

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

XXV НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ, АСПИРАНТОВ, СТУДЕНТОВ

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Химия, химическая технология и машиностроение



Новомосковск,
2023

УДК 378:082.2(043.2)

ББК 74.58

Д 259

Д 259 XXV научно-техническая конференция молодых ученых, аспирантов, студентов. Тезисы докладов. Химия, химическая технология и машиностроение / ФГБОУ ВО РХТУ им. Д.И. Менделеева, Новомосковский институт (филиал). Новомосковск, 2023. – 95 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 технических наук М.М. Моисеев

доцент, кандидат экономических наук Ю.В. Кулакова

доцент, кандидат технических наук Ю.В. Гербер

© ФГБОУ ВО «Российского химико-технологического
университет им. Д.И. Менделеева»,
Новомосковский институт (филиал), 2023

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ «ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ»	7
<i>Давыдов В.В., Башлаев Л.А., Голубина Е.Н.</i> Синтез гидрофобных материалов в поле колебаний резонансной частоты.....	7
<i>Барина Д. Д., Давыдов В.В., Башлаев Л.А., Голубина Е.Н., Кизим Н.Ф.</i> Разработка материалов с несмачиваемой поверхностью.....	8
<i>Райков Г.А., Маныч А.А., Расков Е.С., Ильина С.И.</i> Перспективы использования силиконов для матриц ионообменных смол.....	9
<i>Гилязова О.Р., Акимов А.С., Моисеев М.М.</i> Исследование катализаторов на основе оксидов марганца для процессов дожигания органических примесей в газовых выбросах.....	12
<i>Кабанова Д.Н., Макрушин Н.А., Голубина Е.Н., Кизим Н.Ф.</i> Исследование экстракции металлов ди-(2-этилгексил) фосфорной кислотой при помощи спектральных и квантовохимических методов.....	13
<i>Кондрашова А.С., Гусева А.А., Кашинская А.В., Макрушин Н.А., Дульнев А.В.</i> Теоретическая оценка влияния метионина на каталитическое гидрирование жиров.....	14
<i>Матузенко М.В., Моисеев М.М.</i> Исследование катализаторов окисления метана.....	15
<i>Матросова Ж. В., Балашова Р.В.</i> Выбор промышленного метода получения АБС-сополимера.....	16
<i>Бурдасова М.Н., Балашова Р.В.</i> Выбор способа получения стирола....	17
<i>Юдин А.Ю., Балашова Р.В.</i> Предпроектная разработка способа получения метанола.....	18
<i>Корзиенко Н.И., Лебедев К.С.</i> Переработка отходов акриловых полимеров.....	19
<i>Александров Д.А., Плешкевич Д.В., Саиф Хани Валид Наджи Ахмед, Калистратова А.С., Громова А.Н., Коробко Е.А., Григоров И.В., Алексеев А.А.</i> Модификация АБС-пластиков.....	20
<i>Думчев А.К., Алексеев А.А. мл.</i> Смеси ударопрочного полистирола с полипропиленом и их переработка.....	21
<i>Купцова Д.С., Алексеев А.А. мл., Коробко Е.А.</i> Вспучивающиеся эпоксидные покрытия.....	22
<i>Алешин Д.А., Коробко Е.А., Алексеев А.А.</i> Дугогасительные камеры выключателей нагрузки типа ВНА и материалы для их производства.....	23
<i>Лактюхин Д.И., Коробко Е.А., Алексеев А.А.</i> Исследование смесей жесткого пвх-материала с сополимером АБС-2020.....	24
<i>Плешкевич Д.В., Коробко Е.А., Алексеев А.А.</i> Устранение запаха АБС-пластиков.....	25

<i>Шеремет И.И., Федулеев М.М., Пальникова В.А., Ландин А.Ю., Григоров И.В., Алексеев А.А. мл., Коробко Е.А., Алексеев А.А.</i> Сепараторы для свинцовоокислотных аккумуляторов: кратко история, ситуация сегодня и перспективы производства в России.....	26
<i>Сидяков С.А., Коробко Е.А., Алексеев А.А.</i> Совершенствование свойств эпоксидных клеев.....	27
<i>Мызников Е.В., Коробко Е.А., Алексеев А.А.</i> Модификация кетонами аминных отвердителей эпоксидных олигомеров.....	28
<i>Саиф Хани Валид Наджи Ахмед, Коробко Е.А., Алексеев А.А.</i> Частичный гидролиз АБС – сополимеров.....	29
<i>Федулеев М.М., Коробко Е.А., Алексеев А.А.</i> Кремнийорганические олигомерные диамины для модификации эпоксидных плёнообразующих.....	30
<i>Сорокина С.С., Филимонов В.Н.</i> Количественный контроль содержания ионов цинка в сточных водах.....	31
<i>Чертыковцева Л.О., Филимонов В.Н.</i> Мониторинг количественного присутствия ионов алюминия в сточных водах.....	32
<i>Титов А.А., Быков В.И., Ильина С.И., Равичев Л.В.</i> Разработка математического описания процессов переноса электрического заряда.....	33
<i>Маслова В.В., Пустынников Е.О., Быков В. И., Ильина С.И.</i> Концентрация концентратов обратноосмотического разделения морских и океанских вод с помощью установки электродиализа.....	35
<i>Черепковский М. С., Добрыднев С.В.</i> Растворение металлического олова в метан-сульфоновой кислоте.....	38
<i>Гришкова Д.М., Гришкова Е.М., Добрыднев С.В.</i> Изучение кинетики реакций термолитиза газоволюмометрическим методом.....	42
<i>Харитонов Н.П., Горохова М.Н.</i> Исследование синтеза геминальных дибромциклопропанов в условиях межфазного катализа.....	46
<i>Верниченко Д.Г., Харитонов Н.П., Горохова М.Н.</i> Исследование процесса экстракции крапивы двудомной раствором этанола.....	48
<i>Мачнева И.С., Овечкина М.В., Горохова М.Н.</i> Циклопропанирование галогенкарбенами.....	49
<i>Ворошилин Я.С.</i> Получение покрытий с заданной величиной краевого угла.....	50
<i>Харитонов Н.П., Верниченко Д.Г., Моисеев М.М.</i> Проблема стоков капролактама и способы ее устранения.....	51
<i>Булатова Д.А., Барышников К.К., Сухинина О.А.</i> Энтеросорбенты на основе высокомолекулярных соединений кремния.....	52
<i>Потемкин Е.М., Рожкова Д.И., Сухинина О.А.</i> Совершенствование свойств антацидных лекарственных препаратов на основе неорганических соединений.....	53

<i>Непряхина Е.Н., Чеснокова Д.Д., Семак М.А., Иваненко О.И.</i> Лекарственные препараты группы кардиотонических гликозидов.....	54
<i>Мещерякова В.А., Бондарев В.П., Иваненко О.И.</i> Лекарственные препараты на основе изотимола.....	55
<i>Цыплакова Е.А., Юрова Е.В., Селина В.А., Новиков А.Н.</i> Методика синтеза сукцината аммония.....	56
<i>Павлова Е.А., Морозова С.С., Пискарев Н.А., Новиков А.Н.</i> Объемные вклады функциональных групп молекул органических веществ в N-метилпирролидоне при 298,15 К.....	57
<i>Архипова П.С., Букша Т.А., Попова Е.А., Дорохин С.В., Новиков А.Н.</i> Определение энтальпии процесса гидратации безводной соли с образованием кристаллогидрата.....	58
<i>Щукина И.А., Дедов Н.А., Ильина Т.А., Меер К.Е., Костылева Е.И.</i> Получение гидрофобных покрытий на основе олигоалкилгидридсилоксанов.....	59
<i>Ильина Т.А., Щукина И.А., Дедов Н.А., Орлова Е.А., Костылева Е.И.</i> Самоочищающиеся покрытия для строительных материалов на основе полиорганогидридсилоксанов и фотокаталитически активного диоксида титана.....	60
<i>Минаева В.А., Ильина Т.А., Щукина И.А., Дедов Н.А., Костылева Е.И.</i> Фотокаталитическая активность наноразмерных частиц диоксида титана, легированного церием и диспрозием.....	62
<i>Дедов Н.А., Ильина Т.А., Щукина И.А., Черненко С.В., Костылева Е.И.</i> Кремнийорганические блок-сополимеры для гидрофилизации полимеров и стекла.....	63
<i>Кулямзина П.Б., Кизим Н.Ф.</i> Экстракция ванадия(V) изоамиловым спиртом из раствора, содержащего ванадий(V) и серную кислоту.....	64
<i>Чекмазов Е.Г.</i> Повышение чувствительности и спектрального разрешения спектрометров ЭПР.....	67
<i>Трофимова Д.И.</i> Выбор математической модели анализа и прогнозирования заболеваемости коронавирусом в Тульской области.....	69
<i>Петров В.С.</i> Перспектива замены литий-ионных аккумуляторных батарей на натрий-ионные.....	72

СЕКЦИЯ "ИНЖЕНЕРНАЯ МЕХАНИКА И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ".....

<i>Якунин С.С., Астахов М.С., Каменский М.Н.</i> Разработка конструкции адсорбера для сероочистки природного газа.....	75
<i>Сорсов К.И., Марков М.В., Грибчан Е.В., Каменский М.Н.</i> Применение композиционных материалов в машиностроении.....	76

<i>Подколзин А.А., Гражданкина Т.В., Козлов К.С.</i> Повышение надёжности гидросистем мобильного оборудования.....	80
<i>Никандров С.Н., Бегова А.В.</i> Разработка конструкции колонны синтеза метанола.....	82
<i>Калугин И.А., Каменский М.Н.</i> Усовершенствование ручки шарового крана на дожимной компрессорной станции газового промысла.....	83
<i>Давыдов В.В., Власов Д.А., Башлаев Л.А., Козлов А.М.</i> Разработка экологически эффективной технологии очистки природного газа при производстве автомобильного и авиационного топлива.....	84
<i>Россихин В.А., Чумичев А.Л., Лобанов Н.Ф.</i> Усовершенствование конструкции плазматрона-распылителя.....	86
<i>Кениг А.В., Зимин А.И., Суменков А.Л.</i> Плазмохимические реакторы для синтеза нанопорошков.....	87
<i>Кузнецов Н.Р., Каменский М.Н.</i> Разработка конструкции реактора со змеевиковым теплообменником.....	88
<i>Башлаев Л.А., Толгатов Т.М., Каменский М.Н.</i> Перспективная конструкция колонны синтеза карбамида.....	89
<i>Калугин И.А.</i> Устранение подклинивания ламелей на заслонке горячего воздуха газоперекачивающего агрегата.....	91
<i>Леяков Л.В., Бегова А.В.</i> Обоснование замены игольчатого подшипника в шатуне углового поршневого воздушного компрессора.....	92
<i>Кениг А.В., Суменков А.Л., Зимин А.И.</i> Определение коэффициентов трения нанопорошков.....	93
<i>Коровин Н.А., Лобанов Н.Ф.</i> Выбор типа абсорбционной колонны.....	94

СЕКЦИЯ «ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ»

УДК 541.13

Давыдов В.В., Башлаев Л.А., Голубина Е.Н.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

СИНТЕЗ ГИДРОФОБНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПОЛЕ КОЛЕБАНИЙ РЕЗОНАНСНОЙ ЧАСТОТЫ

Одной из актуальных задач в области химии, химической технологии и материаловедения является получение материалов с заданной гидрофобностью. Спектр использования таких материалов очень широк и затрагивает медицину, энергетику, строительную, оборонную, стекольную и другие отрасли промышленности. Материалы с высокой гидрофобностью необходимы для модификации поверхности самоочищающихся оконных стекол, непокрываемых льдом или снегом проводов линий электропередач, антенн, непромокаемой одежды и др.

Целью работы - получение гидрофобных материалов межфазных синтезом на границе раздела двух несмешивающихся жидкостей в поле колебаний резонансной частоты.

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.

Показано, что локальное колебательное воздействие на межфазный слой в системе из двух несмешивающихся жидкостей во время межфазного синтеза может быть использовано для качественного изменения смачиваемости поверхности подложки, на которую перенесен материал межфазных образований (ммо), делая её гидрофобной или гидрофильной за счет различного структурирования, подобно «эффекту листа лотоса». Варьируя состав системы, условия проведения процесса, параметры внешнего силового поля можно получать материал с заданной величиной краевого угла (от 30 до 163⁰), улучшая потребительские качества его носителя.

Величина краевого угла зависит от частоты колебаний, приложенного напряжения, природы растворителя и металла, времени синтеза ммо. Установлена корреляция между долей кристалличности, коэффициентом шероховатости и содержанием воды в составе ммо. Более высоких значений краевого угла удается достичь за счет создания в сис-

теме более упорядоченной структуры, ввиду влияния колебательного воздействия на процесс самосборки формирующихся наночастиц. Увеличение гидрофобности покрытия также обусловлено и более высоким накоплением ди-(2-этилгексил)фосфата металла в переходном слое.

Работа поддержана грантом Правительства Тульской области в сфере науки и техники ДС/131 от 22.07.2022 г.

УДК 541.13

Баринова Д. Д., Давыдов В.В., Баилаев Л.А., Голубина Е.Н., Кизим Н.Ф.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

РАЗРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ С НЕСМАЧИВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

В последнее время одним из основных направлений технического прогресса является производство материалов, обладающих гидрофобными и супергидрофобными свойствами. Для придания поверхности изделия несмачиваемости водой часто используют покрытие ее гидрофобным материалом. Водоотталкивающая способность материала позволит решить многие проблемы. Области применения гидрофобных покрытий многообразны, в частности, противозапотевающие стекла, противообледенительные покрытия, легкоомоющиеся архитектурные стекла, обезжиренная поверхность для посуды и другие. Также следует отметить: инженерию, электронику, оптику, катализ, материаловедение и медицину.

Целью работы – разработка материалов с заданной величиной краевого угла смачивания, установление влияния различных факторов на смачиваемость материала.

В результате химической реакции между катионами РЗЭ и молекулами Д2ЭГФК происходит образование молекул средней и немного основных солей ди-(2-этилгексил)фосфата лантаноида, способных образовывать в результате самосборки наночастиц, процессов коагуляции и полимеризации материал межфазных образований. Обладая хорошей адгезионной способностью, материал межфазных образований может быть извлечен из динамического межфазного слоя и перенесен на подложку. Материал межфазных образований обладает свойством гидрофобности; капля воды, помещенная на поверхность, имеет форму близкую к сферической.

Варьируя состав системы, условия проведения процесса можно получать материал с заданной гидрофобностью (краевой угол $15 - 130^\circ$), который можно использовать для нанесения на поверхность из-

делий, улучшая их потребительские качества. Получение материала с заданными свойствами является элементом совершенствования технологии «умных» покрытий. Расширение знаний в области свойств структурированных пленок позволяет осуществлять управление их получением, что важно как в теоретическом, так и в прикладном отношении.

Работа поддержана грантом Правительства Тульской области в сфере науки и техники ДС/135 от 22.07.2022 г.

УДК 661.183.123

Райков Г.А., Маныч А.А., Расков Е.С., Ильина С.И.
(РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИЛИКОНОВ ДЛЯ МАТРИЦ ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ

Ионный обмен является одним из широко используемых методов в различных областях промышленности: металлургической, химической, коксохимической, машиностроительной, фармацевтической, кожевенной и других. Иониты широко используются для выделения и разделения разнообразных органических и неорганических ионов. С помощью ионитов можно улавливать ионы ценных элементов из природных растворов и отработанных сточных вод. Применение этого метода позволяет разрабатывать технологии замкнутого цикла, то есть извлекать и утилизировать ценные примеси (соединения мышьяка, фосфора, а также хром, цинк, свинец, медь, ртуть и другие металлы), одновременно очищая сточную воду до предельно допустимых концентраций с последующим ее использованием в технологических процессах или системах оборотного водоснабжения.

Традиционно в качестве матрицы для изготовления ионообменных смол предпочтение отдаётся полимерам с углеродным скелетом, например: полистирол, в который вводят дивинилбензол, способный сшивать межмолекулярные связи, в результате чего получаются сополимеры с устойчивой трёхмерной структурой макромолекул. Способность к ионообменным процессам матрица приобретает после присоединения к ней функциональных групп, которые делятся на катионные ($-\text{SO}_3\text{H}$, $-\text{COOH}$ и т.д.) и анионные ($-\text{R}_3\text{NOH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{R}_3\text{N}$ и т.д.) [1].

В промышленных условиях ионообменники часто требуется использовать при относительно высоких температурах, однако, одним из существенных ограничений по их применению является узкий температурный диапазон эксплуатации.

В связи с этим перспективным направлением является разработка матриц на основе силиконов, так как они обладают более высокой термической, эксплуатационной и коррозионной устойчивостью [2]. Идея использования атомов кремния для строения скелета матриц ионитов не является новой и одним из распространённых примеров является силикагель. Применение же кремнийорганических соединений для матрицы ионитов помимо повышения термической стойкости может способствовать созданию материалов с заданными свойствами. Необходимо отметить и то, что благодаря своей пористости ряд силиконовых каучуков обладает хорошими сорбционными свойствами, что является и важной характеристикой ионитов.

Рассмотрим один из распространённых силиконовых каучуков, а именно, полидиметилсилоксан (ПДМС).

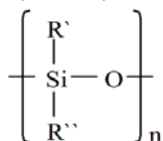


Рис. 4. Общая структурная формула силиконовых каучуков [3]

Полидиметилсилоксан, как и многие другие кремнийорганические соединения, обладает хорошей термической и химической стабильностью [3]. Одним из многочисленных методов применения ПДМС является поглощение летучих органических соединений, таких как: алканы, ароматические соединения, альдегиды, кетоны, кислоты, сложные эфиры и спирты, путем нанесения гидрофобного покрытия из ПДМС на активированный уголь. Таким образом, адсорбент сохраняет поглощательные свойства как при низкой, так и высокой относительной влажности в широком спектре температур [4]. Как следует из экспериментальных данных сорбции [5], температурные зависимости удельного объема удерживания V_g^T метанола и пиридина от температуры, показанных на рис. 5.

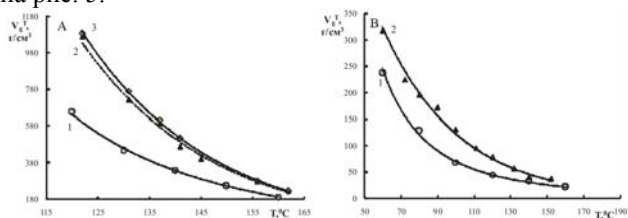


Рис. 5. Температурные зависимости удельного объема удерживания V_g^T : метанола (А), пиридина (В), 1 - ПМС-100; 2 - "ПМС ПМС-100-Methyl-β-ЦД" [6].

Для вышеприведённых зависимостей в качестве матрицы сорбента был использован полидиметилсилоксан марки ПМС-100, и гептакис (2, 3, 6 - три - О -метил) - β - циклодекстрин как макроциклическая добавка. Предельная рабочая температура ПМС-100 составляет 200 – 300 °С [6], что значительно превышает предельный температурный рабочий диапазон ранее рассмотренных матриц.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что силиконовые матрицы представляют перспективную альтернативу существующим матрицам ионообменных смол, что позволяет проводить ионообменные процессы при повышенных температурах, и, как следствие, повысить эффективность ионообменных процессов путём увеличения температуры в ионообменных аппаратах.

Список литературы:

[1] О.А. Шпигун, Ю.А. Золотов, Ионная хроматография и её применение в анализе вод. Москва. Изд-во МГУ, 1990. С. 20 – 23.

[2] А.А. Титов, С.И. Ильина, Альтернативные материалы для ионообменных мембран. Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, РФ, г. Москва, 2021.

[3] В.В. Парашук, А.В. Волков, Полимерные материалы и мембраны для нанофильтрации органических сред. Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской академии наук, Москва, 2008.

[4] Xiuquan Li, Li Zhang, Zhongqing Yang, Ziqiang He, Peng Wang, Yunfei Yan, Jingyu Ran, Hydrophobic modified activated carbon using PDMS for the adsorption of VOCs in humid condition. Chongqing University, Chongqing, China, 2020.

[5] Deepika Lakshmi Ramasamy, Shoaib Khan, Eveliina Repo, Mika Sillanpää, Synthesis of mesoporous and microporous amine and non-amine functionalized silica gels for the application of rare earth elements (REE) recovery from the waste water-understanding the role of pH, temperature, calcination and mechanism in Light REE and Heavy REE separation. Laboratory of Green Chemistry, Lappeenranta University of Technology, Mikkelä, Finland, 2017.

[6] В.И. Платонов, Ю.Г. Кураева, Л.А. Онучак, Д.М. Казуров, И.С. Гончарова, Сорбционные свойства смешанной стационарной фазы “полидиметилсилоксан-перметилированный β - циклодекстрин” в условиях газовой хроматографии, 2012.

(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И. Менделеева)
**ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ОКСИДОВ
МАРГАНЦА ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ДОЖИГАНИЯ
ОРГАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ В ГАЗОВЫХ ВЫБРОСАХ**

Каталитическое дожигание в настоящее время является наиболее перспективным способом очистки отходящих газов промышленных предприятий и выхлопных газов автотранспорта от токсичных органических примесей. Наиболее активны и универсальны в данном процессе катализаторы на основе драгметаллов (Pt, Pd), однако, они весьма дороги. Поэтому актуальной задачей является разработка контактов на основе соединений переходных металлов, которые по своим характеристикам не уступают катализаторам, приготовленных с использованием драгметаллов. Анализ литературных данных позволяет сделать вывод о перспективности использования для процессов дожигания катализаторов на основе оксидов марганца, характеризующихся достаточно низкой энергией связи поверхностного кислорода, что предопределяет их высокую активность в окислительно-восстановительных реакциях.

В ОАО "НИАП-КАТАЛИЗАТОР" были приготовлены нанесенные образцы катализаторов различного состава на основе соединений марганца. Изучено влияние условий приготовления (характеристики носителя, различные предшественники активного состояния, концентрация пропиточного раствора, число пропиток) на химический состав и каталитические свойства образцов. Проведены физико-химические исследования полученных катализаторов на различных стадиях приготовления с использованием методов РФА, ДТА, ИКС, определена удельная поверхность, пористость, механическая прочность. По данным рентгенографического исследования в составе образцов в зависимости от условий получения фиксируется наличие различных оксидов марганца: MnO_2 , Mn_2O_3 , Mn_3O_4 . Испытания активности образцов проводили в тестовой реакции дожигания бензола на лабораторной установке проточного типа при $K=30000 \text{ ч}^{-1}$ и концентрации бензола в воздушном потоке 4-6 г/м³. Температура достижения 50%-ной степени превращения бензола находится в пределах 220-390°C, степень очистки на 99-100% достигается при 280-450°C. Предлагаемые катализаторы практически не теряют активность после проведения перегревов в реакционной среде при 650°C, в отдельных случаях термостабильны до 900°C.

УДК 66.061

Кабанова Д.Н., Макрушин Н.А., Голубина Е.Н., Кизим Н.Ф.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСТРАКЦИИ МЕТАЛЛОВ ДИ-(2-ЭТИЛГЕКСИЛ)ФОСФОРНОЙ КИСЛОТОЙ ПРИ ПОМОЩИ СПЕКТРАЛЬНЫХ И КВАНТОВОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

В настоящее время широкое распространение в процессе экстракции получили кислые фосфорорганические растворители. Они отличаются высокими кинетическими показателями, малой растворимостью в воде и достаточной устойчивостью в процессе работы. Наиболее перспективным экстрагентом считают ди-2-этилгексилфосфорную кислоту (Д2ЭГФК).

Согласно данным масс-спектрометрии Д2ЭГФК в основном существует в виде димеров (заметный пик при $m/z = 645,0$). В смеси с другими реагентами, в частности, с трибутилфосфатом (ТБФ) в спектре появляются два новых пика при $m/z = 321,3$ и $m/z = 531,1$, которые отнесены к мономерам Д2ЭГФК и димерам ТБФ соответственно. Этот результат указывает на то, что часть водородных связей, связывающих мономеры кислоты в виде димеров могут разрушаться и превращаться в мономеры после добавления ТБФ.

ИК-Фурье спектры хорошо передают структуру углеводородного скелета молекулы Д2ЭГФК. В частности, интенсивные спектральные полосы с частотами 2960, 2920 и 2860 см^{-1} соответствуют валентным колебаниям связи С-Н фрагментов CH_3 , CH_2 и CH соответственно.

