

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

**XXVIII НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ  
УЧЕНЫХ, АСПИРАНТОВ, СТУДЕНТОВ  
ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

**Химия, химическая технология и машиностроение**



Новомосковск,  
2026

УДК 378:082.2(043.2)

ББК 74.58

Д 259

**Д 259 XXVIII 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, 2026. – 71 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*

доцент, кандидат технических наук С.И. Сидельников – *отв. секретарь*

профессор, доктор технических наук В.М. Логачева

доцент, кандидат химических наук Е.И. Костылева

доцент, кандидат экономических наук Ю.В. Кулакова

доцент, кандидат технических наук Ю.В. Гербер

доцент, кандидат философских наук Э.Е. Гордова

© ФГБОУ ВО «Российского химико-технологического  
университет им. Д.И. Менделеева»,  
Новомосковский институт (филиал), 2026

## СОДЕРЖАНИЕ

### СЕКЦИЯ «ХИМИИ И ТЕХНОЛОГИИ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ»

<i>Юданов Д.С., Махорова А.Д., Кирюхина А.С., Новиков А.Н.</i> Объемные свойства водных растворов сукцинатов металлов.....	7
<i>Занарина В.М., Демкин М.С., Марченко Д.А., Новиков А.Н.</i> Синтез и анализ аспаргинатов металлов.....	8
<i>Аликова Е.П., Арнгольд В.А., Демидов М.П., Селина В.А., Новиков А.Н.</i> Теплоемкость растворов иодида аммония в смешанном растворителе n-метилпирролидон-вода при 298,15 К.....	9
<i>Власенко Ю.В., Назорнова Т.И., Губина К.П., Новиков А.Н.</i> Калориметрическое определение энтальпии гидратации сульфата натрия с образованием кристаллогидрата.....	10
<i>Галищева А.С., Демидов М.П., Ивлев А.Е., Костылева Е.И.</i> Кремнийорганические пленкообразующие антикоррозионные покрытия для стали.....	11
<i>Арнгольд В.А., Бондарев В.П., Ермаков Д.О., Костылева Е.И.</i> Наполнители для кремнийорганических каучуков.....	12
<i>Сазонова В.Д., Сривастава А.А., Селина В.А., Костылева Е.И.</i> Самоочищающиеся покрытия на основе олигометилгидридсилоксана..	13
<i>Мингалимова Ю.И., Селина В.А., Сривастава А.А., Костылева Е.И.</i> Фотокаталитическая активность легированного диоксида титана.....	14
<i>Мордвинцева А.Д., Демидов М.П., Арнгольд В.А., Костылева Е.И.</i> Гидрофобизаторы для натуральных и синтетических тканей.....	15
<i>Голикова А.Р., Бойко К.С., Исмаилов Т.Э., Сухинина О.А.</i> Лекарственные субстанции на основе соединений магния.....	16
<i>Моголова Е.А., Пучков М.С., Славная В.К., Сухинина О.А.</i> Кремний и его производные в фармацевтической практике.....	17
<i>Наливкина В.М., Волуйский Т.Д., Сухинина О.А.</i> Сера и ее соединения в фармтехнологии.....	18
<i>Цыбулина Е.А., Ермаков Д.О., Павлютина А.И., Иваненко О.И.</i> Танины из растительного сырья.....	19
<i>Шаяхметова К.С., Родичкин Л.В., Иваненко О.И.</i> Ароматические вещества, содержащие сесквитерпены.....	20
<i>Ямковая С.А., Пучков М.С., Иваненко О.И.</i> Исследование соединенной галактуроновой кислоты.....	21
<i>Никулина В.В., Селина В.А., Арнгольд В.А., Демидов М.П., Макрушин Н.А.</i> Теоретическое и экспериментальное изучение донорно-	

