пористости, достаточно высокой адгезии покрытия и сравнительно невысоких расходах электрической энергии и напыляемого материала.

*Научное издание*

**XXIV научно-техническая конференция  
молодых ученых, аспирантов, студентов**

**Химия и химическое машиностроение**

Компьютерная верстка Е.Н. Голубина

Редактор Туманова Е.М.

Подписано в печать 04.05.2022 г. Формат 60x84<sup>1/16</sup>

Бумага «Комус». Отпечатано на ризографе.

Усл. печ. л. 4,9. Уч.- изд. л. 3,1.

Тираж 50 экз. Заказ № 12/8.

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

Новомосковский институт (филиал). Издательский центр

Адрес университета: 125047, Москва, Миусская пл., 9

Адрес института: 301655 Тульская обл., Новомосковск, ул. Дружбы, 8