В спектральном диапазоне 1460 – 1380 см^{-1} наблюдаются полосы, отвечающие деформационным колебаниям связи С-Н фрагментов С- CH_3 (антисимметричные), $-\text{CH}_2-$ и С- CH_3 (симметричные).

Полоса в спектрах с частотой 725 см^{-1} может быть отнесена к колебаниям скелета полиметиленовой цепи $-(\text{CH}_2)_4-$ углеводородного заместителя, а с частотой 768 см^{-1} - к колебаниям скелета функциональной группы $-\text{O}-(\text{CH}_2)_4-$ Д2ЭГФК.

Три интенсивные полосы с частотами 1180, 1100 и 1030 см^{-1} имеют сложный вид, напоминающий дублет. Объяснить это можно тем, что с одной стороны они обусловлены колебаниями углеводородного скелета, в составе которого содержится третичный атом углерода (1170 см^{-1}), а с другой – колебаниями функциональных групп, содержащих в своем составе атом фосфора.

Для более детальной оценки строения молекулы Д2ЭГФК в процессе взаимодействия с атомами различных металлов проведены квантовохимические расчеты соответствующих систем.

УДК 66.097.36

*Кондрашова А.С.¹, Гусева А.А.¹, Каишинская А.В.², Макрушин Н.А.^{1,2},
Дульнев А.В.²*

¹Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

²ООО «НИАП-КАТАЛИЗАТОР»)

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МЕТИОНИНА НА КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ГИДРИРОВАНИЕ ЖИРОВ

Для исследования механизма биохимических процессов с участием различных аминокислот в последнее время широко используются методы молекулярного моделирования. Особое значение и актуальность вычислительный эксперимент приобретает в случаях, когда необходимую задачу очень сложно или практически невозможно реализовать на практике по причинам сложности или невозможности практической реализации эксперимента.

К таким процессам относится каталитическое гидрирование растительных жиров, различающихся по составу, свойствам, способам получения и применения. Для этого используются импортные катализаторы на основе никеля, палладия, платины, меди, хрома, кобальта, магния и др. металлов. Никелевый катализатор в восстановленной форме является наиболее перспективным из перечисленных выше. Для расширения каталитических возможностей в него дополнительно вводится сера в виде сульфида.

Проблема эксплуатации такого катализатора возникает в случае, когда в составе гидрируемого растительного жира содержится метионин - незаменимая алифатическая серосодержащая α -аминокислота, имеющая химическую формулу $C_5H_{11}NO_2S$. В этом случае сера, входящая в состав метионина, может оказывать конкурирующее влияние в каталитическом процессе гидрирования жира с серой, входящей в состав катализатора.

В настоящей работе с целью теоретической оценки влияния серы, входящей в состав метионина, на катализатор гидрирования жира были проведены квантовохимические расчеты молекулярных моделей при помощи полумпирического метода РМЗ, немпирических расчетов в приближении Хартри-Фока и методе функционала плотности. Использованы пакеты квантовохимических программ HyperChem, Prigoda и Firefly. Полученные результаты сопоставлены с данными рентгенофазового и дифференциально-термического и гравиметрического анализов.

Предварительные результаты указывают на то, что сера, входящая в состав аминокислоты может оказывать влияние на работу катализатора.

(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И. Менделеева)
ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ ОКИСЛЕНИЯ МЕТАНА

Во многих технологических процессах химической, металлургической и других отраслей промышленности используются инертные газы высокой чистоты. При этом ограничивается содержание и кислорода, и углеводородов. Наиболее эффективным способом получения чистых газов является их каталитическая очистка.

В процессе очистки инертных газов от кислорода наибольшее применение в качестве гидрирующего компонента находит водород. Однако, некоторые производства не имеют источников водорода. В связи с этим, в качестве восстановителя нами предложено применение углеводородных газов, в частности метана. В этом случае процесс осуществляют при соотношении $\text{CH}_4/\text{O}_2 \geq 0,5$. Наибольшую активность в данном процессе проявляют палладиевые и платиновые катализаторы. Но, ввиду высокой стоимости, они вытесняются катализаторами, не содержащими драгоценных металлов.

В качестве базового был взят никельмедьцементсодержащий катализатор НКО-2-3, приготовленный методом смешения гидроксокарбонатов никеля и меди с $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ в водноаммиачной среде.

Изучение каталитической активности проводилось на лабораторной проточной установке с объемом загрузки катализатора 2 см^3 , при объемной скорости $10000\text{-}25000 \text{ ч}^{-1}$, соотношение $\text{CH}_4/\text{O}_2 \geq 0,50$, в интервале температур $200\text{-}650^\circ\text{C}$. Химический состав и результаты экспериментальных исследований представлены в табл. 1.

Таблица 1. Химический состав и активность никель-медных катализаторов в процессе окисления метана.

Катализатор	Химический состав, % масс.					t _{зж.} , °C	t _{опт.} , °C
	NiO	Cu O	Al ₂ O ₃	CaO	Pd		
НКО-2-3	21,5	8,5	58,0	12,0	-	350	590
НКО-2-3Ф	23,0	7,0	56,0	14,0	-	380	620
НКО-2-5	22,5	8,0	62,0	7,3	0,2	320	550

Экспериментальные данные позволяют сделать вывод о том, что совместное присутствие в катализаторах никеля и меди приводит к синергетическому эффекту каталитической активности за счет образования высокоактивного твердого раствора. Таким образом, в процессах

очистки газов от кислорода могут эффективно применяться никель-медные каталитические системы.

УДК 667.63:678.041.2

Матророва Ж. В., Балашиова Р.В.

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

ВЫБОР ПРОМЫШЛЕННОГО МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ АБС-СОПОЛИМЕРА

АБС-сополимер – ударопрочная техническая термопластичная смола на основе тройного сополимера акрилонитрила с бутадиеном и стиролом. Пластик встречается в автомобильной панели приборов, панелях внутренней и внешней отделки, рулевого управления, в дверных замках, бамперах и воздуховодах. Он применим и в холодильниках, и в телевизорах, стиральных машинках, кондиционерах, копировальных аппаратах и прочем. Что касается сферы строительных материалов, то здесь пользуется спросом сантехника и декоративные плиты с применением АБС-пластика. Кроме того, из-за своих характеристик пластик применяют при изготовлении изделий, которые должны быть не только привлекательны по внешнему виду, но и быть приятными на ощупь. Так, его используют при производстве оборудования для оргтехники, корпусов телефонов, корпусов для компьютеров и т.д. Следует отметить, что АБС-пластик в последнее время очень популярен в экструзионных 3D-принтерах, благодаря своей температуре стеклования. Она достаточно высокая, чтобы не возникало деформаций при небольшом нагреве в бытовых условиях. Но и достаточно низкая для безопасной экструзии с помощью стандартных инструментов.

Существует несколько способов получения АБС-пластика:

-путем привитой сополимеризации смеси стирола и акрилонитрила с полибутадиеновым или акрилонитрил-бутадиеновым каучуком в эмульсии;

-сокоагуляцией латексов каучука и сополимера стирола с акрилонитрилом;

-механическим смешением в расплаве каучука и сополимера стирола с акрилонитрилом.

В России АБС-пластик производят два предприятия: АО «Пластик», г.Узловая, мощность производства 23 тыс.т.в год и ПАО «Нижекамскнефтехим»-60 тыс.т.в год. Оба предприятия входят в холдинг «Сибур» Доля АО «Пластик» в общем объеме производимой отечественной продукции составляет более 70%.

Бурдасова М.Н., Балашова Р.В.
(Новомосковский институт РХТУ им.Д.И. Менделеева)

ВЫБОР СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ СТИРОЛА

Стирол широко используется для получения полистирола, АБС-пластика, каучуков специального назначения и т.д. Из-за недавнего «каучукового кризиса», который случился из-за резкого роста объёма производства натурального, более дешёвого каучука, спрос на стирол в период с 2012г. по 2014г. значительно упал. Это привело к закрытию некоторых крупных предприятий в Европе и России. В настоящее время синтетическому мономеру удалось вновь закрепиться на мировом рынке. По последним данным института «Центр развития» объёмы потребления стирола в России неуклонно растут, а количество импортируемого стирола снизилось

Большую часть стирола (около 85%) получают дегидрированием этилбензола при температуре 560-630°C, атмосферном давлении на оксидном железо-хромовом катализаторе. Другой промышленный способ, которым получают оставшиеся 15%, заключается в дегидратации метилфенилкарбинола, образующегося в процессе получения оксида пропилена из гидропероксида этилбензола.

Разрабатываются альтернативные способы получения стирола. Каталитическая цикломеризация бутадиена в винилциклогексен, с его последующем дегидрированием. Окислительное сочетание толуола с образованием стильбена, метатезис стильбена с этиленом приводит к образованию стирола. Взаимодействием толуола с метанолом также может быть получен стирол. Кроме того, активно разрабатывались способы выделения стирола из жидких продуктов пиролиза. На сегодняшний день, ни один из этих процессов не является экономически выгодным и в промышленном масштабе не реализован.

В настоящее время первое место по производству стирола методом каталитического дегидрирования этилбензола в России занимает площадка дегидрирования на предприятии ОАО «Нижнекамскнефтехим» и составляет до 70% объёма производимого стирола в стране. На втором месте находится «Сибур-Химпром», который производит около 130 тысяч тонн стирола в год. Третье место по выпуску этого мономера занимает ОАО «АНК», его доля на рынке составляет порядка 10%.

Основную долю мирового рынка занимают европейские предприятия и компании США.

ПРЕДПРОЕКТНАЯ РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАНОЛА

Метанол является одним из важнейших продуктов органического синтеза. Он находит широкое применение в качестве растворителя в лакокрасочной, полупродукта при производстве формальдегида, диметилтерефталата, метилметакрилата, метиламина, уксусной кислоты, карбамидных смол и т.д. Только на производство формальдегида расходуется 40-50% общего объема производства метанола. Кроме того, в последнее время метанол начали широко использовать в качестве сырья для микробиологического синтеза белка, в качестве источника энергии, а также для синтеза компонента моторного топлива- метилтретбутилового эфира – эффективного антидетонатора.

Из-за быстро растущих потребностей химической промышленности в метаноле вытекает необходимость в повышении единичных мощностей агрегатов синтеза. В настоящее время производство метанола по объему занимает 7-8-е место среди остальных производств органических продуктов. Предприятия по выпуску метанола размещены в различных экономических районах страны, поэтому и виды используемого сырья различны.

Раньше метанол получали сухой перегонкой древесины (древесный спирт), но этот метод был полностью вытеснен синтезом из оксида углерода и водорода, осуществленным в крупных масштабах во всех передовых странах. Поиски других способов синтеза метанола продолжают до сих пор, однако, ощутимых результатов они пока не дали. Одним из таких направлений можно назвать прямое окисление метана, однако, для экономической целесообразности этот процесса, доля метана, превращающегося в метанол, должна превышать по крайней мере 77%. Этот показатель достигался далеко не всегда, и сколь бы то ни было значимого промышленного применения он пока не нашёл. Каталитический синтез метанола из оксида углерода и водорода в настоящее время является практически единственным промышленным методом получения метанола, а все используемые в настоящее время процессы отличаются друг от друга вариантами технологических схем, целью которых является достижение максимальной эффективности использования ресурсов.

ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ АКРИЛОВЫХ ПОЛИМЕРОВ

За последние 2-3 года в России активно развивается направление переработки отработанных растворителей. После регенерации растворителя в реакторе остается загрязняющий элемент, который на данной стадии переработки является отходом. Полимерный отход при внешней оценке представляет из себя полужидкую однородную смесь с характерным сильным запахом растворителя. Учитывая высокую экологическую опасность данного отхода, мы начали разрабатывать технологию переработки неликвидных акриловых полимеров в полезные с практической точки зрения органические вещества.

Проанализировав различные методы, был выбран низкотемпературный пиролиз. Образцы помещали в реактор и нагревали в температурном диапазоне 400-600⁰С, полученная паро-газовая смесь конденсировалась в приемник.

В работе изучался как термический, так и каталитический пиролиз с внедрением различных катализаторов (оксид алюминия, цеолит, железо-алюмо-силикат), для достижения максимальной эффективности процесса. Согласно данным, полученным, в результате эксперимента было установлено, что для наибольшего выхода жидкой фракции следует применять технология термического некаталитического пиролиза.

Далее продукты пиролиза проанализировали методом газовой хроматографии и установили, что в состав входят 8 компонентов, основными из которых являются 2 углеводорода с долей 27,5%, 63%. Проанализировав продукты пиролиза методом хромато-масс спектрометрии установлено, что основными углеводородами являются толуол и ксилол.

Таким образом, в работе изучен низкотемпературный термический и каталитический пиролиз. Произведен анализ и установлен фракционный состав продуктов пиролиза. Определено, что полученные соединения можно использовать в отраслях химической и нефтехимической промышленности для получения полезных с практической точки зрения органических веществ (растворители, лакокрасочные материалы, топливные присадки и т.д.).

УДК 678.19

*Александров Д.А., Плешкевич Д.В., Саиф Хани Валид Надджи Ахмед,
Калистратова А.С., Громова А.Н., Коробко Е.А., Григоров И.В.,
Алексеев А.А.*

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

МОДИФИКАЦИЯ АБС-ПЛАСТИКОВ

Акрилонитрилбутадиенстирольные пластики (АБС-пластики) используются повсеместно, что обусловлено их хорошей перерабатываемостью обычными методами и неплохими, в целом, эксплуатационными свойствами.

Представлен анализ ситуации на российском рынке АБС-пластиков, сформировавшимся в последнее время.

Рассмотрены свойства АБС-пластиков от двух отечественных производителей данных полимерных материалов [ПАО «СИБУР» (ПАО «Нижнекамскнефтехим») и АО «Пластик»].

Отечественные АБС-пластики выпускаются по различным технологиям, что находит отражение в комплексе их свойств и запахе.

Затронута химическая и морфологическая структура непрерывной фазы АБС-пластиков, определяющая их физико-механические свойства.

Применительно к АБС-пластикам рассмотрены возможные последствия использования известных методов физической модификации полимеров.

Представлены основные результаты модификации АБС-пластиков, полученные в НИ РХТУ совместно с кафедрой технологии переработки пластмасс головного университета: влияние малых добавок различной термодинамической природы, наполнение, смеси полимеров, химическая модификация, переработка отходов синтеза. Показано, что не всегда ожидаемое согласуется с действительностью и как это интерпретируется.

Представлены основные результаты модификации АБС-пластиков, полученные в РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Представлены основные результаты модификации АБС-пластиков, полученные в АО «Пластик», г. Узловая.

Сформулированы основные направления исследований в области модификации АБС-пластиков, определяемые текущей ситуацией.

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.

Думчев А.К., Алексеев А.А. мл.

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

СМЕСИ УДАРОПРОЧНОГО ПОЛИСТИРОЛА С ПОЛИПРОПИЛЕНОМ И ИХ ПЕРЕРАБОТКА

Значительная доля тары производится из ударопрочного полистирола (УПС) и полипропилена (ПП). Образующиеся при этом отдельные технологические отходы по факту не являются отходами и, в случае, если их не касаются руки человека, могут быть использованы повторно. В противном случае – это отличное сырьё для других производств.

Иная ситуация возникает по месту потребления тары: как правило, формируется один технологический поток использованной тары, после дробления которой получается смесь УПС с ПП, смесь несовместимых полимеров.

До недавнего времени полистирольная составляющая этих отходов в значительной степени была представлена продукцией компаний «BASF The Chemical Company», «Kumho», «Lucky Goldstar Chemical» («LG Chemical»), «Elf Atochem» (осенью 2000 года слияние французской «Elf Atochem» и бельгийской «Fina» привело к созданию компании «Atofina») и других. Это создавало некоторые неудобства с использованием «разношерстного» сырья. Сегодня потребности отечественного рынка удовлетворяет компания «СИБУР», 4 октября 2021 года ставшая крупнейшей нефтегазохимической компанией России и одной из крупнейших в мире. И, следовательно, можно иметь в виду УПС от компании СИБУР (марки: 825, 825ES, 85FM, 45FE, 945E и 740).

Смеси УПС с ПП нетрудно разделить по принципу «тонет-плавает». Однако это связано с определенными затратами.

Представляет интерес переработка подобного рода смесей вторичных полимеров («пластмассового мусора») без разделения.

С целью «чистоты» эксперимента, на первом этапе использовали первичные УПС 825 и ПП.

Первичные смеси, полученные на поддоне, подвергали гранулированию (одношнековый экструдер «Schwabentan») и далее перерабатывали литьем под давлением в стандартные образцы.

Качество полученных смесей оценивали показателями при растяжении, ударе, усадкой. Технологичность оценивали по показателю текучести расплава. Наиболее существенные изменения претерпевает ударопрочность УПС при введении в его состав ПП.

Кутцова Д.С., Алексеев А.А. мл., Коробко Е.А.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)
ВСПУЧИВАЮЩИЕСЯ ЭПОКСИДНЫЕ ПОКРЫТИЯ

Важным элементом конструкции электрических сетей являются Известно, что механическая прочность обычных сталей резко снижается при нагревании до температур более 500°C. Средняя температура пожара около 1000°C. В этой связи становится понятным вид искорёженных металлоконструкций после пожара. Нетрудно представить и последствия обрушения металлических лестниц и перекрытий в помещениях, где находятся люди.

Нетрудно представить и неэффективность окрашивания металлоконструкций негорючими лакокрасочными материалами (ЛКМ), содержащих безгалогенные антипирены. О применении галогенсодержащих антипиренов, видимо, и говорить не следует. Достаточно вспомнить торгово-развлекательный центр «Зимняя вишня», г. Кемерово, 25 марта 2018 года (погибло 60 человек, в том числе 37 детей) или ночной клуб «Хромая лошадь», г. Пермь, 5 декабря 2009 года (156 погибших).

Для защиты металлоконструкций от пожара более эффективными являются вспучивающиеся (интумесцентные) лакокрасочные покрытия (ЛКП), значительно отодвигающие во времени как момент нагрева металлических конструкций до 500°C, так и момент возгорания обычных горючих материалов (дерева, пластика).

Принцип действия вспучивающихся покрытий основан на их способности образовывать пенококс, что существенно снижает доступ теплового потока к подложкам (металлическим и другим).

Вспучивающиеся огнезащитные ЛКМ представляют собой полимерный композиционный материал. Как ни странно, химическая природа пленкообразующего не играет в данном случае принципиальную роль. Существенную роль играют наполнители и целевые добавки: коксобразующие вещества (многоатомные спирты, крахмал и другие соединения с большим содержанием углерода), вещества, генерирующие неорганические кислоты (полифосфат аммония и др.), вспенивающие агенты (меламин, карбонаты и т.д.).

Апробирован ряд составов целевого назначения на основе эпоксидного олигомера ЭД-20 и его импортных аналогов (КРН), обеспечивающих и защиту металла от коррозии. Лучший результат на сегодня: время нагрева тыльной стороны пластинки из стали 08пс до 500°C 33 минуты. Температура пламени с фронта около 1500°C.

Алешин Д.А., Коробко Е.А., Алексеев А.А.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)
**ДУГОГАСИТЕЛЬНЫЕ КАМЕРЫ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ
НАГРУЗКИ ТИПА ВНА И МАТЕРИАЛЫ
ДЛЯ ИХ ПРОИЗВОДСТВА**

Важным элементом конструкции электрических сетей являются выключатели, размыкающие электрическую цепь. Устройства, предназначенные для коммутации под нагрузкой участков цепи переменного тока частотой 50Гц напряжением 10кВ и номинальным током 630А с изолированной или заземленной нейтралью, называют выключателями нагрузки. Основная проблема при их конструировании, связана с возникновением электрической дуги при размыкании двух контактов.

По способу гашения дуги выключатели подразделяются на: воздушные, масляные, элегазовые, электромагнитные, вакуумные. Для гашения дуги при отключении электрических сетей до 10 кВ используются автогазовые выключатели (ВНА). Принцип работы выключателя основан на гашении электрической дуги потоком газов, выделяющихся из вкладышей дугогасительной камеры при тепловом воздействии на них гасимой дуги.

Для изготовления вкладышей могут быть изготовлены бумажная фибра, аминоформальдегидные смолы, борная кислота, полиметилметакрилат (ПММА) и другие нетермостойкие продукты.

Первые дугогасительные камеры, целиком изготовленные из ПММА литьем под давлением, появились в России в 2011 году, что является заметным прогрессом в области совершенствования конструкции автогазовых выключателей.

Проведенный анализ литературных данных показал отсутствие публикаций по вопросу повышения газогенерирующей способности ПММА. Напротив, немало работ посвящено повышению термостойкости данного полимера, т.е. фактически снижению его газогенерирующей способности.

Недостатком дугогасительных камер из ПММА является низкая ударопрочность, присущая исходному ПММА, что обуславливает определенные сложности при их транспортировке и, главным образом, большой брак при их монтаже (растрескивание при навинчивании гаек на крепежные болты, раскалывание при падении на пол).

Обсуждаются возможные пути совершенствования материала для производства дугогасительных камер для выключателей типа ВНА.

ИССЛЕДОВАНИЕ СМЕСЕЙ ЖЕСТКОГО ПВХ-МАТЕРИАЛА С СОПОЛИМЕРОМ АБС-2020

Интенсивные исследования в области создания полимер-полимерных композиций (ППК), как и промышленное производство новых полимерных материалов данного типа началось со смесей поливинилхлорида (ПВХ) с акрилонитрилбутадиенстирольными пластиками (АБС-пластиками). Установленные ранее общие закономерности в формировании свойств данных смесей не означает завершения их исследований. Особенности структуры АБС-сополимеров предопределяют возможность создания новых материалов с их участием.

Целью работы явилось исследование четырех смесей жесткого ПВХ-материала марки ЮМ-11Д (дроблѐнка) с АБС-2020.

Механические смеси исходных компонентов подвергали грануляции на экструдере «Schwabentan» при 180-200-220-240°C и частоте вращения шнека 28 об/мин. Стабильность диаметра стренг и отсутствие пор в получаемых гранулах свидетельствует о хорошей технологичности всех материалов.

Введение АБС-2020 в состав материала ЮМ-11Д приводит к повышению его вязкости при 200°C, что предполагает ухудшение его литьевых свойств. Однако дальнейшая их переработка литьем под давлением (термопластавтомат ДХ-3224) не подтвердила данный прогноз. Более того, установлено, что введение в состав ЮМ-11Д компонента с меньшей плотностью приводит к получению изделий с большей массой (с большей плотностью).

За один впрыск формовали лопатку по ГОСТ 11262-2017, тип 2 и брусок для определения ударной вязкости по Изоду в рамках требований ГОСТ 19109-2017, тип 1.

Полученные стандартные образцы расслаиваются при многократных перегибах и при растяжении, что подтверждает известную частичную совместимость данных полимеров.

Введение АБС-2020 в состав ЮМ-11Д в количестве до 30% по массе не изменяет его предел текучести при растяжении и условную прочность при изгибе, но заметно увеличивает относительное удлинение при разрыве.

Проведенные исследования свидетельствуют о целесообразности переработки указанных смесей методом экструзии.

УДК 678.746.2

Плешкевич Д.В., Коробко Е.А., Алексеев А.А.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

УСТРАНЕНИЕ ЗАПАХА АБС-ПЛАСТИКОВ

АБС-пластики на основе акрилонитрилбутадиенстирольных сополимеры (АБС-сополимеров), получаемых эмульсионной привитой сополимеризацией акрилонитрила и стирола на бутадиенстирольный каучук, как материалы общего назначения, характеризуются хорошими технологическими и эксплуатационными свойствами. Недостатком является слабый неприятный запах.

Известны способы устранения запаха АБС-пластиков. Наиболее эффективным является введение пероксида водорода с концентрацией 8-15% на стадии коагуляции АБС-латекса.

В настоящей работе опробована возможность использования по целевому назначению эпоксидного олигомера марки SM-828 (аналога ЭД-20). Объектом модификации являлся сополимер марки АБС-2020, измельченный до порошкообразного состояния. Содержание эпоксидного олигомера варьировали от 0,3 до 1,5 масс. %. Олигомер вводили в состав АБС-2020 из раствора в метаноле. После сушки композиции подвергали экструзии-грануляции (линия на базе экструдера Schwabentan с диаметром шнека 32 мм и L/D 24) и далее перерабатывали литьем под давлением (ТПА ДХ-3224) в стандартные образцы. За один впрыск формовали лопатку по ГОСТ 11262-2017, тип 2 и брусок, из средней части которого вырезали образец по ГОСТ 19109-2017, тип 1. Все материалы достаточно технологичны при переработке экструзией и литьем под давлением.