акцепторных свойств бензойной кислоты.....	22
<i>Павлова Е.А., Уаман Де Лос Эрос-Николаева А.В., Макрушин Н.А.</i>	
Изучение процесса полимеризации анилина.....	23
<i>Павлова Е.А., Макрушин Н.А.</i> Теоретический анализ процесса получения монометиланилина.....	24
<i>Чекмазов Е.Г., Петров В.С., Добрыднев С.В.</i> Изучение механизма термодиссоциации доломита.....	25
<i>Голованова П.Д., Филимонов В.Н.</i> Сравнительная оценка содержания кальция в зубных пастах.....	26
<i>Горбатова Д.А., Филимонов В.Н.</i> Пламенно-фотометрический контроль ионов калия и натрия в мелассе.....	27
<i>Долматова П. Ю., Филимонов В.Н.</i> Оптимизация условий внеклеточного образования ионной пары: физиологически активная кислота ион-парный реагент для последующего определения методом ион-парной хроматографией.....	28
<i>Родионова А.А., Филимонов В.Н.</i> Спектрофотометрическое исследование карницепина гидрохлорида.....	29
<i>Борзунов А.В., Моисеев И.М., Моисеев М.М.</i> Селективное восстановление отходящих газов от оксидов азота.....	30
<i>Евсеев Р.В., Воронин А.Н., Моисеев М.М.</i> Каталитическое окисления метана на никель-медных катализаторах.....	31
<i>Лобойко А.В., Прокофьева А.Ф., Моисеев М.М.</i> Исследование диссоциации аммиака на никелевых катализаторах.....	32
<i>Пыхтина А.А., Рассохина Л.Ю.</i> Технологические аспекты очистки природного газа с целью получения $H_2S$ .....	33
<i>Воротникова С.Н., Рассохина Л.Ю.</i> Технологические аспекты производства пентоксида ванадия, направленные на минимизацию твердых отходов.....	34
<i>Гальперин П.М., Ларюшкина Д.Р., Александрова О.А.</i> Получение цинкатов щелочноземельных металлов.....	35
<i>Худошкина Д.В., Баринов А. А., Александрова О.А.</i> Изготовление газобетонных блоков со стеклянным боем.....	36
<i>Кривова Ю., Птушкина С., Белова Н.П.</i> Сырьевые и энергетические ресурсы химической промышленности Сталиногорска.....	37

## СЕКЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ И ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

<i>Киселева Н.С., Пискарев Н.А., Юрова И.В., Алексеев А.А.</i> Возможные праймеры для производства стержневых полимерных изоляторов.....	38
--	----

<i>Киселева Н.С., Пискарев Н.А., Алексеев А.А. мл., Коробко Е.А.</i> Возможные праймеры для производства штыревых полимерных изоляторов.....	39
<i>Александров Д.А., Емельяненко Д. В., Плешкевич Д.В., Алексеев А.А.</i> Модификация акрилонитрилбутадиенстиольного сополимера диглицидиловым эфиром диэтиленгликоля.....	40
<i>Пискарев Н.А., Крикливых С.С., Плешкевич Д.В., Коробко Е.А.</i> Многократная экструзия акрилонитрилбутадиенстирольного пластика АБС-2020.....	41
<i>Крикливых С.С., Пискарев Н.А., Плешкевич Д.В., Юрова И.В.</i> Многократная экструзия смеси акрилонитрилбутадиенстирольного пластика и полиамида.....	42
<i>Плешкевич Д.В., Осипчик В.С., Алексеев А.А.</i> Модификация акрилонитрилбутадиенстиольных сополимеров и полиамида 6 эпоксидными смолами в процессе переработки.....	43
<i>Чернышев И.Н., Алексеев А.А. мл.</i> Покрасочные работы под водой... Моисеев С.Е., Балашова Р.В. Выбор промышленного способа получения диспергатора НФ марки «А».....	44 45
<i>Гамаюнов А.С., Гамаюнова Д.А., Балашова Р.В.</i> Выбор промышленного способа получения капролактама.....	46
<i>Копя Д.И., Балашова Р.В.</i> Выбор промышленного способа получения метанола.....	47
<i>Рудкин А.В., Балашова Р.В.</i> Выбор промышленного способа получения формалина.....	48
<i>Долматова П.Ю., Балашова Р.В.</i> Выбор промышленного метода производства циклогексана.....	49
<i>Зотов Д.И., Балашова Р.В.</i> Выбор промышленного способа получения стирола .....	50
<i>Крехалева В.А., Долматова П.Ю., Горохова М. Н.</i> Технологические и экономические аспекты способов получения метил-трет-бутилового эфира.....	51
<i>Халилова В.П., Горбатова Д.А., Горохова М. Н.</i> Получение полимеров из пищевых отходов.....	52
<i>Ермакова Т.И., Коробко Е.А., Ордина Е.В.</i> Модификация отходов производства сайдинга.....	53
<i>Глазкова А.Н., Коробко Е.А., Ордина Е.В.</i> Свойства смесей сополимера стирола с акрилонитрилом и полиамида.....	54
<i>Бекиров Т.Н., Ларионов Д.И., Коробко Е.А., Алексеев А.А. мл.</i> Физическая модификация сополимеров стирола с акрилонитрилом....	55
<i>Командин И.П., Григоров И.В.</i> Влияние содержания мела на текучесть ПВХ-пластиката.....	56