Установлено, что при увеличении содержания эпоксидной смолы запах АБС-2020 снижается с 4-х до 1 балла [МУК 2.3.3.052-96].

Получаемые материалы охарактеризованы также значениями показателя текучести расплава, предела текучести при растяжении, прочности при разрыве, относительного удлинения при пределе текучести и разрыве, литьевой усадки по бруску и лопатке, теплостойкости по Вика, ударной вязкости по Изоду и цвета по шкале RAL. Существенного влияния добавок эпоксидного олигомера SM-828 на свойства АБС-2020 не обнаружено.

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.

УДК 678.

*Шеремет И.И., Федулеев М.М., Пальникова В.А., Ландин А.Ю.,
Григоров И.В., Алексеев А.А. мл., Коробко Е.А., Алексеев А.А.*
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

СЕПАРАТОРЫ ДЛЯ СВИНЦОВОКИСЛОТНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ: КРАТКО ИСТОРИЯ, СИТУАЦИЯ СЕГОДНЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА В РОССИИ

В настоящее время в технике используются пять основных типов аккумуляторов. Наибольшее распространение получили свинцово-кислотные аккумуляторы. Аккумуляторы данного типа применяются там, где требуется большая мощность (системы аварийного энергоснабжения, стартерные и тяговые батареи тяжелой автотракторной техники и на других объектах). Обязательным элементом конструкции аккумулятора является пористый сепаратор.

Обсуждаются разработанные в СССР технологии производства и свойства сепараторов: Мипласт, Мипор, Поровинил, Пластипор и Винипор. Несмотря на ряд негативных моментов, сепараторы, в целом, успешно обеспечивали производство отечественных аккумуляторов.

Однако с начала 90-х годов прошлого века далее ситуация стала изменяться в пользу более эффективных сепараторов от компаний Dargamic (США), Amer-Sil (Люксембург), Entek International Ltd. И (Великобритания) и некоторых других. В 2022 году поставки сепараторов в Россию были прекращены.

Чтобы как-то снизить зависимость российской экономики от поставок импортных сепараторов, в начале 2000 годов в АО «Тюменский аккумуляторный завод» было организовано производство эффективных сепараторов на основе импортного сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ). Однако и СВМПЭ попал под санкции. Имеются, правда, некоторые варианты, но, думается, они не решают кардинально возникшую проблему.

Обсуждается ситуация с производством СВМПЭ в нашей стране на текущий момент. Ситуация обнадеживающая, но по какому направлению будет использоваться данный продукт в первую очередь, пока неясно.

В этой связи, с учетом отечественной сырьевой базы, признано целесообразной постановка работы по созданию более эффективных сепараторов на основе поливинилхлорида с использованием в качестве целевых добавок веществ органической и неорганической природы.

УДК 678.686:678.043.92

Сидяков С.А., Коробко Е.А., Алексеев А.А.

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

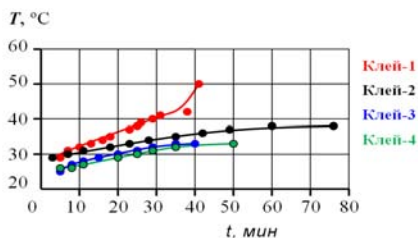
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СВОЙСТВ ЭПОКСИДНЫХ КЛЕЕВ

Склеивание «старо как мир» [Вильнав Ж.-Ж.]. Однако реперной точкой в развитии клеевой промышленности явился, пожалуй, 1946 г, когда компания «Циба» объявила о выпуске первого эпоксидного клея. Трудно переоценить значимость этих клеев вчера, сегодня и завтра, даже на фоне цианакрилатных и других достижений последних лет.

Каждый клей не лишен недостатков в плане отдельных условий его применения. Не исключением являются и эпоксидные клеи. Так, клеи, как, впрочем, и другие эпоксидные материалы с алифатическими аминными отвердителями характеризуются низкой жизнеспособностью вследствие большой экзотермичности процесса отверждения. Применение же других клеев иногда невозможно.

Целью работы явилось исследование возможности повышения жизнеспособности клеев на основе олигомера ЭД-20 с участием алифатических аминных отвердителей. Достижение поставленной цели виделось в использовании диглицидилового эфира этиленгликоля марки ДЭГ-1, хорошо известного активного разбавителя эпоксидных композиций. В качестве целевых добавок использовали отвердители ПЭПА, ТЭТА, № 921, его аналог ОАЛ-1, отвердитель Л-20. Наполнителями являлись микротальк и барит.

Показано, что при определенном соотношении между исходными компонентами возможно заметное снижение экзотермичности процесса отверждения непрерывной фазы клея:



Адгезия полученных клеев холодного отверждения к сталям 08пс и ст.3 по методу отрыва грибков составила не менее 3,5 МПа.

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.

УДК 678.686:678.043.92

Мызников Е.В., Коробко Е.А., Алексеев А.А.

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

МОДИФИКАЦИЯ КЕТОНАМИ АМИННЫХ ОТВЕРДИТЕЛЕЙ ЭПОКСИДНЫХ ОЛИГОМЕРОВ

На основе эпоксидных олигомеров разработан обширный ряд лакокрасочных материалов (ЛКМ) различного назначения. Непременным компонентом всех материалов является отвердитель или катализатор, обеспечивающие сшивание макромолекул их непрерывной фазы. В качестве отвердителей широко применяются органические вещества с двумя и более аминогруппами. Ряд ЛКМ содержит растворитель (обычно смесевой), обеспечивающий снижение вязкости материала и возможность реализации соответствующих методов получения лакокрасочных покрытий. Одним из компонентов смесового растворителя может являться ацетон (растворители 646, Р-4, Р-5, Р-40, РП) и циклогексанон (РЭ-118В).

Однако карбонильные группы потенциально способны реагировать с аминогруппами (N-нуклеофилами).

Представляло интерес оценка отверждающей способности аминных отвердителей после их совмещения с ацетоном и циклогексаноном.

В качестве отвердителя использовали полиэтиленполиамин (ПЭПА). Совмещение ПЭПА с указанными карбонилсодержащими соединениями проводили при нагревании. Структуру получаемых продуктов определяли методом ИК спектроскопии (спектрометр ФСМ-1201). Полученные продукты использовали в композициях с эпоксидным олигомером марки ЭД-20 и его импортными аналогами.

Установлено, что по мере увеличения содержания кетона в реакционной смеси с ПЭПА отверждающая способность получаемых продуктов снижается (результаты определения содержания гель-фракции).

Адгезионные свойства композиций с ЭД-20, оцениваемые по ГОСТ 32299-2013, также снижаются. Однако некоторые результаты свидетельствуют в пользу постановки дальнейших исследований в направлении химической модификации аминных отвердителей в плане повышения жизнеспособности эпоксидных композиций и регулирования внутренней структуры отвержденных эпоксидов.

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.

УДК 678.01:678.742.3

Саиф Хани Валид Наджи Ахмед, Коробко Е.А., Алексеев А.А.

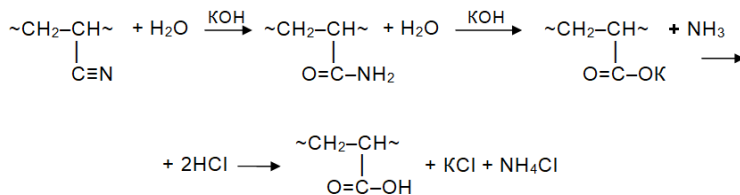
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ЧАСТИЧНЫЙ ГИДРОЛИЗ АБС-СОПОЛИМЕРОВ

В ряду известных направлений в области создания новых полимерных материалов определенный интерес представляет химическая модификация их непрерывных фаз, не затрагивающая главные полимерные цепи, но фактически формирующая их новую химическую природу. Применяемые при этом способы разнообразны и определяются химической природой составных звеньев полимеров и сополимеров.

Полимерная структура АБС-сополимеров содержит акрилонитрильные звенья, что предопределяет возможность создания новых сополимеров путём частичного гидролиза нитрильных групп.

И такая возможность была реализована с использованием в качестве гидролизующего агента водных растворов гидроксида калия. Протекающие при этом процессы отражает уравнение:



Выделение аммиака четко фиксируется по запаху и лакмусовым бумажным индикатором.

Гидролиз проводили в условиях кипения 10%-ного раствора КОН в течение 15, 30, 45 и 60 минут. Катализатор нейтрализовали соляной кислотой до pH 6 и далее промывали дистиллированной водой до pH 7.

Наличие в структуре полученных продуктов амидных и карбоксильных групп показано методом ИК спектроскопии.

После сушки определены следующие свойства полученных продуктов: внешний вид, термостойкость, способность к отверждению, отдельные физико-механические показатели литевых образцов, целесообразность совмещения с эпоксидными олигомерами.

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.

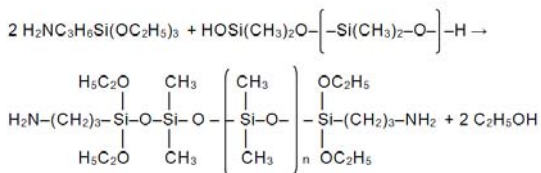
УДК 678.5.03

*Федулеев М.М., Коробко Е.А., Алексеев А.А.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)*

КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИЕ ОЛИГОМЕРНЫЕ ДИАМИНЫ ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ ЭПОКСИДНЫХ ПЛЁНКООБРАЗУЮЩИХ

Хорошо известно применение органических соединений, содержащих аминогруппы в качестве отвердителей эпоксидных олигомеров. При этом химическая структура отвердителя является одной из двух структур, формирующих итоговую пространственную полимерную структуру. Наличие двух и более аминорупп в структуре кремнийорганических соединений также предполагает возможность их использования в качестве отвердителей эпоксидных олигомеров. Однако перечень таких отвердителей невелик.

В настоящей работе обсуждается возможность применения для модификации эпоксидных олигомеров продукта взаимодействия 3-аминопропилтриэтоксисилана с олигодиметилсилоксаном с концевыми силанольными группами:



Синтезированный продукт несовместим с эпоксидным олигомером ЭД-20, что связано с наличием в его структуре достаточно протяженных диметилсилоксановых цепей.

Устойчивые гетерогенные системы (эмульсии) получены с применением ультразвукового взаимного диспергирования при массовом соотношении ЭД-20:модификатор = 10:1 и более.

Лакокрасочные материалы получали совмещением эмульсии с железным суриком и далее с полиэтиленполиамином. Хорошего внешнего вида покрытия получены после их термообработки при 80°C в течение 2,5 часов. В сравнении с «холостым» опытом, эластичность покрытий была повышена в 1,5 раза. Отмечена и роль подложки: адгезия к стали ст.3 более высокая, чем к стали 08пс.

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.

Сорокина С.С., Филимонов В.Н.
(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им Д.И. Менделеева)
**КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ КОНТРОЛЬ СОДЕРЖАНИЯ ИОНОВ
ЦИНКА В СТОЧНЫХ ВОДАХ**

Сточные воды производств товаров бытовой химии загрязняются вследствие изготовления тары для фасовки готовой продукции. При изготовлении алюминиевых аэрозольных баллонов и труб методом холодной штамповки используется стеарат цинка в качестве смазки, компоненты которого после отмывки изделия в щелочных растворах попадают в промывные воды и сток предприятия.

Современные физико-химические методы: атомная абсорбция, переменноточковая полярография - позволяют без предварительного концентрирования определить концентрацию цинка в растворах менее 0,01 мг/л. Значительную конкуренцию им составляет фотометрия.

Применяемые в настоящее время методы фотометрического определения цинка в водах базируются в основном на экстракционном концентрировании продуктов взаимодействия цинка с органическими реагентами с последующим их фотометрированием, при котором большое значение имеет взаимное наложение окраски реагента на окраску раствора комплекса при λ_{\max} комплекса. Разность между ϵ комплекса и реагента характеризует степень этого влияния. Наибольшая разность наблюдается у дитизона, родамина С и сульфарсазена.

Принцип метода- фотоэлектроколориметрический, определение основано на реакции цинка с сульфарсазеном, идущей в щелочной среде с образованием комплекса красного цвета при поддержании постоянного рН = 9-10 с помощью аммиачного буферного раствора. С целью изучения зависимости оптической плотности от величины рН готовят серию растворов с различным рН, постоянной концентрацией цинка и 2-2,5-кратным избытком реагента.

Определения проводят методом добавок.

Методика позволяет определить цинк в интервалах концентраций от 0,01 до 30 мг/мл с относительной погрешностью результатов измерений для нижнего и верхнего пределов определяемых концентраций: 4,9 и 1,1%. Метод может быть применён при наличии в анализируемых сточных водах щелочей (до 10 г/л), анионных ПАВ (до 0,5 г/л), ионов железа и фосфатов (до 1,5 г/л), алюминия (1000-кратного избытка).

**МОНИТОРИНГ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ПРИСУТСТВИЯ
ИОНОВ АЛЮМИНИЯ В СТОЧНЫХ ВОДАХ**

Определение малых количеств алюминия в сточных водах сложного состава требует применения наиболее селективных и чувствительных методов. Целесообразным, в данной работе, является применение фотометрического определения алюминия по реакциям образования цветных комплексных соединений.

Принцип метода фотоэлектроколориметрический, определение алюминия основано на его реакции с ауринтрикарбоновой кислотой (алюминоном) в слабокислом растворе, в результате реакции образуется ярко-красный лак. Выбор данного реагента обусловлен: отсутствием необходимости экстракции продукта реакции и предварительного удаления ионов других металлов из анализируемой пробы, меньшей токсичностью реагента, относительно высокой чувствительностью определения. Интенсивность окраски, устойчивость образующегося продукта и воспроизводимость результатов зависят от условий проведения реакции-в особенности от pH и температуры реакции. Определение алюминия с применением данного реагента рекомендуется выполнять при pH=3,8-5,5. В пределах pH 4-5 наблюдается максимальная оптическая плотность. Достижение требуемых значений кислотности осуществляется раствором ацетата аммония.

Количественная интерпретация результатов анализа проводят методом градуировочного графика, построенного в системе координат «оптическая плотность – объем стандартного раствора соли алюминия, мл». Предел обнаружения алюминия составляет 0,2 мг/л, интервал определяемых концентраций 0,2-15 мг/л. Для сохранения идентичности условий проведения реакции целесообразно проводить измерения не сразу со всей серией градуировочных растворов, а поочередно с каждым из растворов, доводя все операции до конца. Методика может быть применена при наличии в анализируемых сточных водах соединений цинка, щелочей, анионных ПАВ, железа и фосфатов.

Относительная погрешность определения алюминия для нижнего и верхнего пределов измеряемых концентраций составила соответственно 16 и 2,5%.

Результаты исследования внедрены в лабораторный практикум по спектральным методам анализа для студентов направлений подготовки 18.03.01, 04.03.01, 04.05.01, 27.03.01.

**РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ
ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗАРЯДА**

В настоящее время большое внимание уделяется развитию химической технологии, научной базой для которой являются законы гидромеханики, теплообмена, массопереноса, основанные на уравнениях Навье-Стокса, Фурье-Кирхгофа, конвективной диффузии. Несмотря на то, что общих решений этих уравнений не существует, их можно решать при определенных граничных условиях и допущениях, а также использовать для определения критериев, характеризующих протекание процессов, - чисел подобия (Рейнольдса, Прандтля, Фурье, Эйлера, Шервуда и т.д.).

Однако в химической технологии существует большое количество электрохимических процессов, таких как электродиализ, электрофлотация, электрокоагуляция и др.

Традиционно явления переноса под действием электрического поля рассматриваются в разделах физики или электротехники и отличаются по принципу описания от вышеупомянутых (процессов гидромеханики, теплообмена, массопереноса). Однако, как и в случае с массой, энергией, импульсом, заряд также является материей и, соответственно, логично было бы предположить, что для его переноса можно использовать аналогичное описание. В данной концепции необходимо отметить, что, изучая электроперенос, мы обычно опираемся на перенос заряда электропроводностью и полем. Однако существует ряд работ, посвященных электрической конвекции [1-3].

Таким образом, это подтверждает идею разработки математического описания, аналогичного переносу тепла, импульса и массы.

Проведя выводы, аналогичные выводам уравнений Навье-Стокса, Фурье-Кирхгофа, конвективной диффузии было получено уравнение конвективной электропроводности, которое выражает в общем виде распределение плотности заряда в движущемся потоке:

$$\frac{\partial \rho_v}{\partial t} + \omega_x \frac{\partial \rho_v}{\partial x} + \omega_y \frac{\partial \rho_v}{\partial y} + \omega_z \frac{\partial \rho_v}{\partial z} = \frac{\sigma}{C_m \rho} \nabla^2 \rho_v$$

где ρ_v - плотность заряда, $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ - скорость распространения заряда по направлениям осей x, y и z, σ - удельная электропроводность, C_m - удельная емкость (емкость, отнесенная к массе среды), ρ - плотность среды.

Полученные уравнения могут быть использованы как для компью-

терного моделирования процессов с помощью прикладных программ, так и для математических описаний, основанных на критериях подобия.

Список литературы

1. Саранин В.А. Электрогидродинамика: Равновесия, зарядка и конвекция жидких масс в электрических полях: дис. Док. Тех. Наук: 01.02.05 // Саранин Владимир Александрович. – Глазов, 1999.
2. Гросу Ф.П., Болога М.К., Болога Ал.М. Особенности теплообмена в условиях электрической конвекции // Электронная обработка материалов. 2010. - №4. – С.41-55.
3. Ильин В.А., Куршина Е.В. Исследование модели электроконвекции идеального диэлектрика в конденсаторе с твердыми границами // Вестник пермского университета. 2009. - №1(27). – С.3-6.

УДК 66.011

Маслова В.В., Пустынников Е.О., Быков В. И., Ильина С.И.

(РХТУ им. Д.И. Менделеева)

КОНЦЕНТРАЦИЯ КОНЦЕНТРАТОВ ОБРАТНООСМОТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛЕНИЯ МОРСКИХ И ОКЕАНСКИХ ВОД С ПОМОЩЬЮ УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗА

Решение проблем энерго- и ресурсопотребления – одна из актуальных задач человечества. Особенно остро стоит вопрос обеспечения людей пресной водой, так как вода является важной частью нашей жизни. К примеру, на данный момент мощность всех оросительных установок в мире составляет более 45 миллионов м³ пресной воды в день [1], более 1 миллиарда жителей планеты испытывают дефицит пресной воды [2]. Таким образом, несмотря на то, что 2/3 поверхности нашей планеты занимает вода, из-за высокого солесодержания использование её в бытовых и технических целях невозможно. Для сравнения в таблице 1 приведены средние значения концентрации ионов в Черном море и их ПДК в питьевой воде.

Таблица 1. Сравнительный состав черноморской и питьевой воды [3,4]

Ионы	средние значения концен- трации ионов в Черном море, мг/л	ПДК для питьевой воды, мг/л
Si ⁺	245,0	100,0
Cl ⁻	4000,0	250,0
Ca ²⁺	113,0	200,0
K ⁺	28,0	0,20
NO ₃ ⁻	67,0	30,0

Поэтому уже долгое время в мире используют различные методы опреснения морских и океанских вод, среди которых дистилляция, обратный осмос, электродиализ, вымораживание и другие [5].

Так как в процессе опреснения методом дистилляции происходит изменение агрегатного состояния, то он сопровождается поглощением большого количества энергии, что противоречит концепции развития энергоэффективных технологий.

Следующим по масштабам применения опреснения морских и океанских вод является обратный осмос. Эксплуатационные затраты и габариты обратноосмотических установок намного ниже, чем у дистилляционных, что позволяет снизить итоговую стоимость опресненной воды, однако, этот метод тоже не лишен своих недостатков.

Во-первых, требования к подаваемой на обратноосмотическое обессоливания воде более высокие, чем для подачи на дистилляцию (см. таблицу 2).

Таблица 2. Предельно допустимые концентрации исходной воды для обратного осмоса [6]

Параметр	Ед. изм.	Среднее значение
Коллоидные примеси	мг/л	5
Fe ²⁺ , Fe ³⁺ (суммарно)	мг/л	0,1
Mn ²⁺	мг/л	0,05
Cl ₂	мг/л	0,1
Жесткость	мг-экв/л	0,3

Следующим существенным недостатком является получение в процессе разделения огромных объемов концентратов, которые надо утилизировать в соответствии с нормами. На данный момент концентраты сбрасывают в море, далеко от береговой линии, но это ведет к засолению и загрязнению водной экосистемы, что влияет не только на морскую флору и фауну, но и, конечно, на человека.

С другой стороны, морская вода – источник минеральных ресурсов. Однако концентраты обратного осмоса сильно разбавлены для того, чтобы непосредственно из них можно было бы выделить ценные компоненты – для этого их необходимо концентрировать до приемлемого состава. Эта задача чаще всего решается выпаркой – термическим процессом удаления воды. Такое решение позволяет сконцентрировать растворы солей, чтобы далее направить их в кристаллизаторы, однако, как и в случае с дистилляцией, процесс сопровождается высокими эксплуатационными затратами. Методом, альтернативным выпарке, может стать электродиализ. В общем, сам по себе электродиализ тоже

применяют для обессоливания морских и океанских вод, однако, по эффективности и удобству эксплуатации он уступает обратному осмосу. С другой стороны, применение электродиализа не в режиме обессоливания, а в режиме концентрирования (раствор прокачивается только через камеры обессоливания – камеры концентрирования заполняются только за счет раствора, прошедшего через мембраны) [7] позволит повысить соледержание концентрата, причём в отличие от выпарки разделение будет проходить без изменения агрегатного состояния и, соответственно, с более низкими энергетическими затратами.

На практике показано, что при электродиализом концентрировании можно увеличить соледержание рассолов в несколько раз [8], при исходной концентрации раствора примерно 40 г/л можно получить 160-180 г/л концентрата. Пример такой схемы можно увидеть на рисунке 1.

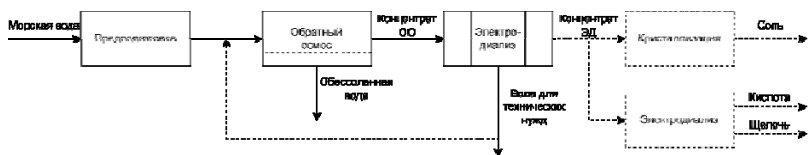


Рис. 1. Блок-схема технологии замкнутого цикла получения пресной воды из морских и океанских вод.

Таким образом, можно довести рассолы до насыщенного состояния и далее пускать их на кристаллизацию либо получать с помощью электродиализа (в том числе биполярного электродиализа) концентрированные кислоты и щелочи. Такой подход позволит не только получать пресную воду, но и работать в так называемом замкнутом цикле, то есть без сбрасывания или захоронения отходов.

Список литературы

1. http://www.cawater-info.net/5wwf/agriculture_food_water/part3.htm, 24.04.2023.
2. <https://www.un.org/ru/events/water/facts1.htm>, 20.04.2023.
3. СанПин 2.1.4.1074-01 Питьевая вода.
4. Мониторинг прибрежной и шельфовой зон морей / И.Г.Шокурова, Т.В.Пластун, В.Н.Белокопытов, А.Х.Халиулин // Морской гидрофизический институт НАН Украины, г. Севастополь, 2004 – С.17-26.

5. http://www.mediana-filter.ru/kh5_10.html (Сравнение методов обессоливания) 13.04.2023.
6. Seawater pretreatment for reverse osmosis: Chemistry, contaminants, and coagulation / James K. Edzwald, Johannes Haarhoff // Water Research.- 2011.- Т.45.-С.5428-5440.
- 7, Seawater pre-desalination with electro-dialysis / A. H. Galama, M. Saakes // Desalination.-2014.-Т.342.-С.61-69.
8. Процессы обессоливания и концентрирования в однопоточных электродиализаторах Автореф. дис. на соиск. учен. степ. к.т.н. Спец. 05.17.08/Ильина С. И. - Процессы и аппараты химической технологии, Москва, 2001. – 17 с.

УДК 66.081

Черепковский М. С., Добрыднев С. В.