## СЕКЦИЯ "ИНЖЕНЕРНАЯ МЕХАНИКА И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ"

<i>Никандров С.В., Бегова А.В.</i> Влияние механических характеристик на сопротивление изнашиванию абразивом.....	57
<i>Рязанов А.С., Козлов А.М., Кишкинская М.А.</i> Исследование влияния колебаний системы на работу уплотнений вала центробежного насоса.....	58
<i>Власов Д.А. Бегова А.В.</i> Разработка конструкции роторно-пленочного испарителя в производстве огнестойких жидкостей....	59
<i>Сосницкий А.С., Потуткин Р.М., Бегова А.В., Козлов А.М.</i> Причины выхода из строя центробежных насосов в производстве карбамида.....	60
<i>Бойцов К.А., Логачёв М.А., Бегова А.В., Козлов А.М.</i> Обзор причин выхода из строя основных деталей поршневых компрессоров, применяемых в химической промышленности.....	61
<i>Калугин И.А., Каменский М.Н.</i> О возможности сокращения времени при демонтаже и монтаже насосов в процессе проведения ремонта.....	62
<i>Калугин И.А., Каменский М.Н.</i> Усовершенствование места установки погружных насосов.....	63
<i>Бойцов К.А., Сосницкий А.С., Смирнов И.В., Логачёв М.А., Каменский М.Н.</i> Особенности разработки конструкций машин, предназначенных для перемещения газов.....	64
<i>Лавринов М.Ю., Козлов А.М.</i> Проект лабораторной установки для испытания деталей поршневых насосов в агрессивной среде.....	65
<i>Трифонов А.О., Суменков А.Л., Бегова А.В., Зимин А.И.</i> Разработка конструкции мостового крана.....	66
<i>Лазарев М.А. Бегова А.В.</i> Особенности конструкции башни дехлорирования.....	67
<i>Сосницкий А.С., Зимин А.И., Суменков А.Л.</i> Определение температуры в плазмохимическом реакторе синтеза нанопорошков оксидов металлов.....	68
<i>Сериков Д.В., Лобанов Н.Ф.</i> Порядок конструирования ионнообменных фильтров.....	68
<i>Кудрявцев И.А., Козлов А.М.</i> Проект лабораторной установки для испытания материалов валов центробежных насосов в агрессивных средах.....	69