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

РАСТВОРЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ОЛОВА В МЕТАНСУЛЬФОНОВОЙ КИСЛОТЕ

Метансульфоновая кислота (МСК) обладает высокой стабильностью при различных условиях, полностью смешивается с водой, является сильным органическим электролитом. Практически все соли метансульфоновой кислоты растворимы в воде [1]. Это позволяет получать концентрированные водные растворы труднорастворимых в обычных условиях металлов без использования хелатов, которые усложняют обработку отходов или опасны с точки зрения охраны окружающей среды. МСК обладает разнообразными функциональными свойствами: катализатором, электролитом, растворителем, а также используется в различных технологических процессах. Примером таких технологий является электроосаждение двойных и тройных сплавов олова, свинца и меди. Химический способ получения водных растворов метансульфоната олова заключается в растворении металлического олова или соединений олова в метансульфоновой кислоте описан в патентах [2-4]. При синтезе метансульфоната олова реакция металлического олова и метилсульфоновой кислоты протекает медленно, поэтому реакцию необходимо проводить при повышенных температурах.

Цель работы – установление температуры растворения металлического олова в метансульфоновой кислоте и изучение зависимости плотностей водных растворов метансульфоната олова и метансульфоновой кислоты в зависимости от концентрации.

Для выполнения исследований использовались следующие химические реактивы: метансульфоновая кислота с концентрацией 70 %,

олово металлическое (в губке) Ту – 06 – 09 – 1484 – 85 и порошкообразное олово марки ПО – 1.

Схема лабораторной установки для растворения металлического олова в водных растворах метансульфонової кислоты показана на рис.1.

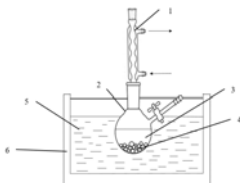
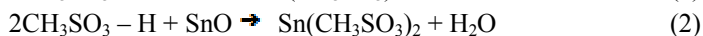


Рис. 1. Схема лабораторной установки для растворения металлического олова в водных растворах метансульфонової кислоты.

1 – обратный холодильник; 2 – круглодонная колба с двумя отводами; 3 - водный раствор метансульфонової кислоты; 4 – металлическое олово; 5 – теплоноситель; 6 – термостат.

Растворение олова и оксида олова в метансульфонової кислоте протекают по реакциям (1 и 2):



Для нанесения блестящего покрытия оловом и сплавом олово-свинец с защитой от прорастания содержание и свободной метансульфонової кислоты должно составлять: свободная МСК (50 – 75 г/л) – 59 г/л; Олово (2) (290,00 – 330,00) – 305,00 г/л.

Для растворения металлического олова использовали кислоту с концентрациями: 43,4 % и 70 %. Соответствующие температуры кипения растворов представлены в таблице.

Таблица
Температуры начала кипения водных растворов в зависимости от концентрации МСК

Концентрация метансульфонової кислоты, %	Температура кипения, °С
43,4	126
70	141

Температура начала кипения 43,4% метансульфонової кислоты составила 126 °С, а температура начала кипения 70% метансульфонової кислоты составила 141 °С. Растворение металлического олова в метансульфонової кислоте проводилось по следующей методике: в

круглодонную колбу поместили 150 г металлического олова и налили 500 мл метансульфоновой кислоты 520,5 г/л (43,4 %). Колбу помещаем в термостат и присоединяем обратный холодильник. Синтез проводился при температуре 124 °С

Разбавление исходного раствора метансульфоната олова (300 г/л, $\rho = 1,69 \text{ г/см}^3$) ведём раствором метансульфоновой кислоты (520,5 г/л, $\rho = 1,18 \text{ г/см}^3$). К аликвотной части водного раствора метансульфоната олова 10 мл добавляем 2 мл метансульфоной кислотой и перемешиваем. Измерение плотности проводилось гравиметрическим методом путем взвешивания цилиндра 10 мл с исследуемым раствором при температуре 25 °С.

Зависимость плотности водного раствора метансульфоната олова от концентрации показана на рис. 2.

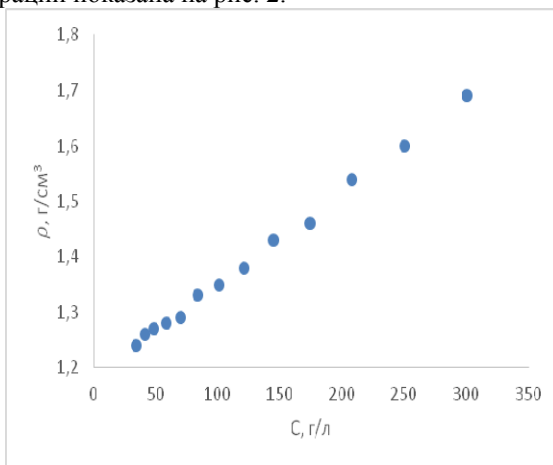


Рис. 2. Зависимость плотности от концентрации водного раствора метансульфоната олова.

Зависимость плотности водного раствора метансульфоновой кислоты от концентрации показана на рис. 3.

Из данных рисунков (2 и 3), мы наблюдаем рост плотности растворов с увеличением их концентраций.

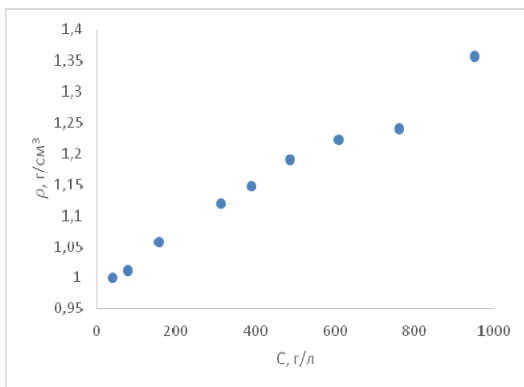


Рис. 3. Зависимость плотности от концентрации водного раствора метансульфоновой кислоты.

Таким образом, можно сделать следующее заключение о процессе растворения металлического олова в метансульфоновой кислоте:

1. Измерены температуры начала кипения водных растворов метансульфоновой кислоты:
 - при концентрации 43,4 % температура начала кипения 126 °С;
 - при концентрации 70 % температура начала кипения 141 °С.
2. С увеличением концентрации метансульфоновой кислоты в водном растворе температура начала кипения повышается.
3. Плотность водного раствора метансульфоната олова с увеличением концентрации возрастает.
4. Плотность водного раствора метансульфоновой кислоты с увеличением концентрации возрастает.

Литература

1. Ларин И.О. Электроосаждение сплавов олова из электролитов на основе метансульфоновой кислоты: дис. канд. техн. наук: 05.17.03. – Науч. рук. К.М. Тюрина – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. – 16 с.: ил.
2. Пат. 1657520А, Китай. Способ получения метилового сульфоната олова с использованием порошка олова / Ван Сян, Ван Хуайсин (CN); заявитель и патентообладатель «Научно-исследовательский и проектный институт Юньнаньской оловянной промышленности Group Inc» (CN). – Заявл. 08.12.2004, опубл. 24.08.2005.
3. Пат. 101748425А, Китай. Способ получения метансульфоната олова / Хань Яньдун, Чжан Вэнбуй, Ган Юнпин, Хуан Хуэй, Тао Синьен (CN); заявитель и патентообладатель «ИСИН ФАНЦЗИН Корпорейшн» (CN). – Заявл. 05.12.2008, опубл. 09.07.2014.

4. Пат. 2021019862A1, Япония. Способ растворения оксида олова (2) / Коичи Такемото (JP); заявитель и патентообладатель США Джей Пи (US). – Заявл. 01.05.2020, опубл. 04.02.2021.

УДК: 544.4

Гришкова Д.М., Гришкова Е.М., Добрыднев С.В.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)
**ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ РЕАКЦИЙ ТЕРМОЛИЗА
ГАЗОВОЛУОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

Газовый анализ или газометрия состоит в определении объема выделяющихся газообразных продуктов в результате протекания химической реакции. Газоволюмометрия позволяет успешно решать не только аналитические задачи, но и применяться для изучения гетерогенных процессов, таких как термическое разложение веществ. Термогравиметрический метод регистрирует общую потерю массы исследуемого образца, однако дополнение его газометрическими измерениями позволяет дать дополнительную информацию о механизме химических превращений.

Цель работы – изучить процессы термического разложения дигидрата оксалата никеля и гидрата основного карбоната меди.

Принципиальная схема экспериментальной установки для изучения термического разложения основного никеля газоволюмометрическим методом представлена на рисунке 1.

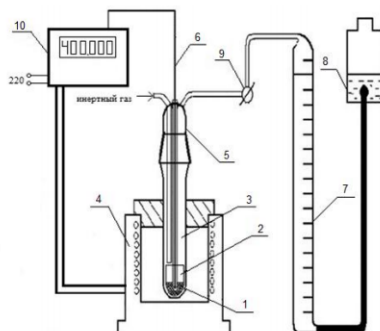


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:

- 1 – кварцевый реактор; 2 – навеска синтезированного ОКЦ;
- 3 – кварцевая пробирка; 4 – печь накаливания; 5 – кварцевая крышка;
- 6 – термопара; 7 – газометрическая бюретка; 8 – уравнительная склянка;
- 9 – трехходовой кран; 10 – измеритель температуры ТРМ-0.

Экспериментальные газоволюмометрические кривые носят S-образный характер (рис. 2), они могут быть условно разделены на три участка. Скорость процесса газовыделения продуктов нарастает постепенно (участок 1), проходит участок 2 интенсивного газовыделения и замедляется на участке 3 (рис. 2).

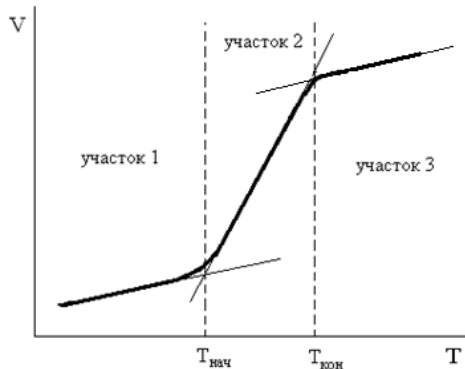


Рис. 2. Общий вид экспериментальной газоволюмометрической кривой.

Обработка экспериментальной зависимости методом касательных, как показано на рис. 2, позволяет определить температуры начала и конца процесса интенсивного газовыделения.

Зависимость объема газообразных продуктов от температуры нагрева дигидрата оксалата никеля показана на рис. 3.

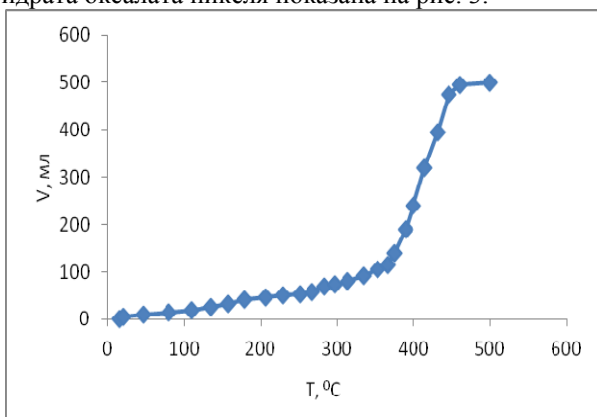


Рис. 3. Зависимость объема газообразных продуктов от температуры нагрева дигидрата оксалата никеля.

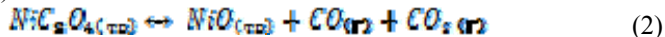
Механизм процесса термического разложения дигидрата оксалата никеля можно условно разделить на 2 стадии.

Первая стадия – удаление 2-х молекул кристаллизационной воды



Вторая стадия – разложение оксалата металла до соответствующего оксида с выделением монооксида и диоксида углерода. через стадию образования карбоната никеля.

Если температура разложения карбоната ниже, чем соответствующего оксалата никеля, то процесс термического разложения идет по уравнению (2)



Как видно из графика зависимости объема газообразных продуктов от температуры термолиз оксалата никеля, как видно из рис.3 протекает по уравнению 2. Температура начала процесса интенсивного газо-выделения соответствует $T_{нач} = 370 \text{ }^\circ\text{C}$, а конца – $T_{кон} = 450 \text{ }^\circ\text{C}$.

Зависимость объема газообразных продуктов от температуры нагрева гидрата основного карбоната меди показана на рис. 4.

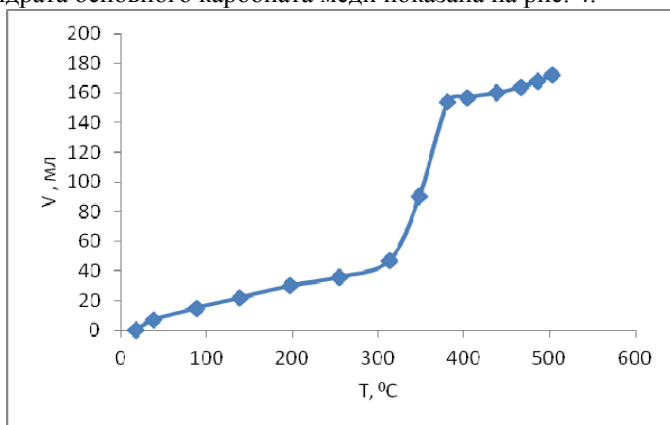
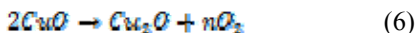
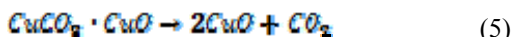
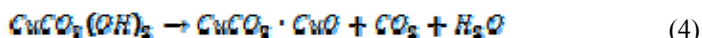
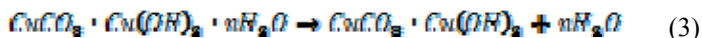


Рис.4. Зависимость объема газообразных продуктов от температуры нагрева гидрата основного карбоната меди.

Как видно из результатов газовольнометрических измерений (рис. 4), увеличением объема газообразных продуктов, происходит, в основном, за счет выделения диоксида углерода.

Таким образом, процесс разложения гидрата гидрокарбоната меди(II) можно представить последовательностью следующих химических превращений:



При температуре выше 400 °С наблюдается увеличение объема газообразных продуктов, что связано с термической диссоциацией оксида меди(II) согласно уравнению 6. Температура начала процесса интенсивного газовыделения соответствует $T_{нач.} = 330 \text{ }^\circ\text{C}$, а конца – $T_{кон.} = 380 \text{ }^\circ\text{C}$.

Выводы

1. Изучены процессы термического разложения дигидрата оксалата никеля и гидрата основного карбоната меди газовольюметрическим методом.
2. Определены температурные интервалы начала и конца интенсивного газовыделения:
 - дигидрата оксалата никеля ($T_{нач.} = 370 \text{ }^\circ\text{C}$, а конца – $T_{кон.} = 450 \text{ }^\circ\text{C}$);
 - гидрата основного карбоната меди ($T_{нач.} = 330 \text{ }^\circ\text{C}$, а конца – $T_{кон.} = 380 \text{ }^\circ\text{C}$).

Литература

1. Бесков В.С., Добрыднев С.В., Капаев Г.И., Замуруев О.В. Особенности термолитиза гидратов гидрокарбонатов никеля (II), меди (II), цинка (II) // Иваново: Изв. вузов. Химия и химическая технология, 2009. – Т. 52, №. 6. – С. 25 – 28.
2. Добрыднев С.В., Нилова Е.В., Бесков В.С. Расчет $\Delta_f G^0(298)$ и $\Delta_f H^0(298)$ труднорастворимых солей карбонатов и оксалатов металлов в твердом состоянии // Журн. неорг. химии. – 2005. – Т. 50. – №12. – С. 2015 – 2018.
3. Каменщиков О.Ю., Кетов А.А., Корзанов В.С., Красновских М.П. Синтез дисперсного никеля термическим разложением формиата, ацетата и оксалата никеля (II) // Вестник Пермского университета. Серия «Химия». 2018. Т. 8, вып. 3. С. 278–285.
4. Пивоваров Д.А. Влияние ультразвуковой обработки оксалатов меди, никеля и кобальта на их структуру и термическую устойчивость // Фундаментальные исследования №1, 2013, С. 731-735.
5. Пивоваров Д. А., Голубчикова Ю.Ю., Ильин А.П. Получение порошков металлов и их оксидов термическим разложением оксалатов Cu, Ni, Co // Известия Томского политехнического университета. 2012. Т. 321. № 3, С. 11-16.

Харитонов Н.П., Горохова М.Н.

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

**ИССЛЕДОВАНИЕ СИНТЕЗА ГЕМИНАЛЬНЫХ
ДИБРОМЦИКЛОПРОПАНОВ В УСЛОВИЯХ МЕЖФАЗНОГО
КАТАЛИЗА (МФК)**

В настоящее время химическая промышленность стоит перед необходимостью разработки экологически безопасных технологий. Данная проблема занимает одно из главных мест в таких направлениях, как промышленная экология и зеленая химия. Одной из таких технологий является межфазный катализ (МФК). Метод МФК основан на применении в качестве катализаторов четвертичных солей или макроциклов, осуществляющих перенос анионов из одной фазы в другую.

Получаемые соединения являются важными полупродуктами для получения ряда лекарственных веществ, красителей, пестицидов и других полупродуктов органического синтеза. Метод МФК не требует особо чистых реагентов, высоких температур и давления, способствует снижению побочных продуктов.

В работе исследована активность катализаторов межфазного переноса различной природы и явление синергизма в реакции получения геминальных дигалогенциклопропанов в условиях межфазного катализа в системе жидкость/жидкость (ж/ж) и жидкость/твердое тело (ж/тв).

Синтезы проводили на установке, состоящей из четырехгорлого термостатируемого реактора, снабженного термометром, обратным холодильником и механической мешалкой. В реактор загружали α -метилстирол и бромформ в мольном соотношении 6:1, затем катализатор. В последнюю очередь в реактор загружали 50% р-р NaOH, одновременно включая мешалку и секундомер. Длительность опыта составляла 65 минут. Момент включения мешалки считался началом реакции.

Через определенные промежутки времени отбирались пробы в пробирки с дистиллированной водой. Пробы герметично закрывались и охлаждались. 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 носители (аргон). Для количественного определения продуктов применяли метод внутреннего стандарта, в качестве которого использовали

октан. Результаты исследований и условия реакций приведены в таблице 1.

Табл. 1 – Результаты синтезов

Показатели	Ед. изм.	Результат		
$C_{AO}(\alpha\text{-МЕТИЛСТИРОЛ})$	моль/л	0,141		
$C_{Y0}(\text{БРОМОФОРМ})$		0,391		
$C_{\text{Кат}}$		$6,67 \cdot 10^{-4}$		
$C_{\text{щелочи}}$		0,534		
Температура	$^{\circ}\text{C}$	23±2		
Суспензия КОН в бензоле:	%	X_A	X_Y	$X_{\text{прод.}}^A$
Без катализатора		40,85	44,78	8,01
ТЭБАХ		42,34	78,80	30,28
ТМЦАХ		32,27	58,36	24,75
ТЭАБ		27,66	65,06	23,19
ТЭАИ		8,44	52,63	7,60
ПЭГ-400		34,11	76,88	19,36
Катамин		40,14	52,80	38,72
50% - ный раствор КОН:				
ТЭБАХ		25,82	60,08	19,15
Суспензия NaOH в бензоле:				
ТЭБАХ		31,91	49,13	17,80
ТМЦАХ		46,17	37,98	8,87
Выходы продукта при использовании различных катализаторов и их смесей:	%	$X_{\text{прод.1}}^A$	$X_{\text{прод.2}}^A$	$X_{\text{прод.3}}^A$ 39,
ТЭБАХ + ТМЦАХ		30,28	24,75	00
ТЭБАХ + Катамин		30,28	38,72	8,44
ТЭБАХ + ПЭГ-400		30,28	19,36	30,85
ТМЦАХ + ПЭГ-400		24,75	19,36	13,83

На основании данных были сделаны следующие выводы:

1. Твердый КОН является более активным, чем 50 %-ный водный раствор КОН, так как первый менее гидратирован, вследствие чего побочный процесс гидролиза протекает в малой степени.
2. Твердый КОН является более активным, чем твердый NaOH в изучаемом процессе, что приводит к более высокой концентрации карбена в реакционной массе, и вследствие этого, к более высокой скорости реакции.
3. Был получен следующий ряд реакционной способности МФ-катализаторов в исследуемой реакции: Катамин > ТЭБАХ > ТМЦАХ > ТЭАБ > ПЭГ-400 > ТЭАИ
4. При смешении ТЭБАХ и ТМЦАХ, а также ТЭБАХ и ПЭГ-400 наблюдали явление синергизма, а при смешении ТМЦАХ и ПЭГ – антагонизм.

УДК 542.61

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ КРАПИВЫ ДВУДОМНОЙ РАСТВОРОМ ЭТАНОЛА

В настоящее время все большую актуальность приобретает разработка отечественных лекарственных препаратов. Препараты, полученные на основе лекарственных растений (ЛРС), обладают рядом преимуществ по сравнению с синтезированными лекарственными средствами (ЛС). Это прежде всего широта и мягкость терапевтического эффекта в сочетании с отсутствием значительного количества побочных эффектов и противооказаний. Особое, это касается хронических заболеваний, когда прием лекарственных средств осуществляется в течение длительного периода.

Крапива двудомная (*Urtica dioica* L.) является лекарственным растением, наземные части которого широко применяются в качестве кровоостанавливающего средства. Другие части сырья крапивы двудомной в настоящее время в РФ не используются в качестве источника лекарственных препаратов. Однако, известно, что за рубежом находят применение коровища с корнями крапивы двудомной.

Актуальной проблемой для современной химии является разработка методики исчерпывающей экстракции при оптимальных условиях процесса. Оптимальными условиями процесса являются: подбор растворителя, температура процесса, время и полнота извлечения. Данная работа актуальна в рамках «Стратегии лекарственного обеспечения населения Российской Федерации на период до 2025 года».

В качестве объектов исследования служили образцы надземного сырья крапивы двудомной, собранные на территории НИ РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Исследования проводили с использованием УФ-спектрофотометрии, ИК-спектрометрии.

В ходе исследования установлено, что наиболее подходящими условиями для экстракции крапивы двудомной были: $T=100^{\circ}\text{C}$, время полного экстрагирования 5 часов и 10% р-р этанола.

При увеличении температуры до $110-150^{\circ}\text{C}$ увеличивалась скорость испарения растворителя, что в свою очередь приводило к нестабильной работе установки. При экстрагировании сырья менее 5 часов

происходило не полное извлечение экстракта, при экстрагировании сырья более 5 часов происходило полное извлечение экстракта и аппарат работал в холостую. Полноту экстрагирования можно было установить визуально по смене цвета раствора с темно-зеленого до бесцветного.

УДК 541.128

Мачнева И.С., Овечкина М.В., Горохова М.Н.

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

ЦИКЛОПРОПАНИРОВАНИЕ ГАЛОГЕНКАРБЕНАМИ

Межфазный катализ (МФК) был признан в качестве полезного инструмента для достижения эффективности процесса в многофазных реакциях, приводящий к экономии материальных и энергетических затрат. За последние три десятилетия он набрал силу в вопросах механизма и его промышленного применения. Межфазный катализ является хорошо отработанной технологией в препаративной химии и широко используется для органического синтеза, в частности, для нуклеофильного замещения. Главная особенность этого метода заключается в том, чтобы позволить реагентам, присутствующим в различных фазах, вступить в реакцию с помощью катализатора, который передает анионы в виде пары ионов, из водной фазы в органическую. Понятие межфазного катализа включает в себя несколько эффективных методов, которые обладают такими преимуществами, как простота, мягкие условия эксплуатации, высокая скорость реакции, а также использование недорогих реагентов. Следует также отметить, что это промышленно важные и экологически чистые процессы, т. к. они производят меньше отходов и потребляют меньше энергии, чем традиционные процессы.

Целью данной работы является изучение особенностей получения дихлорциклопропанов в системе жидкость-жидкость, изучение влияния концентрации катализатора и типа щелочи.

На первом этапе работы были подобраны условия хроматографирования, идентифицированы пики. Для более высокой точности данных, определили коэффициенты чувствительности участвующих химических соединений, используя метод внутреннего стандарта (в качестве стандарта был выбран октан). Проведя расчет, был получен коэффициент по стиролу, равный $1,1 \pm 0,03$; по продукту коэффициент составил $1,49 \pm 0,09$. Хлороформ был в большом избытке, поэтому коэффициент по нему не определяли.

В процессе работы в четырехгорлый термостатируемый реактор загружалось заранее рассчитанное количество стирола и хлороформа в

мольном соотношении 6:1, добавлялся катализатор. После чего, приливался 50 % раствор щелочи, одновременно с этим включалась мешалка (400 об/мин) и секундомер. Температура процесса 35⁰С. Пробы отбирались через каждые 10 минут в течение часа и захлаживались для прекращения реакции.

Хроматографический анализ осуществляли на газо-жидкостном хроматографе "Кристал-люкс-4000М" с ионизационно-пламенным детектором (ДИП). Температура детектора 200⁰С. Температура испарителя 250⁰С. Температура колонок 150⁰С. Длина колонки составляет 30 м. Неподвижной фазой является 100% диметилполисилоксан, нанесенный на носитель (аргон).

В результате экспериментов было выявлено, что с увеличением концентрации катализатора – выход целевого продукта увеличивается. Так при концентрации катализатора $5,3 \cdot 10^{-4}$ моль/л, выход составил 80,2 %, при увеличении концентрации катализатора до $1,06 \cdot 10^{-3}$ моль/л, выход составил 90%. При увеличении концентрации катализатора в три раза, наблюдалось снижение выхода продукта из-за увеличения числа побочных реакций, визуально наблюдали осмоление реакционной массы.

УДК 541.18

Ворошилин Я.С.

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

ПОЛУЧЕНИЕ ПОКРЫТИЙ С ЗАДАННОЙ ВЕЛИЧИНОЙ КРАЕВОГО УГЛА

В настоящее время как в нашей стране, так и во многих других странах мира ведется разработка гидрофобных покрытий и материалов. Интерес к подобным материалам и покрытиям обусловлен их уникальными функциональными свойствами. А именно, к ним относятся водонепроницаемость, стойкость к коррозии, устойчивость к биообрастанию, высокая адгезия, устойчивость к органическим и неорганическим загрязнениям.

В данной работе представлены данные по гидрофобным свойствам материала межфазных образований на основе Д2ЭГФМе.

Установлено, что материал межфазных образований на основе ди-(2-этилгексил)фосфатов металлов проявляет гидрофобные свойства. Показана возможность получать материал межфазных образований с заданной величиной краевого угла. Изменяя природу растворителя, соли металла, начальные концентрации металла можно получить крае-

вой угол поверхности изделия, модифицированной материалом межфазных образований, достигающий 140°.

Увеличение начальной концентрации металла, уменьшение начальной концентрации Д2ЭГФК и повышение кислотности среды в системе приводит к повышению гидрофобности материала, что обусловлено более высоким накоплением ди-(2-этилгексил)фосфата лантаноида в межфазном слое.

Различие в величинах краевых углов материала межфазных образований на основе редкоземельных элементов иттриевой и цериевой подгруппы может быть объяснено различием их структуры. В случае редкоземельных элементов цериевой подгруппы формирующийся на границе раздела двух несмешивающихся жидкостей межфазный слой является гелеобразным, а в случае элементов иттриевой подгруппы прослеживаются участки с кристаллической структурой.

Работа поддержана грантом Правительства Тульской области в сфере науки и техники ДС/135 от 22.07.2022 г.

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.

УДК 504.5

Харитонов Н.П., Верниченко Д.Г., Моисеев М.М.

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

ПРОБЛЕМА СТОКОВ КАПРОЛАКТАМА И СПОСОБЫ ЕЕ УСТРАНЕНИЯ

Проблема утилизации промышленных стоков актуальна в любом уголке мира и занимает одно из главных мест в таких направлениях, как зеленая химия и промышленная экология. Решение этого вопроса должно отвечать концепциям устойчивого развития.

Технология производства капролактама реализованная на АО «Щекиноазот» включает экстракцию капролактама из лактамного масла. Экстракция капролактама из лактамного масла производится трихлорэтиленом, с последующей реэкстракцией капролактама. В процессе двухступенчатой экстракции образуется «рафинат» – водный слой, содержащий в среднем около 3% сульфата аммония, 4% органических веществ. Рафинат сжигают, что не экономично и приводит к выбросу продуктов сгорания, негативно воздействующих на окружающую среду. Также водные остатки проходят через очистные сооружения, что тоже приводит к потере веществ.

В год цех производит 60000 тон капролактама. При производстве 1 тонны продукта теряется минимум 30 кг сульфата аммония и 40 кг ор-

ганических веществ. В данном случае с практической точки зрения будут интересны другие методы разделения и утилизации: мембранная и биологическая очистка.

К мембранным методам разделения относится обратный осмос. Он основан на фильтровании растворов под давлением через полупроницаемые мембраны, пропускающие растворитель, но задерживающие растворенные вещества. Разделение проходит без фазовых превращений при температуре окружающей среды, поэтому затраты энергии значительно меньше, чем при выпаривании или сжигании. Современные установки обратного осмоса используются для концентрирования растворов солей и органических компонентов, одновременно происходит очистка воды до санитарных норм на сбрасываемую воду или пригодную для технических нужд. При концентрировании разбавленных растворов, обратный осмос экономичнее выпаривания. Такие технологии реализованы на Невинномыском ПО «Азот», в г. Кемерово, и в других промышленных производствах.

В настоящее время основным методом биологической очистки является анаэробная очистка сточных вод. Основной поток, содержащий капролактамы и органические примеси поступает на стадию биологической очистки при помощи анаэробных бактерий в метантенках. Метантенк представляет собой цилиндрический железобетонный резервуар с коническим днищем и герметическим перекрытием, в верхней части которого имеется колпак для сбора газа, откуда газ отводится для дальнейшего использования. Примерный состав газа: 65% метан, 30% CO₂, 2% водород, 1% азот и др. Осадок в метантенке перемешивается и подогревается с помощью особых устройств. С помощью бактерий уменьшается количество органических веществ, однако это не решает проблему со стоками неорганических веществ и также ведет к потере органики, и выбросам биогаза.

Поэтому целесообразно комбинировать эти два метода: сначала проводить очистку и возврат непрореагировавших веществ в процесс синтеза, а затем, остатки, которые остались после пропустить через установки с анаэробными бактериями.

УДК 615.014

Булатова Д.А., Барышников К.К., Сухина О.А.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ЭНТЕРОСОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ КРЕМНИЯ

Энтеросорбенты – вещества с высокой сорбционной емкостью, которые не разрушаются в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ), эффек-

тивно связывают и выводят из организма эндогенные и экзогенные токсичные соединения, надмолекулярные структуры и клетки, а также используются в лечебных и профилактических целях.

Механизм лечебного действия энтеросорбентов связан с прямым и опосредованным эффектом. Прямое действие сводится к извлечению, фиксации и выведению из ЖКТ бактериальных токсинов, поглощению эндогенных продуктов секреции и гидролиза, биологически активных веществ, сорбции патогенных, условно патогенных микроорганизмов, вирусов, связыванию газов. Состав энтеросорбентов может быть разным, но идеальный энтеросорбент характеризуется высокой чистотой, высокой степенью стандартизованности и технологичности, подтвержденной клинической эффективностью. В наибольшей степени этим требованиям соответствуют лекарственные препараты на основе высокомолекулярных соединений кремния.

Объектом исследования в настоящей работе является полиорганосилоксаны различной природы. В результате конформационных преобразований макромолекулы образуют надмолекулярную пористую глобулярную структуру гидрофобной природы (молекулярная губка). Данная структура характеризуется сорбционным действием по отношению преимущественно к средномолекулярным токсическим метаболитам, которые являются важными универсальными факторами интоксикации и представляют собой олигопептиды с высоким содержанием дикарбоновых аминокислот, цистеина, лизина и глицина и низким содержанием ароматических аминокислот. Следует отметить, что при этом не уменьшается всасывание витаминов и микроэлементов, способствует восстановлению нарушенной микрофлоры кишечника и не влияет на его двигательную функцию.

Для исследования сравнительной сорбционной активности полимерного гидрогеля на основе полиорганосилоксанов и сорбентов, широко применяемых в современной медицинской практике, был использован рефрактометрический метод анализа.

УДК 615.014

Потемкин Е.М., Рожкова Д.И., Сухинина О.А.

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

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СВОЙСТВ АНТАЦИДНЫХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Антациды — самые эффективные препараты для устранения повышенной кислотности при гастрите. Лекарства этой группы часто назначают при атрофическом и эрозивном гастрите. Помимо нормализа-

ции рН-баланса они способствуют ослаблению симптоматики — болей, изжоги. Эти средства могут достаточно быстро остановить приступ гастрита, а в отдельных случаях используются для профилактики обострений хронического воспаления слизистой желудка.

Большинство применяемых в настоящее время антацидных препаратов представляют собой механические смеси гидроксидов и солей магния и алюминия. Клинические исследования показали эффективность использования невсасывающихся антацидных препаратов на основе химически связанных гидроксидов магния и алюминия, так как терапевтический эффект достигается меньшей дозой лекарственного средства благодаря высокой скорости нейтрализации двойным гидроксидом. Данные препараты позволяют уменьшить дневную дозу лекарственного вещества в 2-3 раза

Суммарный механизм действия современных лекарственных препаратов включает: нейтрализацию свободной соляной кислоты в желудке; предотвращение обратной диффузии ионов водорода; адсорбцию пепсина и желчных кислот и лизолецитина, которые участвует в повреждении слизистой пищевода и желудка.

Представляет интерес вводить в комбинированные лекарственные препараты энтеросорбенты - вещества с высокой сорбционной емкостью, которые не разрушаются в желудочно-кишечном тракте. Применение энтеросорбентов при гастрите играет немаловажную роль, особенно если причиной воспалительного процесса стало пищевое отравление, прием агрессивных веществ и инфекция. Такие лекарства, конечно, не помогают устранить симптомы, но полезны в плане устранения чужеродных агентов. В последнее время врачи рекомендуют инновационные препараты на основе соединений кремния, обладающие выраженными сорбционным и детоксикационным свойствами, помогающие освободить желудочно-кишечный тракт от раздражающих слизистые оболочки соединений.

УДК 541.12

Непряхина Е.Н., Чеснокова Д.Д., Семак М.А., Иваненко О.И.

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

ЛЕКАРСТВЕННЫЕ ПРЕПАРАТЫ ГРУППЫ КАРДИОТОНИЧЕСКИХ ГЛИКОЗИДОВ

Гликозиды - вещества растительного происхождения. Лечебное действие гликозидов обусловлено главным образом агликоном (несахарной частью химического вещества), но сахарная часть также оказы-

вает терапевтический эффект, влияя на растворимость и всасывание агликона.

Были получены и исследованы кардиотонические гликозиды из растительного сырья ландыш майский, которые в виде препарата коргликон могут использоваться в фармакологии.

Получение субстанции препарата коргликон проводили по методике, описанной в работе [1], путем экстракции ацетоном, содержащим воду, с последующей отгонкой ацетона, отделением смолистых веществ и дальнейшей обработкой, до получения смеси гликозидов. Проводили обработку эфиром на заключительной стадии и сушили. Получили вещество жёлтого цвета, трудно растворимое в воде, легко — в этаноле, практически нерастворимое в эфире и хлороформе.

Провели идентификацию коргликона методом ИК-спектроскопии в таблетках с бромидом калия в области $4000-400 \text{ см}^{-1}$. Спектр по положению полос поглощения совпадает со спектром стандартного образца коргликона, снятого в аналогичных условиях.

Химические методы анализа использовались для определения чистоты кардиотонических гликозидов. Для обнаружения сахарного компонента были использованы реакции, основанные на их восстановительных свойствах. Реакция Либермана — Бурхардта по ФС позволяет определить подлинность коргликона. По реакции Легалья (рекомендация ФС), образуется окрашенный в красный цвет продукт при взаимодействии сердечного гликозида с раствором нитропруссид натрия в щелочной среде.

Коргликон - препарат, содержащий сумму гликозидов из ландыша, требует замены на растительное сырье из РФ, в связи с импортозамещением. Исследования лекарственных веществ группы кардиотонических гликозидов, как средства скорой помощи при острой сердечной недостаточности, является остро актуальными в настоящее время.

Литература

1. Патент RU 2 112 539 C1, 1998.

УДК 547.9

Мещерякова В.А., Бондарев В.П., Иваненко О.И.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ЛЕКАРСТВЕННЫЕ ПРЕПАРАТЫ НА ОСНОВЕ ИЗОТИМОЛА

Ухудшение экологического состояния окружающей среды неизбежно ведет к нарушению иммунного статуса организма. В настоящее время особой актуальностью обладают исследования, направленные на расширение ассортимента препаратов из лекарственного растительно-

го сырья. Биологически активные соединения, входящие в состав лекарственных средств растительного происхождения, по своим биологическим особенностям соответствуют естественным метаболитам организма.

Объектом исследования являлось лекарственное вещество - изотимол, входящий в состав растительного сырья. Изотимол ингибирует рост и уничтожает большое количество патогенов, которые продуцируют вредные токсины в кишечнике. Эфирное масло, содержащее изотимол является антисептиком, бактериостатиком, иммуностимулятором, активизирует лейкоцитарную защиту организма человека. На различных географических территориях РФ, в естественных условиях отобраны образцы чабреца горного, тимьяна ползучего и тимьяна обыкновенного. Отбор образцов производился в чистой зоне, что позволило исключить влияние техногенных факторов на результаты исследований. Из лекарственного сырья было выделено эфирное масло в виде гидролата и экстрактов полярными и неполярными растворителями (спирт этиловый, гексан).

Проведена идентификация лекарственного вещества методом ИК-спектроскопии. ИК-спектр субстанции, снятый в диске с калия бромидом, по положению полос поглощения соответствует спектру стандартного образца изотимола. Проведено сравнение с промышленным образцом эфирного масла тимьяна. Представлены результаты получения и исследования изотимола. Показано, что наибольшее содержание изотимола в растительном сырье, собранном в летний период в Северо-Кавказском регионе РФ. Это можно объяснить тем, что высокая солнечная радиация и сухость воздуха уменьшают давление в межклетниках тканей эфирносов, кислород воздуха с трудом проникает в ткани, снижается белковый обмен, углеводный синтез и увеличивается синтез веществ, составляющих эфирное масло.

УДК 661.5

Цыплакова Е.А., Юрова Е.В., Селина В.А., Новиков А.Н.
(Новомосковский институт РХТУ имени Д.И. Менделеева)
МЕТОДИКА СИНТЕЗА СУКЦИНАТА АММОНИЯ

Известно, что комплексные соединения, содержащие биогенные металлы и лиганды аминокислот, кислот метаболитов цикла Кребса являются перспективными лечебными препаратами. Сукцинаты щелочных и щелочноземельных металлов применяют в качестве лекарственных средств. Перспективными биологически активными соединениями являются аммониевые соли аминокислот, кислот метаболитов.

Сукцинат аммония восстанавливает способность организма к саморегуляции при психоэмоциональных и физических нагрузках. Экспериментальные исследования показали, что сукцинат аммония обладает актопротекторной активностью и повышает работоспособность животных и человека. Задачей настоящего исследования является разработка совершенного способа получения аммонийной соли янтарной кислоты, осуществимого в условиях промышленного производства, по которому возможно получать экологически чистые соли с высоким содержанием основного вещества и выходом продукта.

Для синтеза сукцината аммония были использованы следующие реактивы: янтарная кислота марки х.ч., карбонат аммония марки х.ч., 25%-ный раствор аммиака. Методика синтеза сукцината аммония заключалась в следующем: в трехгорлую колбу с обратным холодильником помещали 10 мл 25%-ного раствора аммиака и раствор 4,95 г карбоната аммония в 10 мл воды, нагревали до 60 °С и оставляли стоять 20 минут. Затем к содержимому колбы прибавляли порциями 2,95 г янтарной кислоты. Гомогенную реакционную смесь выдерживали в течение одного часа при комнатной температуре и упаривали под вакуумом. Вязкую массу охлаждали, промывали спиртом и кристаллизовали. Полученные кристаллы промывали спиртом, фильтровали и сушили при 60 °С под вакуумом. Было получено 2,8 г сукцината аммония. Выход целевого продукта составил 70%.

Методом ИК-спектроскопии подтверждено строение и установлена высокая степень чистоты полученной соли. Отнесение полос в ИК-спектрах основным структурным элементам проведено в соответствии с литературными данными.

УДК 541.8:532.14

Павлова Е.А., Морозова С.С., Пискарев Н.А., Новиков А.Н.
(Новомосковский институт РХТУ имени Д.И. Менделеева)
**ОБЪЕМНЫЕ ВКЛАДЫ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ГРУПП
МОЛЕКУЛ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В N-
МЕТИЛПИРРОЛИДОНЕ ПРИ 298,15 К**

Работа продолжает исследования плотности растворов органических веществ в N-метилпирролидоне (МП) с целью определения объемных вкладов функциональных групп молекул.

Пикнометрическим методом повышенной точности с погрешностью $\pm 1 \cdot 10^{-5}$ г·см⁻³ при 298,15 К были исследованы плотности растворов ряда галогенпроизводных алканов в МП. МП и хлоралканы под-

вергали тщательной очистке и осушке по стандартным методикам. Содержание воды в образцах реактивов не превышало 0,02 масс.%.

На основании экспериментальных данных о плотности растворов рассчитаны кажущиеся мольные объемы Φ_v хлоралканов в МП. Концентрационные зависимости Φ_v для всех исследованных систем близки к линейным. Их экстраполяцией к состоянию бесконечного разбавления были определены важные термодинамические константы - стандартные парциальные мольные объемы $\bar{V}_2^o = \Phi_v^o$ дихлорметана, трихлорметана, тетрахлорметана, гексахлорэтана, 2-хлорпропана, 2,2-дихлорпропана.

Анализ полученных данных позволил установить, что зависимость величин \bar{V}_2^o от числа атомов хлора в молекуле хлоралкана описывается уравнением линейной регрессии:

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

где n - число атомов хлора в молекуле, a , b - эмпирические коэффициенты.

Значение коэффициента b в уравнении (1) соответствует увеличению величины \bar{V}_2^o при замещении одного атома водорода алкана на атом хлора. Для исследованных рядов хлоралканов величины коэффициентов b хорошо согласуются между собой и составляют в среднем $(12,5 \pm 0,5)$ см³/моль, а с учетом полученного нами ранее значения объемного вклада водорода ($\delta_{V(H)} = 12,8$ см³/моль) величина объемного вклада атома хлора в \bar{V}_2^o галогенпроизводных углеводородов в МП составляет $\delta_{V(Cl)} = 25,3$ см³/моль.

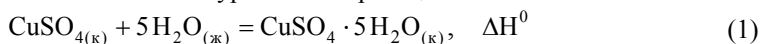
УДК 536.6

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

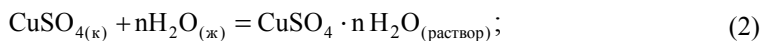
(Центр детского научного и инженерно-технического творчества "Квант", Новомосковский институт РХТУ имени Д.И. Менделеева)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНТАЛЬПИИ ПРОЦЕССА ГИДРАТАЦИИ БЕЗВОДНОЙ СОЛИ С ОБРАЗОВАНИЕМ КРИСТАЛЛОГИДРАТА

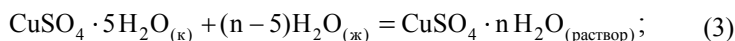
Экспериментально измерить энтальпию твердофазной реакции присоединения воды к безводной соли с образованием кристаллогидрата в соответствии с уравнением реакции:



практически невозможно. Однако можно достаточно легко измерить энтальпию растворения в воде безводной соли CuSO_4 с образованием раствора определенной концентрации C $\Delta_{\text{раств}} H^0(\text{CuSO}_{4(\text{к})}, C)$:



и её кристаллогидрата с образованием раствора такой же концентрации $\Delta_{\text{раств}} H^0(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}_{(\text{к})}, C)$:



В соответствии с законом Гесса энтальпия процесса присоединения воды к безводной соли с образованием кристаллогидрата равна разности энтальпий процессов (2) и (3):

$$\Delta H^0 = \Delta_{\text{раств}} H^0(\text{CuSO}_{4(\text{к})}, C) - \Delta_{\text{раств}} H^0(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}_{(\text{к})}, C); \quad (4)$$

Для проведения эксперимента использовали изопериболический калориметр, температуру которого измеряли термометром сопротивления, включенным в мостовую измерительную схему. Для определения энтальпий растворения записывали ход температуры в начальном периоде опыта, затем навески безводной соли и ее кристаллогидрата вносили в калориметр и записывали изменение температуры в главном и конечном периодах опыта. Количество теплоты, выделившейся или поглотившейся в калориметре при растворении, вычисляли по формуле:

$$Q = W \cdot \Delta R, \quad (5)$$

где W тепловое значение калориметра, ΔR изменение сопротивления термометра в опыте.

Работа выполнена при поддержке благотворительного фонда Андрея Мельниченко.

УДК 66.022.34

Щукина И.А., Дедов Н.А., Ильина Т.А., Меер К.Е., Костылева Е.И.

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

ПОЛУЧЕНИЕ ГИДРОФОБНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ОЛИГОАЛКИЛГИДРИДСИЛОКСАНОВ

В работе представлены результаты использования олигометилгидридсилоксана (ГКЖ-М) и олигоэтилгидридсилоксана (ГКЖ) для гидрофобной отделки древесины, которые применяли в виде водных эмульсий, полученных с использованием ультразвукового диспергирования.

Изучено влияние различных факторов на свойства полученных покрытий: применение катализатора процесса взаимодействия олигоал-

килгидридсилоксанов с функциональными группами поверхности древесины, температурного режима фиксации покрытия, концентрации кремнийорганического олигомера. Испытания проводили с образцами листовых и хвойных пород древесины: осина и сосна.

Гидрофобность покрытия устанавливали, определяя краевой угол смачивания (θ) на экспериментальных образцах. Результаты исследований свидетельствуют о получении на поверхности обрабатываемых материалов гидрофобного эффекта, так как значения θ превышают 90° . Выявлено, что концентрация олигоалкилгидридсилоксана в исследуемых составах влияет на краевой угол смачивания. Наблюдается понижение θ при уменьшении концентрации ГКЖ. Оптимальное содержание гидрофобизирующего кремнийорганического олигомера в рабочем растворе составляет 2,4-4,5 %. Отмечено, что эффективность использования ГКЖ и ГКЖ-М с различным органическим обрамлением практически одинакова.

Выявлено, что для создания гидрофобного, долговечного покрытия необходимо использование γ -аминопропилтриэтоксисилана (ГМТС) - катализатора сшивки ГКЖ, ГКЖ-М с поверхностными функциональными группами древесины. Оптимальная концентрация раствора ГМТС составляет 5 %.

Обработанные образцы испытывали на водостойкость, определяя водопоглощение за различные промежутки времени. Выявлено, что гидрофобная обработка в достаточной мере снижает поглощение влаги всех обработанных образцов. Привес контрольных необработанных образцов осины при воздействии водной среды в течении одного часа составляет 50%, у обработанных гидрофобизирующими составами – 6%.

Таким образом, в работе представлены результаты исследований по применению олигоалкилгидридсилоксанов для гидрофобной отделки древесины различных пород, предложены составы и режимы формирования устойчивых гидрофобных покрытий.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках научного проекта лаборатории "Лаборатория ионных материалов" (ЛИМ), проект № FSSM-2021-0014 и гранта правительства Тульской области в сфере науки и техники. Постановление № 433 от 05.07.2022 г.

УДК 546.824.31

Ильина Т.А., Щукина И.А., Дедов Н.А., Орлова Е.А., Костылева Е.И.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

САМООЧИЩАЮЩИЕСЯ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИОРГАНОГИДРИДСИЛОКСАНОВ И ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИ АКТИВНОГО ДИОКСИДА ТИТАНА

Целью представленной работы являлось объединение таких технологических приемов как гидрофобизация и получение фотокаталитически активных (ФКА) покрытий на основе диоксида титана на различных поверхностях. В результате получали водоотталкивающий слой, разлагающий органические загрязнения на таких материалах как древесина породы сосна и осина, глиняный и пеносиликатный кирпич, хлопчатобумажная и полиамидная ткань, стекло.

Для достижения ФКА диоксида титана в видимой области электромагнитного излучения его легировали соединениями ванадия(V), циркония(IV), гафния(IV). Помимо этого, увеличение ФКА диоксида титана достигали за счет добавления SiO_2 . Создание композитной матрицы $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ приводит к повышению удельной поверхности, пористости и ФКА. Полученные частицы были изучены методами лазерной дифракции, ИК-спектроскопии, синхронного дифференциально-термического и термогравиметрического анализа (ТГ-ДТА). Для оценки ФКА исходных частиц $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ и композиций, легированных d-элементами, применяли, широко используемый на практике метод фотокаталитического окисления органического красителя родамина-Ж.