## СЕКЦИЯ «ХИМИИ И ТЕХНОЛОГИИ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ»

УДК 661.5

*Юданов Д.С., Махорова А.Д., Кирюхина А.С., Новиков А.Н.*

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

### **ОБЪЕМНЫЕ СВОЙСТВА ВОДНЫХ РАСТВОРОВ СУКЦИНАТОВ МЕТАЛЛОВ**

В современной фармацевтике широко используются янтарная кислота и ее соли, в частности сукцинаты щелочных металлов [1,2]. Ограниченность достоверных данных о термодинамических свойствах сукцинатов металлов определила цель исследования: измерение плотности водных растворов  $C_2H_4(COOMe)_2$  и определение стандартного парциального молярного объема сукцинат-иона. Сукцинаты щелочных металлов получали нейтрализацией янтарной кислоты растворами соответствующих гидроксидов. В случае получения растворимых солей янтарной кислоты однородный раствор выдерживали в течение 1 часа при комнатной температуре и выпаривали под вакуумом. Вязкую массу охлаждали, промывали этанолом и кристаллизовали. Кристаллический продукт промывали этанолом, фильтровали и сушили. Полученные сукцинаты дважды перекристаллизовывали из бидистиллята и абсолютного этанола, сушили в течение 3-4 часов при 343 К на воздухе и 48 часов в вакууме при 333 К. Содержание основного вещества, определенное фотометрическим методом, составляло не менее 99,8 мас.%. В случае получения малорастворимых солей янтарной кислоты осадки отделяли от растворов, промывали этанолом и сушили на воздухе. Выход продукта составлял 70-80 %.

Плотность водных растворов измеряли при 298,15 К на прецизионном плотнометре Anton Paar DMA 4500 с погрешностью измерения плотности растворов составляла  $\pm 5 \cdot 10^{-5}$  г/см<sup>3</sup>. На основании полученных данных о плотности растворов были рассчитаны кажущиеся молярные объемы ( $\Phi_v$ )  $C_2H_4(COOMe)_2$  в воде, экстраполяцией концентрационных зависимостей которых к состоянию бесконечного разведения были определены стандартные парциальные молярные объемы сукцинатов металлов. Разделением полученных величин на ионные составляющие были получены стандартные значения объема сукцинат-иона в водном растворе при 298,15 К.

#### *Литература*

1. Смирнов А.В., Нестерова О.Б., Голубев Р.В. *Нефрология*, 2014, №4, 12–24.

2. Новикова Л.Я. *Мед. наука и практика*, 2004, №1, 22–26.

УДК 661.5

*Занарина В.М., Демкин М.С., Марченко Д.А., Новиков А.Н.*

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

## **СИНТЕЗ И АНАЛИЗ АСПАРГИНАТОВ МЕТАЛЛОВ**

Аспаргиновая кислота и ее соли аспаргинаты, в частности аспаргинаты металлов, играют важную роль в биохимии организма, участвуя в синтезе белков и других важных молекул. Исследование производных этих кислот открывает новые горизонты для разработки лекарственных средств, способных воздействовать на различные патологии, включая заболевания сердечно-сосудистой системы, неврологические расстройства и опухолевые процессы [1,2]. Аспаргинаты металлов получали нейтрализацией растворов аспаргиновой кислоты растворами соответствующих гидроксидов. В случае получения растворимых солей аспаргиновой кислоты однородный раствор выдерживали в течение 1 часа при комнатной температуре и выпаривали под вакуумом. Вязкую массу охлаждали, промывали этанолом и кристаллизовали. Кристаллический продукт промывали этанолом, фильтровали и сушили. Полученные аспаргинаты дважды перекристаллизовывали из бидистиллята и абсолютного этанола, сушили в течение 3-4 часов при 343 К на воздухе и 48 часов в вакууме при 333 К. Содержание основного вещества, определенное фотометрическим методом, составляло не менее 99,8 мас.%. В случае получения малорастворимых солей аспаргиновой кислоты осадки отделяли от растворов, промывали этанолом и сушили на воздухе. Выход продукта составлял 70-80 %. В результате количественного определения аспаргинатов металлов методом комплексонометрического титрования (согласно фармакопейной статье ФС.2.1.0451) установлено, что среднее содержание аспаргинатов металлов в синтезированных образцах составило 99,4%. Согласно требованиям Государственной фармакопеи РФ, допустимое содержание аспаргинатов металлов должно быть не менее 99% и не более 102%, т.е. синтезированные образцы аспаргинатов металлов соответствуют требованиям ФС.2.1.0451 по показателю «Количественное определение».