Изучаемые наночастицы обладают ФКА - происходит уменьшение концентрации родамина-Ж в системе по мере облучения образца. Краевые углы смачивания на изучаемых поверхностях составляют 120-140 град, то есть покрытие является гидрофобным ($\theta > 90$ град). Водопоглощение древесины уменьшается с 50% до 6%. Устойчивость покрытия на кирпиче проверяли на кирпичной кладке – в течении 9 месяцев обработанная поверхность сохраняет насыщенный цвет, гидрофобность, не появляются «высолы». Обработанная ткань сохраняет гидрофобность при многократных стирках, сохраняется яркость окрашивания.

Таким образом, в работе разработана методика получения гидрофобных самоочищающихся покрытий на основе КОС и легированного диоксида титана на материалах различной природы, предложены составы и режимы формирования разработанных покрытий. Предложенная методика получения самоочищающихся покрытий на строительных материалах позволяет решать важные экономические аспекты, та-

кие как затраты на очистку фасадов, долговечность, внешний вид строительных материалов, защита от плесени, грибка.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках научного проекта лаборатории "Лаборатория ионных материалов" (ЛИМ), проект № FSSM-2021-0014 и гранта правительства Тульской области в сфере науки и техники. Постановление № 433 от 05.07.2022 г.

УДК 66.022.34

*Минаева В.А., Ильина Т.А., Щукина И.А., Дедов Н.А., Костылева Е.И.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)*

ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ НАНОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ ДИОКСИДА ТИТАНА, ЛЕГИРОВАННОГО ЦЕРИЕМ И ДИСПРОЗИЕМ

В настоящее время диоксид титана является актуальным объектом изучения благодаря своей высокой фотокаталитической активности (ФКА). Данное свойство TiO_2 обуславливает его применение в системах очистки воздуха и воды от вредных органических и неорганических веществ, но протекает при УФ-воздействии. Недостатки данного способа — проблемы энергосбережения, неэкологичность УФ-ламп и необходимость их частой замены. Поэтому возникает необходимость получения фотокатализаторов, активных под воздействием видимого света. Одним из методов получения таких соединений является легирование диоксида титана редкоземельными металлами. Поэтому в работе было изучена модификация TiO_2 соединениями Ce(III) и Dy(III) , которая может увеличить его ФКА.

В данной работе изучены методы синтеза высокодисперсного TiO_2 гидролизом TiCl_4 , который проводили при механическом перемешивании и в УЗ-поле. Реакции осуществляли, медленно прикапывая TiCl_4 в 10% раствор аммиака, в результате образовывался белый осадок, который промывали, центрифугировали и высушивали при 120°C . Далее, полученные частицы отжигали в муфеле при температурах 400, 600, 900°C . Полученные образцы TiO_2 охарактеризованы методами РФА, ДТГА, ИК-спектроскопии, лазерной дифракции. Определены температуры фазовых переходов анатаз-рутил синтезированных частиц; тепловые эффекты, сопровождающие процессы дегидратации и структурные перегруппировок. Размеры частиц лежат в диапазоне 100-300 нм.

В процессе легирования в водные растворы ацетата церия (III), ацетата диспрозия (III) вводили TiO_2 (в соотношении 1 г на 20 мл 0,01 М

раствора соответствующей соли), суспензию диспергировали в УЗ-поле в течении 10 мин при частоте 22 кГц, центрифугировали, высушивали при температуре 100⁰С и отжигали в муфельной печи в течение 2 ч при температуре 450⁰С.

Для оценки ФКА синтезированных частиц TiO₂/Ce, TiO₂/Du применяли метод фотокаталитического окисления органического красителя родамина-Ж. При воздействии видимого света в течении 5 часов концентрация красителя изменяется с 1,8·10⁻³ до 0,6·10⁻³ моль/л. Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что легирование диоксида титана редкоземельными элементами позволяет его использовать в качестве фотокатализатора в видимом диапазоне электромагнитного излучения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках научного проекта лаборатории "Лаборатория ионных материалов" (ЛИМ), проект № FSSM-2021-0014 и гранта правительства Тульской области в сфере науки и техники. Постановление № 433 от 05.07.2022 г.

УДК 544.722.12

Дедов Н.А., Ильина Т.А., Шукина И.А., Черненко С.В., Костылева Е.И.

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

КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИЕ БЛОК-СОПОЛИМЕРЫ ДЛЯ ГИДРОФИЛИЗАЦИИ ПОЛИМЕРОВ И СТЕКЛА

Для полимеров характерно явление статической электризации, т.е. способность накапливать и сохранять электрические заряды в процессе получения, переработки и эксплуатации. Чистые поверхности этих материалов гидрофобны и имеют высокое поверхностное сопротивление. В ряде случаев это создает неудобства и опасность для жизни. С целью уменьшения поверхностного сопротивления и накопления статического электричества применяются поверхностно-активные вещества. Гидрофилизация поверхности стекла препятствует его запотеванию при наличии перепада температур. В качестве гидрофилизирующих веществ используются органические и кремнийорганические поверхностно-активные вещества (ПАВ), которые адсорбируются на поверхностях, уменьшая при этом, поверхностную энергию. В результате адсорбции ПАВ происходит переход от несмачивания к смачиванию, то есть инверсия смачивания.

В работе проводилась гидрофилизация поверхности фторопласта и стекла полисилоксан-полиоксиалкиленовыми блок-сополимерами (ПСПА), олигометилгидридсилоксаном (ГКЖ-М). Составы наносились

на поверхности, предварительно очищенные, а затем отполировывались до оптической чистоты и высушивались на воздухе при 20°C в течение 1-2 ч. На полученных образцах определяли краевой угол смачивания (θ), рассчитывали работу адгезии и смачивания.

Выявлено, что гидрофилизация стекла и фторопласта приводит к уменьшению значения θ по сравнению с чистыми поверхностями (от 90 до 5 град). Минимальные значения θ (5-7 град) наблюдаются при обработке полисилоксан-полиоксиалкиленовыми блок-сополимерами как отдельно, так и совместно с ГКЖ-М, следовательно, увеличивается смачиваемость поверхностей. Наблюдается быстрое исчезновение эффекта запотевания при перепаде температур. На обработанной предложенным составом поверхности образуется вода, но ее количество незначительно. Она распределяется по поверхности тонким мономолекулярным слоем и испаряется за несколько секунд.

Таким образом, в работе изучены способы формирования гидрофильных покрытий на основе кремнийорганических блок-сополимеров на стекле и фторопласте, предложены составы для практического использования.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках научного проекта лаборатории "Лаборатория ионных материалов" (ЛИМ), проект № FSSM-2021-0014 и гранта правительства Тульской области в сфере науки и техники. Постановление № 433 от 05.07.2022 г.

УДК 544:66.061

Кулямзина П.Б., Кизим Н.Ф.

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

ЭКСТРАКЦИЯ ВАНАДИЯ(V) ИЗОАМИЛОВЫМ СПИРТОМ ИЗ РАСТВОРА, СОДЕРЖАЩЕГО ВАНАДИЙ(V) И СЕРНУЮ КИСЛОТУ

Ванадий(V) имеет достаточно хорошую экстракционную способность и извлекается экстрагентами разного типа. Ванадий экстрагируется спиртами [1-5], аминами [6-8], трибутилфосфатом [9,10], ди(2-этилгексил)фосфорной кислотой [11-13]. Однако многообразие ионных форм, в которых может находиться ванадий в растворах, и его способность образовывать полиионы осложняют процесс экстракции. По экстракции ванадия изоамиловым спиртом имеется несколько работ, однако и механизм, и термодинамика экстракции описаны не полностью. Цель настоящей работы состояла в выяснении закономерности

стей экстракции ванадия изоамиловым спиртом из раствора, содержащего ванадий(V) и серную кислоту.

Экстракция проводилась при комнатной температуре с использованием делительных воронок. Для этого 50 мл водного раствора серной кислоты, содержащего ванадий(V), наливали в делительную воронку и добавляли 50 мл изоамилового спирта. Смесь встряхивали в течение 5 минут и выдерживали до полного расслоения фаз. После этого фазы разделяли и определяли концентрацию ванадия в рафинате колориметрическим методом с пероксидом водорода [14]. Содержание ванадия в органической фазе определяли через стадию реэкстракции. Оптическую плотность раствора измеряли фотоэлектроколориметром КФК-2. Концентрацию кислоты определяли методом потенциометрического титрования. Все реактивы, используемые в эксперименте, имели квалификацию «х.ч».

Физические свойства изоамилового спирта указывают на то, что он является удобным растворителем для жидкостной экстракции, которую чаще всего проводят при комнатной температуре. Его плотность ($0,81289 \text{ г/см}^3$ при 15°C) заметно меньше плотности воды, у него невысокая вязкость (4,81 спз. при 15°C), высокая температура кипения ($132,03^\circ\text{C}$) и достаточно высокая температура вспышки ($45,6^\circ\text{C}$) [10]. Дипольный момент спирта (1,82 D) близок к величине дипольного момента воды (1,85 D), что указывает на межмолекулярное взаимодействие в растворе.

Система вода – изоамиловый спирт характеризуется положительным отклонением от закона Рауля, указывая на ее существенную неидеальность. При определенном составе образуется азеотропный раствор. Растворимость спирта в воде и воды в спирте относительно невелика, но введение в систему серной кислоты заметно ее изменяет, причем при увеличении концентрации кислоты повышается растворимость воды в спирте. При концентрации серной кислоты в водной фазе 9 M наблюдается полное смешивание.

В условиях наших экспериментов общий объем водной и органической фаз после экстракции уменьшился на $\sim 4\%$ по отношению к сумме объемов фаз до экстракции. При этом заметно ($\sim 30\%$) увеличился объем органической фазы, а кислотность водной фазы заметно ($\sim 28\%$) уменьшилась. Это указывает на переход воды и кислоты в органическую фазу. Экстракция ванадия(V) в условиях наших экспериментов характеризуется коэффициентом распределения $0,97 \pm 0,04$. Доверительный интервал рассчитан обычным методом с использованием критерия Стьюдента при уровне значимости 0,05 по результатам 3 параллельных опытов. Степень экстракции ванадия составила $(49 \pm 1)\%$.

Таким образом, при однократной экстракции ванадия из его раствора в серной кислоте извлекается примерно половина первоначально взятого количества ванадия.

Литература

1. Копач С. Экстракция ванадия(V) алифатическими спиртами из сернокислых растворов [Текст] / С. Копач, Л. Пайдовски // Журнал неорганической химии. – 1971. – Т. X – Вып. 2. – С. 451-456.
2. Rakib, M. Study of complex formation of vanadium(V) with sulphate ions using a solvent extraction method [Текст] / M. Rakib, G. Durand // Hydrometallurgy. - 1996. – V 43 – P. 355–366.
3. А.с. 157783 СССР. МПК С22В. Способ извлечения ванадия из сернокислых растворов экстракцией [Текст] / Плюснин В.Г., Петунина Н.И., Ивакин А.А. – заявл. 04.11.1962; опубл. 1963, Бюл. № 19.
4. Пат. 14206 Республика Казахстан, МПК С22В 34/22, С22В 3/25. Способ извлечения ванадия из кислых растворов [Текст] / К.Ш. Ахметова, Б.К. Кенжалиев, Б.М. Шаяхметов [и др.]; – № 2002/0420.1, заявл. 2002, опубл. 15.04.04, Бюл. № 2. – 3 с.: табл.
5. Патент RU 2492254 С1 МПК С22В 34/22 С22В 3/26 Способ извлечения ванадия из кислых растворов //Касиков А.Г., Петров В.Н., Петрова А.М. – Заявл. 29.06.2012. Опубл. 10.09.2013 Бюл. № 25
6. Палант, А. А. Жидкостная экстракция ванадия(V) из сульфатных сред диизододециламином [Текст] / А. А. Палант, В. А. Брюквин, В. А. Петрова // Журнал неорганической химии. - 2007 -Т. 52. – №6. – С.1035-1040.
7. Luis Losano Solvent extraction of polyvanadates from sulphate solutions by Primene 81R. Its application to the recovery of vanadium from spent sulphuric acid catalysts leaching solutions [Текст] / Luis J. Losano, Diego Juan // Solvent extraction and ion exchange. – 2001. – 19(4). – P. 659-676.
8. L.D. Kurbatova, O.V. Koryakova, M.S. Valova. Extraction Recovery of Vanadium(V) by Amines. In IV Congress “Fundamental research and applied developing of recycling and utilization processes of technogenic formations”, KnE Materials Science. 2020, p. 260–265. DOI 10.18502/kms.v6i1.8083.
9. Moussa Alibrahim. Solvent extraction of Vanadium (IV) with di(2-ethylhexyl) phosphoric acid and tributyl phosphate [Текст] / Moussa Alibrahim, Habib Shlewit, Safaa Alike // Chemical Engineerin – 2008 – V.52/1. – P. 29–33.
10. Справочник по экстракции [Текст]. В 3-х т. Т. 1. Экстракция нейтральными органическими соединениями / сост. З.И. Николотова, Н.А. Карташова; под ред. д-ра хим. наук А.М. Розена. -М.: Атомиздат, 1976

- 600 с.

11 Курбатова, Л.Д. Экстракция ванадия(V) из растворов серной кислоты [Текст] / Л.Д. Курбатова, Д.И. Курбатов // Журнал неорганической химии. – 2008 – Т.53. – №7. – С. 1239-1243.

12. Денисова, Л.В. Экстракция ванадия (IV) ди-2-этилгексилфосфорной кислотой / Л.В. Денисова, И.П. Сорокин // Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. – 1971 - № 5. -С.98-102.

13. Пат. 2269487 РФ. Способ извлечения ванадия [Текст] / Л.Д. Курбатова, Д.И. Курбатов // Бюллетень изобретений «Полезные модели». – 10.02.2006 – № 4.

14. Музгин В.Н., Хамзина Л.Б., Золотавин В.Л., Безруков И.Я. Аналитическая химия ванадия. -М.: Наука, 1981. - 216 с.

УДК 53.082.7

Чекмазов Е.Г.

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

ПОВЫШЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ И СПЕКТРАЛЬНОГО РАЗРЕШЕНИЯ СПЕКТРОМЕТРОВ ЭПР

В настоящее время для повышения чувствительности и спектрального разрешения испытывают разные методы. В общем, они сводятся к повышению индукции магнитного поля, переходу на более высокие частоты, применению импульсных методик [1-6].

Повышение индукции магнитного поля позволило исследовать малоизученные образцы нефтяных дисперсных систем (сырой нефти, битума, высокомолекулярных соединений). Работа в X-диапазоне ввиду малой величины магнитного поля 0,32 Тл не позволяет достоверно идентифицировать спектры веществ, в то время как использование W-диапазона (3,4 Тл) дает возможность установить состав образцов [1]. Кроме того применение более сильного магнитного поля требует меньшего объема вещества, что можно рассматривать как дополнительное преимущество при работе с материалами ограниченного размера или количества [2], но при этом сигнал ЭПР наблюдается от меньшего числа парамагнитных центров [1]. Недостатком такого подхода является необходимость использования сверхпроводящих магнитов [2].

Переход на более высокие частоты позволяет работать с системами, исследование которых на ЭПР спектрометрах X-диапазона затруднено. К этим системам относятся определенные парамагнитные ионы V^{3+} , Cr^{2+} , Cr^{4+} , Fe^{2+} , Cr^{3+} , Tb^{3+} , Ho^{3+} , Tm^{3+} , Er^{3+} [3], изучение которых имеет

важное значение для лазерной физики, квантовой информатики, молекулярной биологии. Одной из современных задач ЭПР спектроскопии является создание спектрометров ЭПР, работающих в сверхвысоко-частотной области. Разработан оригинальный модуль [4], тестовые испытания которого показали, что использование его в качестве дополнительной приставки к любому спектрометру ЭПР позволяет существенно расширить частотный диапазон при изучении низко симметричных парамагнитных центров. Но для получения информации о магнитных свойствах системы необходимо работать в разных частотах, что доставляет определенные неудобства и требует большего времени.

Разработан спектрометр ЭПР в диапазоне 263 и 275 ГГц, где использованы квазиоптические методы [5]. Он имеет сверхпроводящий магнит с величиной магнитного поля 12 Тл, не нуждающийся в охлаждении жидким гелием или азотом, что облегчает его обслуживание.

Применение импульсных методик значительно расширяет возможности метода электронного парамагнитного резонанса, т.к. сигнал импульсного ЭПР содержит как спектральную информацию, так и информацию о динамике спиновой системы, которую можно извлечь при дальнейшей обработке полученных данных. Импульсный метод позволяет исследовать систему парамагнитных центров в целом. Одним из наиболее значимых ограничений импульсного ЭПР является его малая эффективность при относительно высоких температурах. Обычно в качестве спиновых меток используют нитроксильные радикалы. Но, как показывают результаты исследований [6], наиболее полезными спиновыми зондами при использовании импульсного ЭПР оказываются спирициклические фрагменты, что значительно расширяет температурный диапазон проведения исследований.

Для повышения чувствительности спектрометров ЭПР постоянное магнитное поле модулируют с определенной амплитудой обычно 100 кГц. Значение амплитуды модуляции зависит от цели эксперимента. Для получения высокого разрешения применяют амплитуду порядка 0.1 мТл, если важна чувствительность, амплитуду следует увеличить до максимальной (1 мТл) [1-2].

Литература

1. Володин М.А. Исследование динамики сложных углеводородных систем методом высокочастотного ЭПР. 2015. с. 54-66. Электронный ресурс URL:http://www.issp.ac.ru/ebooks/disser/Volodin_M_A.pdf (дата обращения 27.04.2023).
2. Гафуров М.Р., Пономарев А.А., Мамин Г.В. и др. Применение импульсных и высокочастотных методов электронного парамагнитно-

го резонанса для исследования нефтяных дисперсных систем. 2020. с. 2-14. Электронный ресурс

URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-impulsnyh-i-vysokochastotnyh-metodov-elektronnogo-paramagnitnogo-rezonansa-dlya-issledovaniya-neftyanyh-dispersnyh/viewer> (дата обращения 27.04.2023).

3. Шакуров Г.С. Высокочастотная ЭПР-спектроскопия примесных парамагнитных ионов в диэлектрических и полупроводниковых кристаллах. 2015. Электронный ресурс

URL:http://kfti.knc.ru/upload/iblock/f4c/ШакуровГС_Диссертация_1.pdf (дата обращения 27.04.2023).

4. Сафаров И.М., Уланов В.А.. Широкодиапазонный сверхвысокочастотный модуль спектрометра электронного парамагнитного резонанса. 2011. с. 56-61. Электронный ресурс.

URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/shirokodiapazonnyy-sverhvysochastotnyy-modul-spektrometra-elektronnogo-paramagnitnogo-rezonansa/viewer> (дата обращения 27.04.2023).

5. Gromov I. Bruker-MM-wave EPR System ELEXSYS E780: Design and Performance. 2013. Электронный ресурс. URL:

https://www.researchgate.net/publication/282605318_Bruker_MM-Wave_EPR_System_ELEXSYS_E780_Design_and_Performance (дата обращения 27.04.2023).

6. Иванов М.Ю. Исследование особенностей структурирования ионных жидкостей методом ЭПР. 2019. с. 51-53. Электронный ресурс.

URL:<https://www.tomo.nsc.ru/gnti/diss/Иванов%20Михаил%20Юрьевич.pdf> (дата обращения 27.04.2023).

УДК 519.22

Трофимова Д.И.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)
**ВЫБОР МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ АНАЛИЗА
И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ
КОРОНАВИРУСОМ В ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ**

Эпидемия коронавируса показала, что человеческое сообщество не готово к серьезным вызовам, связанным с распространением эпидемий [1]. На конец апреля 2023 г. имеется более 682 млн. заболевших и около 7 млн. умерших от коронавируса [2]. В Тульской области эти цифры составляют 193 тыс. заболевших и 5369 умерших [3]. Для того чтобы успешно противостоять распространению инфекции, необходимо анализировать динамику роста заболеваемости, рассчитывать нагрузку на здравоохранение и делать реалистичные прогнозы.

В мире остро стоит проблема прогнозирования инфекционной заболеваемости, поэтому ещё с XX века эта тема активно изучается. За последнее время количество исследований на эту тему, растёт благодаря технологическому прогрессу, появилась возможность развёртывания информационных систем надзора, стали доступными большие объёмы статистических данных для анализа ситуации. Существуют разные виды прогнозов, каждый из которых имеет свою цель:

1. краткосрочный, на несколько недель, применим в выявлении всплеск заболеваемости;

2. среднесрочный, который считается наиболее полезным из всех видов прогнозов, может прогнозировать от 2 до 6 месяцев, используется в организации системы локального здравоохранения с целью наиболее эффективного противодействия инфекции. Из минусов данного вида можно выделить его меньшую точность, по сравнению с краткосрочным, что компенсируется большим количеством времени для подготовки к внештатным ситуациям;

3. долгосрочный; применяется на год и более вперёд. Имеет наименьшую точность, однако чрезвычайно необходим для оценки объёмов необходимой продукции [4].

Наиболее используемым методом является регрессионный анализ. Задача регрессии заключается в нахождении оценок неизвестных параметров и формировании функциональной зависимости между заболеваемостью и факторами, ее предопределяющими. Он является наиболее универсальным и простым методом анализа благодаря системам компьютерной математики. С их помощью можно построить прогноз на любые сроки, а ошибки соответствия модели наблюдениям – это независимые случайные величины, имеющие одинаковый закон распределения с нулевым математическим ожиданием и постоянной дисперсией. Распространенной проблемой является наличие существенной автокорреляции невязок, которая обычно указывает на то, что модель может быть дополнена, а прогноз — уточнен, например, с помощью авторегрессионных моделей [4].

Авторегрессионные модели включают в себя не только значения объясняющих переменных, но значения исследуемого параметра в предыдущие моменты времени, т. е. предполагается, что уровень заболеваний на текущий момент зависит от количества инфицированных в предыдущие моменты времени. Переменные, влияние которых характеризуется определенным запаздыванием – лаговые переменные.

В данной работе по результатам исходных статистических данных о заболеваемости населения Тульской области коронавирусом, представленных в виде динамических рядов за последние 3 года (2020-2023

гг.), проведен анализ изучаемых показателей с целью выбора математических моделей для прогнозирования. После предварительного анализа были выбраны адаптивные методы прогнозирования способные быстро приспосабливать свою структуру и параметры к изменению условий, влияющих на изучаемый показатель. Анализ автокорреляционных функций привел к выводу о выборе моделей, основанных на схеме авторегрессии. Для временного ряда $Y(t)$, характеризующего динамику численности населения, исходный ряд был преобразован к стационарному путем взятия разностей от уровней исходного ряда. Методом наименьших квадратов были определены параметры модели авторегрессии проинтегрированного скользящего среднего первого порядка, была оценена статистическая значимость полученных коэффициентов и проверена адекватность полученной математической модели. Проведенный анализ показал возможность применения современной модели для прогнозирования.

Литература

1. Куркина Е.С., Кольцова Е.М. Математическое моделирование и прогнозирование распространения эпидемии коронавируса COVID-19 // Проектирование будущего. Проблемы цифровой реальности: труды 4-й Междунар. конф. (4-5 февраля 2021 г., Москва).— М.: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2021. — С. 178-192.
2. Статистика коронавируса в мире [Электронный ресурс]. URL: <https://gogov.ru/covid-19/world> (Дата обращения 23.04.2023).
3. Статистика коронавируса в России по регионам [Электронный ресурс]. URL: https://vk.com/away.php?to=https%3A%2F%2Frussian-trade.com%2Fcoronavirus-russia%2F%3Fysclid%3Dlwg7hd3lb3734533608&cc_key= (Дата обращения 23.04.2023).
4. Кондратьев М.А. Методы прогнозирования и модели распространения заболеваний // Анализ и моделирование сложных живых систем: компьютерные исследования и моделирование. 2013 - Т. 5. № 5. С. 863–882.

УДК 544.6

Петров В.С.

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

ПЕРСПЕКТИВА ЗАМЕНЫ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ НА НАТРИЙ-ИОННЫЕ

В настоящее время широко используются литий-ионные аккумуляторные батареи. Однако они имеют ряд недостатков: недолговечность,

заметная потеря ёмкости (10-15% в год), ограниченный ресурс. Литий-ионные аккумуляторные батареи работают в достаточно узком диапазоне температур и чувствительны к резким температурным изменениям. Производство лития и литий-ионных батарей дорогостоящее.

Перспективными считаются натрий-ионные аккумуляторные батареи (АКБ). По расчётам они дешевле в производстве в 100 раз по сравнению с литий-ионными АКБ, так как вместо лития, никеля, кобальта, в данном типе батарей будут задействованы распространённые элементы: натрий, железо, алюминий.

Однако натрий-ионные аккумуляторные батареи имеют низкую эффективность имеющихся электродных материалов. Поскольку натрий в три раза тяжелее лития и имеет более низкий стандартный электродный потенциалом, сложно превзойти литий-ионные АКБ по плотности энергии и удельной емкости. Но натрий-ионные аккумуляторы могут работать в большем температурном диапазоне. Устройства для выравнивания нагрузки могут использовать натрий-ионные аккумуляторы благодаря их длительному жизненному циклу, высокой эффективности и плотности энергии.

В таблице приведены некоторые технические характеристики аккумуляторных батарей.

Технические характеристики	Аккумуляторная батарея		
	натрий-ионная	литий-ионная	свинцово-кислотная
Плотность энергии, Вт·ч/л	250-450 [1]	250–683 [2,3,4]	80–90 [3]
Удельная энергия, Вт·ч / кг	75-165 [1,5]	220 [4]	35–40 [3]
Удельная ёмкость, мА·ч/г	485 [6]	200 [7]	3 [8]
Циклическая стабильность	низкий саморазряд	низкий саморазряд	высокий саморазряд
Диапазон температур, °С	от -40 до 300°С [5,9]	от 15 °С до 35 °С [10]	от -20°С до 60°С [6]
Число циклов зарядки-разрядки при глубине разряда 80%	2000-5000 [11]	~3500 [12]	~900 [12]

Высокого температурного диапазона для натрий-ионных аккумуляторов удалось достичь благодаря использованию специальных составов электролитов, включающих растворители на основе эфира и трифторметансульфоната натрия, которые термически стабильны до -150°C и позволяют формировать стабильный твердотельный электролит (ТТЭ) при низких температурах [13].

Разработан полноразмерный натрий-ионный элемент питания, способный работать при сверхнизких температурах от -20°C до -60°C . Элемент, протестированный при температуре -40°C , имел начальную разрядную емкость $68 \text{ mA}\cdot\text{ч}^{-1}$ с сохранением емкости примерно на 94% после 100 циклов при $22 \text{ mA}\cdot\text{ч}^{-1}$ [13].

Высокотемпературные натрий-ионные накопители энергии имеют рабочую температуру более 300°C , но так как натриевый анод и серный катод находятся в жидком состоянии, резко увеличиваются эксплуатационные расходы и снижается безопасность из-за возможных пожаров и взрывов, вызванных выходом из строя керамики твердотельного электролита [9].

Высокотемпературная натриевая АКБ должна отвечать следующим требованиям: твердотельный электролит должен быть устойчив к реакции с натрием, к проникновению твердого металлического дендрита натрия; иметь механическую и химическую устойчивость.

В качестве ТТЭ испытывают 3 вида материалов: керамические, стеклокерамические и стеклянные. Наиболее перспективными являются стеклообразные ТТЭ на основе оксисульфидного стекла, которые образуют стабильную границу раздела ТТЭ-натрий. Разработан состав, облегчающий формирование структурно однородного стекла на основе $\text{Na}_2\text{S}-\text{P}_2\text{S}_5-\text{P}_2\text{O}_5$ [9].

Таким образом, натрий-ионные АКБ, в перспективе, могут вытеснить литий-ионные АКБ вследствие более дешёвого производства, широкого диапазона температур, позволяющему работать в экстремальных условиях. Совершенствуется технология производства твердотельных электролитов и катодных материалов, способных обеспечивать стабильную работу, низкую потерю ёмкости с практически идентичными литий-ионному АКБ характеристиками по удельной мощности и плотности энергии. Исследования в данной области полезны для создания накопителей энергии, которые могут найти применение в аэронавтике (космических перелётах), полярных экспедициях и на многих объектах в холодных регионах.

Научный руководитель д.х.н., профессор Н.Ф. Кизим.

Литература

1. Abraham K.M. How Comparable Are Sodium-Ion Batteries to Lithium-Ion Counterparts. 2020. 5, 11, P. 3544–3547. OpenAccess. [Электронный ресурс] URL: <https://www.x-mol.net/paper/article/1320533738030075904> (дата обращения 21.04.2023).
2. Маркировка и расшифровка аккумуляторов 18650: [Электронный ресурс]. URL: <https://virtustec.ru/news/markirovka-i-rasshifrovka-akkumulyatorov-18650.html?ysclid=lh57pgr84p124342624> (дата обращения 21.04.2023).
3. Geoffrey J. May, Alistair Davidson, Boris Monahov. Lead batteries for utility energy storage Journal of Energy Storage // 2019. - Vol. 15, P. 145-157.
4. Yuan-Li Ding, Zachary P. Cano, Aiping Yu, Jun Lu. Automotive Li-Ion Batteries: Current Status and Future Perspectives. Electrochemical Energy Reviews. -2019. 2(1). P 1-28.
5. Strong Performance - Faradion | Energy Efficiency [Электронный ресурс] URL: <https://faradion.co.uk/technology-benefits/strong-performance/> (дата обращения 21.04.2023).
6. Temperature effects on sealed lead acid batteries and charging techniques to prolong cycle life // Hutchinson, Ronda. – Sandia National Laboratories. – 2004. – p. 1-16.
7. Официальные продажи смартфонов OukitelK10000 Pro [Электронный ресурс] URL: <https://oukitel.shop/k10000pro> (дата обращения 21.04.2023).
8. xEVTechnology. VartaAutomotive [Электронный ресурс] URL: <https://www.varta-automotive.com/en-gb/technology/xev-technology>
9. An electrochemically stable homogeneous glassy electrolyte formed at room temperature for all-solid-state sodium batteries // Xiaowei Chi, Ye Zhang, Fang Hao, Steven Kmiec, Hui Dong, Rong Xu, Kejie Zhao, Qing Ai, Tanguy Terlier, Liang Wang, Lihong Zhao, Liqun Guo, Jun Lou, Huolin L. Xin, Steve W. Martin & Yan Yao. - Nature Communications. – 2022. – vol. 13: 2854.
10. Temperature effect and thermal impact in lithium-ion batteries: A review // Shuai Ma, Modi Jiang, Peng Tao, Chengyi Song, Jianbo Wu, Jun Wang, Tao Deng, Wen Shang, Progress in Natural Science: Materials International – 2018. – vol. 28. P. 653-666.
11. Lu Wang, Yuzhen Han, Xiao Feng, Junwen Zhou. // Metal-Organic Frameworks for Energy Storage: Batteries and Supercapacitors. Coordination Chemistry Reviews. 2015. – vol. 307. – p. 361-381
12. Mongird K, Fotedar V, Viswanathan V, Koritarov V, Balducci P, Hadjerioua B, Alam J, Pacific Energy Storage Technology and Cost Characteri-

zation Report // Northwest National Laboratory. – 2019. - DOI:10.2172/1573487.

13. Extending the low-temperature operation of sodium metal batteries combining linear and cyclic ether-based electrolyte solutions // Chuanlong Wang, Akila C. Thenuwara, Jianmin Luo, Pralav P. Shetty, Matthew T. McDowell, Haoyu Zhu, Sergio Posada-Pérez, Hui Xiong, Geoffroy Hautier&Weiyang Li. - Nature Communications. – 2022. – vol. 13: 4934.

СЕКЦИЯ "ИНЖЕНЕРНАЯ МЕХАНИКА И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ"

УДК 66-5

Якунин С.С., Астахов М.С., Каменский М.Н.
(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И. Менделеева)

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ АДСОРБЕРА ДЛЯ СЕРООЧИСТКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Азот является одним из основных элементов белковых тел животных, растений. В атмосфере азот находится в огромных количествах в виде свободных молекул. Несмотря на это растения испытывают его недостаток. Они не могут усваивать атмосферный азот. Для питания растений необходимы его неорганические соединения, растворимые в воде или слабых кислотах. Внося в почву органические и минеральные удобрения, можно обеспечить растение азотным питанием. Карбамид, аммиачная селитра, а также ряд других сложных удобрений в виде соединений на их основе в настоящее время являются наиболее распространенными видами минеральных удобрений. Синтез аммиака – сложный процесс, одной из стадий которой является очистка природного газа.

Природный газ – полезное ископаемое, активно применяемое в промышленности. Природным газом называют смесь газов, которые образовались в земных недрах при разложении различных органических веществ. До 98% природного газа составляет метан, также в его состав входят: этан, пропан и бутан. Иногда могут присутствовать углекислый газ, сероводород и гелий.

Удаление сульфида водорода и сероорганических соединений снижает или даже ликвидирует выброс в атмосферу диоксида серы, образующегося на окислительных стадиях химического процесса. Также сероводород является кислотой, которая вызывает химическую и электрохимическую коррозию металлов.

В этой работе для сероочистки природного газа был разработан адсорбер с неподвижным слоем адсорбента кольцевого типа. Адсорберы – это аппараты, в которых происходит разделение газовых или паровых смесей путем избирательного поглощения одного или нескольких из компонентов поверхностью твердого тела – адсорбента. В кольцевом адсорбере по мере уменьшения концентрации адсорбируемого компонента уменьшается и площадь поперечного сечения, что способствует более эффективному использованию поглотителя.

Разработанный аппарат представляет собой вертикальный цилиндрический сосуд под давлением. В корпусе аппарата установлены: га-

зораспределительная решетка, служащая для распределения потока газа. Две секции, не сообщающиеся между собой по поглотителю, высота слоя катализатора в которых равна 3400 мм. Установлен центральный перфорированный стакан, вынимаемый во время разгрузки. Опорные решетки под поглотитель выполнены в виде разборных перфорированных конусных секторов с углом при вершине 120°, для дополнительного выравнивания скоростей потока газа по сечению аппарата. Между секциями в корпусе аппарата установлены люки диаметром условного прохода 500 мм. Нижняя секция заканчивается центральным разгрузочным бункером с секторным затвором. Для загрузки аппарата поглотителем и монтажа внутренних устройств в верхнем днище аппарата предусмотрена горловина диаметром 700 мм. Для выгрузки поглотителя из аппарата, в нижнем днище предусмотрена горловина диаметром 1000 мм с приспособлением для спуска и отвода в сторону крышки горловины во время разгрузки. Аппарат устанавливается на четырех опорных лапах. К корпусу аппарата равномерно приварены по окружности восемь кронштейнов, на которые при монтаже устанавливаются разъемные хомуты для строповки.

Природный газ и азотоводородная смесь предварительно подогреваются до температуры 400÷420 °С, поступает в аппарат, проходит равномерно через два слоя цинкового поглотителя марки ГИАП-10, на котором происходит очистка природного газа от сернистых соединений. Затем очищенный газ выходит из аппарата.

В процессе выполнения работы были выполнены: расчет расхода природного газа на 1 тонну аммиака, определена доля азотоводородной смеси дозируемой в природный газ для последующего нагрева и сероочистки, найден часовой объемный расход газовой смеси, определен объем загруженного поглотителя, был подобран материал и выполнен прочностной расчет аппарата.

УДК 66-9

Сорсов К.И.¹, Марков М.В.¹, Грибчан Е.В.¹, Каменский М.Н.²

(¹Новомосковский политехнический колледж)

(²Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Ежедневно создаются новые материалы, а характеристики существующих улучшаются. В то же время снижаются затраты на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, повышается экологическая безопасность продукта и технологии, а затраты на соз-

дание и эксплуатацию производства сводятся к минимуму. Новые материалы активно используются в машиностроении, медицине, косметологии, пищевой промышленности, производстве одежды и т. д.

Характерными особенностями большинства деталей машин являются: высокая энергонасыщенность, большая масса, универсальность и высокий уровень металлоемкости. Следствием этих особенностей являются значительные нагрузки на окружающую среду при эксплуатации оборудования, вызванные токсичными выхлопными газами и эксплуатационными материалами, повышенным давлением на грунт, электромагнитными полями, высоким уровнем шума, вибрации и т. д. Устранение этих недостатков в значительной степени может быть достигнуто за счет увеличения доли неметаллических материалов, используемых в машиностроительном производстве. Композитные материалы отлично подходят для этих целей.

Композиционные материалы (КМ) – это материалы, образованные объемной комбинацией химически разнородных компонентов с четкой границей раздела между ними, в то время как КМ характеризуется свойствами, которыми не обладает ни один из компонентов, взятых по отдельности. Композит состоит из связующего (матрицы) и различных типов армирующих материалов и наполнителей.

В мировой практике около 80% композиционных материалов представлены композитами, наполненными стеклом (углем), с матрицей в виде органических термореактивных смол – полиэфирных или модифицированных эпоксидных. Поэтому имеет смысл рассмотреть эти композиты и группы продуктов, которые можно получить с их помощью. Общеизвестно, что использование композитов в машиностроении позволяет снизить вес изделия в 3-4 раза, трудоемкость изготовления в 1,5–2 раза и энергоемкость производства в 8-10 раз, эксплуатационные, транспортные и монтажные затраты – почти в 2 раза при увеличении эксплуатационных параметров качества оборудования (ремонтпригодность, химическая стойкость, ресурс безопасной эксплуатации, долговечность и т.д.) – в 1,5–2 раза.

С точки зрения прочности, стойкости к термическим воздействиям и особенно с точки зрения надежности композитные материалы превосходят любой из своих компонентов по отдельности. Они обладают свойствами, не присущими отдельным компонентам. Композиционные материалы обладают более высокими значениями временной стойкости и предела выносливости (на 50-100% больше, чем у обычных сплавов); они обладают более высоким модулем упругости и удельной прочностью; у них снижена склонность к растрескиванию. Использо-

вание композитных материалов повышает жесткость конструкций при одновременном снижении их материалоемкости.

Наиболее важными технологическими методами изготовления композиционных материалов являются:

- пропитка армирующих волокон матричным материалом;
- формование в пресс-форме лент отвердителя и матрицы, полученных путем намотки;
- холодное прессование обоих компонентов с последующим спеканием, электрохимическое покрытие волокон с последующим прессованием;
- нанесение матрицы методом плазменного напыления на отвердитель с последующим прессованием;
- периодическая диффузионная сварка однослойных лент компонентов;
- совместная прокатка армирующих элементов с матрицей.

Композиционные материалы в конструкциях, требующих наибольшего упрочнения, характеризуются расположением армирующих волокон в направлении приложенной нагрузки. Цилиндрические изделия и другие тела вращения (например, сосуды высокого давления), в основе которых лежат композитные материалы, армируют волокнами, ориентируя их в продольном и поперечном направлениях. Очень перспективными являются композиционные материалы, в которых в качестве волокон используются "нитевидные усики" различных кристаллов, тонкие кварцевые волокна из SiO_2 , SiC , A_2O_3 , полученные направленной кристаллизацией или осаждением из паровой фазы на тонкую проволоку.

В настоящее время композиционные материалы на основе фторопласта широко используются для изготовления подшипников скольжения, манжет, уплотнительных колец, прокладок гидравлических систем (станков, автомобилей), механических устройств, уплотнений поршневых и плунжерных компрессоров, направляющих тросов автомобилей, промышленных и строительных машин, опор скольжения машин, сцепления диски для прецизионных механизмов, деталей систем управления, систем нейтрализации газов, систем реверсивных устройств двигателя.

Одним из наиболее распространенных видов неметаллических материалов на сегодняшний день является капролон, материал конструкционного и антифрикционного назначения, используемый в различных отраслях промышленности для изготовления различных деталей:

- втулки, подшипники скольжения, накладки, направляющие и вкладыши узлов трения, работающих при нагрузках до 20 МПа;

- шкивы, блоки, колеса и ролики подъемных механизмов с тяговым усилием до 30 тонн, гидравлические тележки, подкрановые балки, транспортеры, транспортеры-транспортировщики;

- корпуса, кронштейны для различных устройств и автоматов, ступицы колес тележек, троллейбусов, вакуумные и карусельные фильтры, к которым предъявляются повышенные требования по ударпрочности;

- шестерни, звездочки и червячные колеса для зубчатых передач (снижают уровень вибрации и шума до 15 дБ);

- уплотнительные детали (вместо фторопласта) для дозаторов, сепараторов, фитингов, манжет для систем высокого давления (до 500 атм).

Капролон обладает низким коэффициентом трения в паре с любыми металлами, он хорошо и быстро обрабатывается, в 6...7 раз легче бронзы и стали, которые они заменяют. Этот материал не вызывает коррозии, не токсичен, безвреден для окружающей среды. Известно, что изделия из нейлона снижают износ пар трения в 2 раза, увеличивая их ресурс.

Следует особо отметить технологичность полимерных композиционных материалов (ПКМ). Более низкая температура плавления, высокий уровень пластичности и хорошая обрабатываемость неметаллических материалов обеспечивают значительные преимущества в технологичности изготовления из них изделий машиностроения. Кроме того, снижение шума, вибрации, динамических нагрузок, рабочей температуры в сочетании с повышением коррозионной стойкости и надежности изделий из ПКМ позволяет отказаться от ряда специальных конструкторских и технологических мер, направленных на обеспечение комфорта и безопасности машин. Использование ПКМ обеспечивает значительную экономическую эффективность.

Из вышеперечисленного следует, что применение композиционных материалов позволяет:

- обеспечить комфортные условия эксплуатации машин;
- обеспечить современные стандарты охраны окружающей среды и безопасности;
- снизить вес конструкции;
- получить значительную экономическую эффективность.

Работа поддержана грантом Правительства Тульской области в сфере науки и техники ДС/131 от 22.07.2022 г.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ ГИДРОСИСТЕМ МОБИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Анализ эффективности и безотказности работы мобильного оборудования, показал, что надёжность гидравлических систем зависит от целого ряда факторов, включающих класс чистоты рабочей жидкости; режимы и условия эксплуатации гидросистемы; своевременное и качественное техническое обслуживание и ремонт гидроагрегатов и др.

Коэффициент готовности мобильного оборудования находится в прямой зависимости от чистоты смазочных масел и рабочих жидкостей для гидропривода. На практике, вследствие недостаточной организации смазочно-эмульсионного хозяйства, применения неприспособленной, негерметичной тары при транспортировании и хранении жидкостей (особенно на открытых площадках и в полевых условиях), многократного их переливания из больших ёмкостей в малые в рабочие жидкости дополнительно попадают воздух, вода и пыль. Они заметно снижают смазывающие свойства, повышают сжимаемость минерального масла, вызывают образование воздушных пробок, способствуют возникновению гидравлических ударов и волновых процессов в системе. В результате контакта на поверхности раздела масло-воздух в гидравлическом резервуаре и взаимодействия минеральных масел с кислородом воздуха происходит окисление масла. Образующиеся продукты окисления забивают поры фильтров, каналов дросселирующих элементов, увеличивают абразивный износ деталей, вызывают повышенный эрозийный износ и заклинивание плунжерных пар. Кислотные свойства также снижают антикоррозионной способности рабочей жидкости. На процесс износа гидроагрегатов оказывает влияние, как общее количество, так и размер частиц механических примесей [1].

Для повышения надёжности гидропривода и предупреждения попадания в рабочую жидкость из окружающей среды воздуха, воды, пыли, а также оказания на неё других неблагоприятных воздействий при её транспортировке, хранении, заливке в гидросистемы и т.д. разработана технико-технологическая схема организации смазочно-эмульсионного хозяйства для предприятий дорожно-строительной и сельскохозяйственной техники (схема обеспечения потребителей высококачественной жидкостью).

Схема обеспечивает поддержание требуемого уровня чистоты жид-

костей при обслуживании машин и механизмов. В этой схеме особое внимание уделено решению логистических проблем снабжения далеко расположенных пунктов обслуживания мобильного оборудования. Особенностью схемы является применение специальной герметичной тары, в которой высококачественная жидкость доставляется к оборудованию. В качестве основы для создания такой тары могут быть приняты, например, серийно выпускаемые гидропневмоаккумуляторы баллонного типа по ГОСТ 14064—68 [2]. Указанные аккумуляторы имеют широкий ряд рабочих объёмов и давлений.

Доработка конструкции аккумулятора заключается в установке специального кодового замка, обеспечивающего подключение специального запорного устройства. Кодовый замок и запорное устройство полностью исключают влияние человеческого фактора на расфасовку и транспортирование рабочих жидкостей. Ёмкость подключается к заливным горловинам оборудования через такой же кодовый замок и за счёт энергии сжатого газа жидкость вытесняется в бак гидросистемы. Достоинством такой схемы является также то обстоятельство, что для каждого типа рабочей жидкости применяются свои специальные невзаимозаменяемые кодовые замки. Это полностью исключает смешивание различных жидкостей и заливку в гидросистемы не предназначенного типа масла.

С использованием законов пневмо- и гидромеханики были рассчитаны параметры (V_0 - рабочий объём аккумулятора, ΔV - вытесняемый объём жидкости, p_0 - давление зарядки азотом, p_1 и p_2 - минимально и максимально допустимые давления жидкости) и разработаны отдельные эскизные технико-технологические решения устройства для заправки ёмкостей жидкостью, кодового замка и специального запорного устройства для различных условий применения.

Отработанная рабочая жидкость сливается также в специальную герметичную ёмкость и транспортируется к установке обработки рабочих жидкостей. В установке происходит кондиционирование жидкости до требуемого качества и расфасовка её под давлением в тару. Ёмкости, для отработанных рабочих жидкостей также снабжены кодовыми замками. Это позволяет полностью исключить повторную заправку и работу оборудования на некондиционной рабочей жидкости.

Литература

1. Скрицкий В.Я., Рокшевский В.А. Эксплуатация промышленных гидроприводов. - М.: Машиностроение, 1984. - 176 с.
2. ГОСТ 14064-68. ГИДРОАККУМУЛЯТОРЫ. Ряды основных параметров.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ КОЛОННЫ СИНТЕЗА МЕТАНОЛА

Реактор синтеза метанола является основным аппаратом, в котором осуществляется реакция синтеза метанола. Реактор представляет собой вертикальный цилиндрический аппарат шахтного типа, с приварным эллиптическим днищем, с соответствующими технологическими штуцерами и люками для загрузки и выгрузки катализатора. В реакторе синтеза метанола отсутствуют катализаторные коробки, характерные для колонн синтеза метанола высокого давления, поскольку температура процесса не превышает 300°C. В реактор загружается 65м³ катализатора СНМ-У, засыпка шахтная. Катализатор по высоте разделён на четыре слоя вводами холодного байпаса.

Холодный газ в слой катализатора подаётся по распределительному устройству специальной конструкции, назначение которого - обеспечить хорошее смешение холодного и горячего газов и равномерное распределение газовой смеси по слою катализатора.

Сверху катализатора СНМ-1 в качестве защитного слоя предусматривается засыпка катализатора НТК-2 в количестве 2,5м³. Роль защитного слоя предохранить менее прочный катализатор СНМ-1 от механических превращений и перегрева при сгорании кислорода, поступающего в реактор в составе синтез газа.

Конструкция реактора позволяет быстро разгружать катализатор. Для этого внизу предусматривается три люка. Реактор устанавливается на юбочной опоре. В верхней части опоры вырезано два отверстия диаметром 190 мм для вентиляции. Для строповки аппарата при установке его в вертикальное положение предусмотрено два монтажных штуцера. Диаметр реактора 3600 мм определён исходя из условий обеспечения минимального гидравлического сопротивления аппарата.

Реактор значительно прост в обслуживании, но в тоже время автоматизация его очень высокая. Аппарат прост в изготовлении, что требует меньше времени для его производства. Вес аппарата уменьшен вдвое по сравнению с колонной синтеза метанола высокого давления.

Производительность аппарата выше, чем колонны синтеза метанола высокого давления и может достигнуть 300 тыс. тонн при правильной его эксплуатации и бережном отношении к нему.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РУЧКИ ШАРОВОГО КРАНА НА ДОЖИМНОЙ КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ ГАЗОВОГО ПРОМЫСЛА

Практически все ручки шаровых кранов (ШК) Д_у 50 установленных на газопромысловом оборудовании дожимной компрессорной станции (ДКС) разрушились в местах соединения ручки со штоком ШК (рисунок 1).

В работе предлагается ручку необходимого размера изготовить из трубки Ø25 мм, один конец которой подготовить под сварку. Процесс изготовления следующий: на фрезерном станке выточить симметричные губки с полуквадратами под размер штока ШК. На краях губок просверлить отверстия и нарезать резьбу М6 под болты. Одну губку привариваем к ручке двумя швами, а затем собираем предлагаемую ручку для ШК (рисунок 2).



Рисунок 1

Разрушенная ручка



Рисунок 2

Предлагаемая конструкция ручки

Работу по изготовлению ручки для ШК осуществляют электрогазосварщик и слесарь по ремонту технологических установок в защитных очках, каске, одетых СИЗ рук (перчатках) в антистатической специальной одежде, а сварщик в спецодежде электрогазосварщика.

Предлагаемая усовершенствованная конструкция позволит оперативно решить проблему со сломанными ручками ШК Д_у 50, выполнив предлагаемый вариант, пока будет решаться вопрос с изготовителями поломанных ручек, при этом запорной арматурой можно будет управлять (открывать её или закрывать).

УДК 66-5

Давыдов В.В., Власов Д.А., Баилаев Л.А., Козлов А.М.
(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И. Менделеева)

**РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНОЙ
ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА ПРИ
ПРОИЗВОДСТВЕ АВТОМОБИЛЬНОГО И АВИАЦИОННОГО
ТОПЛИВА**

Резкий рост числа автомобилей в современном мире потребовал значительного увеличения объемов выработки бензина. Это подтолкнуло ученых и инженеров во всем мире к активному поиску замены сырья для его производства.

В этом поиске специалисты разных стран обращают свое внимание, прежде всего на то, чего на их родине имеется с избытком. Так, в Бразилии каждый пятый автомобиль ездит на чистом спирте, вырабатываемом из сахарного тростника. На Филиппинах в качестве заменителя бензина опробован кокозин, получаемый из мякоти кокосовых орехов. Во Вьетнаме горючее научились делать из скорлупы кокосовых орехов. В Германии убеждены, что наилучшей заменой бензину является метанол (метиловый спирт).

В результате поиска альтернативы бензину отечественные специалисты остановили свой выбор на природном газе, тем более, что его запасы нашей стране превосходят ресурсы нефти.

В природном газе многих месторождений содержатся такие ценные компоненты, как этан, пропан, бутан, сера, гелий, конденсат.

На газоконденсатных месторождениях газ поступает из скважины вместе с конденсатом. Значительное количество тяжелых углеводородов и примесей. Первой стадией переработки природного газа, поступающего из скважины, является выделение из него всех ценных компонентов (этан, бутан, пропан, конденсат и т.п.), очистка его от нежелательных примесей (углекислый газ и сероводород) с последующим рациональным использованием этих примесей (например, получение серы, твердой углекислоты). В этом случае будет обеспечено полное использование всех флюидов, добываемых из недр. Отделение конденсата и воды от газа производится в сепараторах на установках комплексной подготовки газа.

При подготовке газа к трубопроводному транспорту и при его перекачке широко применяются процессы абсорбции, адсорбции и низкотемпературной сепарации.

Сероводород и углекислый газ являются балластными примесями в природном газе, а сероводород, кроме того, является сильным кор-

розионным соединением. Очистка газа от сероводорода и углекислого газа может производиться жидкими химическими поглотителями (абсорбционные способы) и твердыми поглотителями (адсорбционные способы). В качестве химического поглотителя при абсорбционном способе очистки природного газа широко применяются водные растворы этаноламина.

Кроме этаноламинов для очистки газа от сероводорода и углекислого газа могут применяться в качестве абсорбентов растворы карбонатов щелочных металлов, а в качестве твердых адсорбентов — сухая гидрагированная окись железа. Для извлечения отдельных углеводородов из природного газа на ГХК успешно применяется низкотемпературная обработка.

Абсорбция — это процесс поглощения газа жидкостью. Он широко применяется для извлечения из газовой смеси отдельных компонентов. Такое избирательное поглощение из газа его отдельных компонентов обусловлено различной их летучестью и скоростью диффузии.

Этаноламины связывают сероводород и углекислый газ при контакте с природным газом в специальной вертикальной колонне-реакторе с ректификационными тарелками. При этом в нижнюю часть колонны подается сырой газ, а сверху — водный раствор этаноламина. Поднимаясь вверх и контактируя на тарелках с этаноламином, газ очищается от сероводорода и углекислого газа.

Абсорбционный метод осушки газа является более экономичным, надежным, технологически совершенным, а также экологически безвредным. Выбор в пользу диэтиленгликоля (ДЭГ) мотивируется наличием собственной промышленной базы на химических производствах, а также ожидаемой низкой температурой контакта в абсорберах.

В абсорбере происходит осушка газа до точки росы по влаге -20°C , где в качестве осушителя используется водный раствор диэтиленгликоля с концентрацией $97 \div 99,5$ %масс.

Основными характеристиками массообменных тарельчатых аппаратов являются характеристики контактных устройств. К характеристикам контактных устройств относятся производительность по жидкости L и по пару F , эффективность контактного устройства через КПД.

Требуемую степень разделения газовых и жидких смесей в указанных процессах получают при контакте газа и жидкости в тарельчатой колонне последовательно в несколько ступеней на контактных устройствах-тарелках.

Ситчатые многосливные тарелки применяют для процессов, требующих эффективного контакта при большой удельной нагрузке по

жидкости L до $180 \text{ м}^3/(\text{м}^2\text{ч})$, ситчато-клапанные - для процессов, проводимых под вакуумом и при атмосферном давлении, при $L < 100 \text{ м}^3/(\text{м}^2\text{ч})$ и $F < 2,5 \text{ (м/с) (кг/м}^3\text{)}-0,5$.

Эти тарелки в меньшей степени подвержены забиванию твердыми включениями, которые под действием прямоточной составляющей скорости пара, выходящего из-под клапанов, сдуваются с поверхности тарелки.

Клапанные прямоточные тарелки применяют в процессах, протекающих при атмосферном и повышенном давлении, при $L < 100 \text{ МЗ}/(\text{м}^2\text{-ч})$ и $F < 2,5 \text{ (м/с) (кг/м}^3\text{)}-0,5$. Диапазон устойчивой работы этих тарелок 3,5.

Технология абсорбционной осушки сеноманского газа на Заполярном месторождении обеспечивает, требуемое качество газа для подачи его в магистральный газопровод и является экономически выгодным.

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.

УДК 621.378.148

Россихин В.А., Чумичев А.Л., Лобанов Н.Ф.

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

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПЛАЗМАТРОНА-РАСПЫЛИТЕЛЯ

Плазматрон - распылитель должен иметь высокий ресурс для непрерывной эксплуатации, а также быть легко ремонтнопригодным для оперативной замены электродов и дешевищу изготовления электродов. Принципиальная схема плазматрона-распылителя установки УПУ-3Д включает в себя: водо-охлаждающий катод (на вольфрамовом стержне); изолятор с вводом инертных газов; водо-охлаждающий анод с узлом ввода порошка.

К недостаткам конструкции можно выделить неудобство в малом пространстве между электродами (по газу и воде), сложную конструкцию анодного сопла и короткие штуцеры на входе, а также потребность в корректировке рабочей части вольфрамового стержня.

С учетом эксплуатации стандартного ручного распылителя были разработаны следующие улучшения конструкции (рис.1).

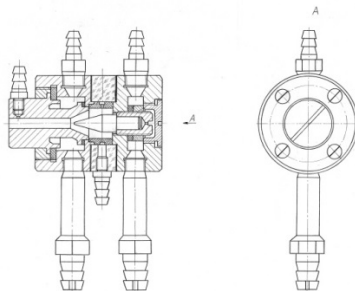


Рисунок 1. Блочный плазматрон-распылитель с усовершенствованиями

Во первых, было организовано разделение системы охлаждения катодного и анодного узла с наружным перетоком жидкости через изоляционный элемент. Во вторых, вольфрамовый стержень был запрессован в медную обойму с возможностью резьбового перемещения электрода вдоль оси плазматрона-распылителя. В третьих, была упрощена конфигурация анодного сопла и предусмотрена возможность подачи порошка посредине плазматрона. В результате усовершенствований себестоимость и скорость ремонта основных деталей плазматрона-распылителя была снижена.

УДК 66-5

Кениг А.В., Зимин А.И., Суменков А.Л.

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

ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИЕ РЕАКТОРЫ ДЛЯ СИНТЕЗА НАНОПОРОШКОВ

Плазмохимические способы получения нанопорошков металлов, карбидов, нитридов, оксидов и т.д. (имеющих размер частиц менее 0,01 мкм) находят широкое распространение. В этой связи довольно остро встает проблема создания специального плазменного оборудования, способного длительное время с высоким коэффициентом полезного действия работать в специфических условиях плазменных температур и химически активных сред.

Таким оборудованием является комплекс устройств, объединенных общим названием – плазменное реакторное устройство. Это устройство включает один, или несколько генераторов низкотемпературной плазмы (плазмотронов), камеру смешения и непосредственно плазменный реактор. Функции плазменного реактора – обеспечение про-

странственно – временных условий для протекания физико – химических превращений исходного сырья.

Традиционно плазмохимические реакторы подразделяются на струйные и объемные. Объемные, в свою очередь, подразделяются на реакторы с псевдооживленным слоем, с объемным разрядом и с расширяющейся диффузной струей. Струйные реакторы могут работать по схемам прямотока и встречных струй.

К наиболее существенным недостаткам в работе плазмохимических реакторов для получения наночастиц следует отнести интенсивное осаждение конденсированных продуктов на внутренних поверхностях. Это приводит к нарушению газодинамических параметров процесса, спеканию порошка в отложениях, снижению ресурса непрерывной работы реактора и, в конечном счете, к аварийным остановкам.

При разработке процессов получения нанопорошков в промышленных масштабах приходится искать методы борьбы с гарнисажеобразованием внутри реактора. В разных процессах, проводимых в плазменных реакторах, применяются различные способы борьбы с этим явлением. Самым распространенным можно назвать организацию настильного тангенциального и прямоточного обдува стенок струей газа. Эффективной показала себя защита с помощью наложения магнитного или электрического поля, или сообщать потокам реагентов амплитудную модуляцию в звуковом, или ультразвуковом режиме.

Повышение ресурсных характеристик работы плазмохимических реакторов требует проведения дополнительных исследований и новых конструкторских разработок.

УДК 66-5

Кузнецов Н.Р., Толгатов Т.М., Каменский М.Н.

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

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ РЕАКТОРА СО ЗМЕЕВИКОВЫМ ТЕПЛОБМЕННИКОМ

В химической промышленности, в большинстве случаев, требуется смешивание различных жидкостей для растворения твёрдых продуктов или для получения различных химических продуктов. Данные процессы осуществляются в реакторах с перемешивающими устройствами, которые являются одними из самых распространённых. Перемешивание может производиться различными методами:

-механическими – процесс производится при помощи мешалок различных конструкций, например, лопастями, закреплёнными на валу и приводимыми в движение с помощью электродвигателя;

-пневматическими – при помощи подачи воздуха, пара, инертных газов в зону реакции;

-циркуляционным – метод реализуется при помощи центробежного или струйного насоса, который играет роль турбулизатора.

Представленный аппарат представляет собой цилиндрическую обечайку с приваренной эллиптической крышкой и коническим днищем. Основные элементы выполнены из стали 12Х18Н10Т. Данная сталь была выбрана как малоподверженная коррозионному износу при постоянном контакте с агрессивной щелочной средой.

В данной конструкции применяется механический метод перемешивания среды, а именно мешалка якорного типа, которая обеспечивает равномерное перемешивание взаиморастворимых жидкостей, взмучивания осадка (малого), малую скорость растворения кристаллических веществ и оптимизации температурного режима жидкости. В реакторах непрерывного действия поступление основных компонентов в зону реакции и вывод продуктов из неё производится безостановочно. При проектировании проводился анализ данных на основе базовых применений данного вида технологического оборудования, технологический расчёт основных параметров мешалки, а также расчёт на прочность основных элементов реактора.

По результатам разработки конструкции были получены чертежи реактора со змеевиком, позволяющие изготовить данный аппарат для заданных технологических параметров производства.

УДК 66-5

Баилаев Л.А., Толгатов Т.М., Каменский М.Н.

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

ПЕРСПЕКТИВНАЯ КОНСТРУКЦИЯ КОЛОННЫ СИНТЕЗА КАРБАМИДА

Колонна представляет собой сосуд высокого давления, в котором происходит процесс синтеза карбамида. Реакцию в данном аппарате можно считать основной в технологии получения продукта.

Карбамид синтезируется благодаря реакции между двуокисью углерода и аммиака с углеаммонийными солями при условии поддержания температуры 183-189 °С и давления 14-16 МПа в зоне реакции в течении 45 минут. Результатом превращения является плав, в состав которого входит исходный продукт и карбамат.

Аппарат является частью технологии, принцип работы которой называют жидкостным рециклом. Он заключается в возвращении в систему продуктов реакции в виде раствора углеаммонийных солей и

сжиженного аммиака, получаемых вследствие разложения карбамата, с добавлением исходных элементов.

Основной частью конструирования аппарата является выбор марки стали. Корпус колонны представляет собой рулонированный сосуд высокого давления внешним диаметром 2521 мм и высотой 41810 мм из стали 09Г2С, снабженный контрольными отверстиями. Футеровка имеет толщину 5 мм и выполнена из стали 10Х17Н16МЗТ. Контрольные отверстия помогают определять появление течей среды в момент их выхода из реакционной камеры в образующееся пространство между корпусом и футеровкой. Выполнение корпуса из рулонированных элементов позволяет повысить коэффициент использования металла и понизить трудоемкость последующей механической обработки. Рулонированные сосуды по сравнению с ковано-сварными обладают меньшей металлоемкостью и при этом меньшим весом, за счет чего достигается экономия металла и уменьшение затрат на подготовку фундамента колонного аппарата.

В условиях производства карбамида наиболее вероятна коррозия футеровки, что требует повышенного внимания и частой проверки ее целостности. При работе с колонной синтеза карбамида требуется строгое соблюдение правил техники безопасности в связи с использованием в производстве токсичных реагентов.

Наружный и внутренний осмотры колонны синтеза проводится раз в 4 года, гидравлическое испытание – раз в 8 лет. В условиях производства карбамида наиболее вероятна коррозия футеровки, что требует повышенного внимания, а, следовательно, частой проверки ее целостности. Перед ремонтом проводят осмотр элементов, наиболее подверженных разрушению или износу. Сварные соединения проверяют методами неразрушающего контроля.

При работе с колонной синтеза карбамида требуется строгое соблюдение правил техники безопасности в связи с использованием в производстве токсичных реагентов. Так, особую опасность в цехе, где располагается аппарат, представляет аммиак, который способен вызывать ожоги кожи и легких, и в газообразном состоянии он является горючим газом.

Работа поддержана грантом Правительства Тульской области в сфере науки и техники ДС/135 от 22.07.2022 г.

УСТРАНЕНИЕ ПОДКЛИНИВАНИЯ ЛАМЕЛЕЙ НА ЗАСЛОНКЕ ГОРЯЧЕГО ВОЗДУХА ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩЕГО АГРЕГАТА

На заслонке жалюзийного типа в месте отвода горячего воздуха из кожуха шумотермозащитного газоперекачивающего агрегата дожимной компрессорной станции газового промысла (КШТ ГПА ДКС ГП) при её регулировании во время работы ГПА (открытие-закрытие) происходит постоянное подклинивание, а порой и заклинивание ламелей по длине корпуса по причине недостаточного теплового зазора между ламелями и корпусом заслонки (рисунок 1).

Авторы предлагают с учётом уже известного при работе ГПА необходимого теплового зазора между торцами ламелей заслонки и её корпусом сделать корректировку длины ламелей в сторону их уменьшения (рисунок 2).



Рисунок 1
Конструкция ламелей
до модернизации



Рисунок 2
Предлагаемая модернизация длины
ламель

Работу по корректировке длины ламелей проводят слесаря по ремонту технологических установок в защитных очках, каске, одетых СИЗ рук (перчатках) в антистатической специальной одежде.

Предлагаемая модернизация позволит при работе заслонки в месте отвода горячего воздуха из кожуха шумотермозащитного газоперекачивающего агрегата, открывать-закрывать ламели плавно, без рывков, тем самым исключить фактор заклинивания последних.

(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И. Менделеева)
**ОБОСНОВАНИЕ ЗАМЕНЫ ИГОЛЬЧАТОГО ПОДШИПНИКА В
ШАТУНЕ УГЛОВОГО ПОРШНЕВОГО ВОЗДУШНОГО
КОМПРЕССОРА**

В штатном шатуне действующего поршневого компрессора эксплуатируется игольчатый подшипник с наружной обоймой с иглами $\varnothing=2,0$ мм и длиной=37,0 мм (ГОСТ 4657-82 тип 24 000). Целесообразность применения игольчатого подшипника в конструкции неразъемной головки шатуна оправдана колебательным вращением при незначительной быстротходности.

При сборке подшипника приходится группировать иголки в комплекте по диаметру с отклонениями в пределах не более 2 мкм. Кроме того, при подборе иголок обязательным является выдержка зазора между торцом иголки и торцевой поверхностью отверстия в башмаке крейцкопфа порядка 0,2 мм.

При полной укладке иголок подшипника на пальце крейцкопфа должен быть выдержан боковой зазор между первой и последней иголками 1,2 мм, чтобы не было перекоса или заклинивания. При выбранном диаметре иголок необходимо рассчитать и их число, которое позволит выдержать боковой зазор.

Все вышеперечисленное свидетельствует о низкой технологичности процесса ремонта кривошипно-шатунного узла, касающегося только одной неразъемной головки шатуна.

Поэтому была предложена замена игольчатого подшипника неразъемной головки шатуна на подшипник скольжения, тем более это является возможным, исходя из радиальных размеров подшипника, стенки которого не превышают толщины втулки типового подшипника скольжения, представляющего собой втулку, устанавливаемую в неразъемную головку кованого шатуна, изготовленную из антифрикционного материала.

Для обеспечения жидкостной смазки зоны втулка-палец, когда поверхности кольца и втулки разделены сплошным масляным слоем, следует осуществлять непрерывную обильную принудительную подачу масла, что уже обеспечено конструкцией компрессора с игольчатым подшипником, и нет необходимости вносить дополнительные изменения.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТРЕНИЯ НАНОПОРОШКОВ

Стремительное развитие технологий производства и использования наноматериалов и продукции на их основе вызвало появление их новых видов и форм: нанопорошков, нанопокровов, наноплёнок и т.д. Рост производства наноструктурных материалов и значительное расширение номенклатуры обусловлены их особенностями, определяемыми очень малыми размерами наночастиц.

При уменьшении размеров частиц до 100 нм и менее (особенно при величинах около 1 нм) начинают проявляться «особенности» наноматериалов: резко повышаются механические свойства; у неметаллических, керамических материалов начинает появляться пластичность, а металлические становятся сверхпластичными; значительно изменяются физико-химические свойства (снижаются температуры полиморфных превращений, спекания, плавления, обнаруживаются новые неравновесные фазы).

Нанопорошки используются во многих отраслях народного хозяйства, в том числе и порошки оксида алюминия. Наноструктурные порошки Al_2O_3 используют для получения катализаторов, пигментов, различного вида режущих и абразивных инструментов, а также элементов огнеупорных конструкций.

Процессы синтеза и дальнейшей переработки нанопорошков оксида алюминия могут осуществляться качественно и эффективно только при знании их структурно-механических характеристик (СМХ). Одними из основных СМХ являются коэффициенты трения.

Относительно высокая стоимость порошка, быстрая его загрязняемость при испытаниях вследствие очень малых размеров частиц и их повышенной активности, а также значительное количество экспериментов по определению коэффициентов трения приводят к необходимости проводить испытания на приборах с малыми размерами ячейки.

В работе рассматривались особенности определения механических свойств нанопорошков на приборах с ячейками разных размеров.

Полученная зависимость коэффициентов внутреннего трения от величины диаметра ячейки прибора линейного плоскостного сдвига позволит оценивать поведение нанопорошков при реализации многих процессов с их участием.

ВЫБОР ТИПА АБСОРБЦИОННОЙ КОЛОННЫ

Устройство, в котором происходит процесс абсорбции, называется абсорбером.

В процессе абсорбции массоперенос происходит на поверхности контакта фаз. Поэтому поглотитель должен иметь развитую контактную поверхность между газом и жидкостью. В зависимости от того, как создается эта поверхность, поглотители можно разделить на следующие группы:

поверхностные и пленочные; насадочные; барботажные (тарельчатые); распыливающие.

В барботажном абсорбере поверхности контакта фаз развиваются потоками газа, которые распределяются в жидкости в виде пузырьков и струй. Это движение газа (барботаж) осуществляется в тарельчатых колоннах с колпачковыми, ситчатыми или провальными тарелками в виде горизонтальных перегородок. Эти абсорберы имеют хороший межфазный контакт, могут работать в любых условиях, в том числе с малым расходом жидкости, отводят тепло и подходят для работы с загрязненными средами. Основными недостатками являются сложность конструкции и высокое гидравлическое сопротивление (используется для поглощения с повышенным давлением).[1]

Абсорберы с листовой набивкой (пластинчатые) представляют собой колонны с набивкой в виде листов жесткого материала (дерево, металл, пластик и др.) или плотно натянутых тканевых панелей. Жидкость подается на распыление через форсунки, обеспечивающие равномерное смачивание и орошение всех листов насадки. Газ подается снизу колонны и направляется вверх. Этот тип устройства подходит для использования там, где термический эффект растворения газа незначителен, поскольку тепло отводится за счет теплопередачи в окружающую среду.

Насадочные абсорберы представляют собой колонны, заполненные твердыми телами различной формы - насадками. Наиболее распространены насадки в виде тонкостенных колец из коррозионно-стойких материалов (керамика, фарфор), реже из стали или нескольких сеток из досок. В качестве насадок также используют кокс и молотый кварц (размер кусков от 25 до 100 мм).[1]

Тарельчатые абсорберы представляют собой вертикальные колонны, разделенные по высоте рядом тарелок. Они создают определяю-

щий высоту уровень абсорбента, который стекает с тарелки на тарелку. Газ, содержащий разделяемый продукт, через колпак сетки или сита барботируется через слой абсорбента. Абсорберы насадочного и тарельчатого типов наиболее широко используются в промышленности.

Основное отличие состоит в том, что тарельчатые колонны предпочтительнее при осаждении твердых веществ. Эти осадки необходимо периодически снимать с тарелок, поэтому колонна снабжается люками, а тарелки следует размещать на удобном для очистки расстоянии. Общий вес тарельчатой колонны меньше, чем у насадочной того же объема. Тарельчатые колонны лучше подходят для процессов, связанных с колебаниями температуры относительно окружающей среды. Это связано с тем, что циклическое расширение и сжатие корпуса колонны в этих условиях может привести к выходу из строя насадки.

Насадочные колонны имеют меньшее гидравлическое сопротивление, поэтому их часто используют при работе с разрежением. Насадочные колонны предпочтительны для вспенивания жидкостей. Для агрессивных сред обычно предпочтительны более простые и менее дорогие насадочные колонны. Тарельчатые колонны применяются, когда абсорбция осуществляется при высоких давлениях, когда гидравлическое сопротивление велико.

Недостатки насадочных колонн: трудный отвод тепла при экзотермических эффектах; удельная поверхность фазового контакта меньше, чем у тарельчатых, что увеличивает объем устройства; они более объемные, чем тарельчатые, из-за меньшей интенсивности массопереноса; не подходит для работы с загрязненными жидкостями.

Таким образом, на основе анализа преимуществ и недостатков каждого вида абсорбционной колонны для поглощения нитрозных газов целесообразно использовать тарельчатые абсорбционные колонны для получения неконцентрированной азотной кислоты.

Литература

1. Касаткин А.Г. «Основные процессы и аппараты химической технологии»; изд. «Химия», М., 1971.

Научное издание

XXV научно-техническая конференция молодых ученых, аспирантов, студентов

Химия, химическая технология и машиностроение

Компьютерная верстка Е.Н. Голубина

Редактор Туманова Е.М.

Подписано в печать 04.05.2023 г. Формат 60x84^{1/16}

Бумага «Комус». Отпечатано на ризографе.

Усл. печ. л. 5,9. Уч.- изд. л. 3,8.

Тираж 50 экз. Заказ №

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

Новомосковский институт (филиал). Издательский центр

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