### *Литература*

1. Смирнов А.В., Нестерова О.Б., Голубев Р.В. *Нефрология*, 2014, №4, 12–24.
2. Новикова Л.Я. *Мед. наука и практика*, 2004, №1, 22–26.

УДК 541.8: 536.6

*Аликова Е.П., Аригольд В.А., Демидов М.П.,  
Селина В.А., Новиков А.Н.*

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)  
**ТЕПЛОЕМКОСТЬ РАСТВОРОВ ИОДИДА АММОНИЯ В  
СМЕШАННОМ РАСТВОРИТЕЛЕ N-МЕТИЛПИРРОЛИДОН-  
ВОДА ПРИ 298,15 К**

В работе измерены удельные теплоёмкости ( $C_p$ ) растворов иодида аммония в смешанном растворителе N-метилпирролидон (МП)–вода при мольных долях неводного компонента ( $X_{МП}$ ) 0,10, 0,33, 0,50, 0,75, 0,90. Для измерения теплоемкости растворов использовали калориметрическую установку ЛКВ 8700, погрешность измерения  $C_p$  составляла не более  $\pm 2 \cdot 10^{-3}$  Дж(г·К)<sup>-1</sup>.

На основании экспериментальных данных о  $C_p$  были вычислены кажущиеся мольные теплоемкости  $\Phi_c$ , экстраполяцией концентрационных зависимостей которых к состоянию бесконечного разбавления были определены стандартные значения  $\overline{C_{p2}^0} = \Phi_c^0$  иодида аммония в смешанном растворителе МП-вода. По сравнению с исследованными ранее галогенидами щелочных металлов, где величины монотонно возрастают, для  $NH_4I$  зависимость  $\overline{C_{p2}^0}$  от состава смешанного растворителя имеет экстремальный характер: при малых концентрациях МП наблюдается минимум, а при высоких максимум. Во всем диапазоне составов смеси МП- $H_2O$  значения  $\overline{C_{p2}^0}$   $NH_4I$  больше, чем галогенидов щелочных металлов, а инверсия величин  $\overline{C_{p2}^0}$  наступает при меньшем содержании МП. Это свидетельствует о сложном характере межмолекулярных взаимодействий в исследуемых растворах, на который существенное влияние оказывают не только свойства бинарной системы МП-вода, но и особенности структурного поведения иона аммония. Анализ межчастичных взаимодействий в исследованных растворах проведен на основе расчета стандартных парциальных мольных теплоемкостей индивидуальных ионов  $\overline{C_{pi}^0}$ ,

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках научного проекта лаборатории "Лаборатория ионных материалов" (ЛИМ), проект № FSSM-2024-0006.*

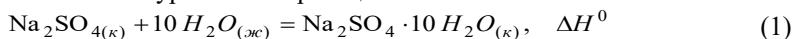
УДК 536.6

*Власенко Ю.В., Нагорнова Т.И., Губина К.П., Новиков А.Н.*

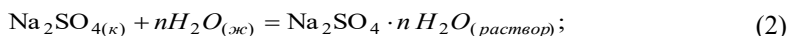
(Центр детского научного и инженерно-технического творчества "Таланты ФМ", Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

### **КАЛОРИМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНТАЛЬПИИ ГИДРАТАЦИИ СУЛЬФАТА НАТРИЯ С ОБРАЗОВАНИЕМ КРИСТАЛЛОГИДРАТА**

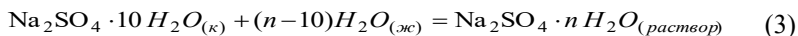
Экспериментально измерить энтальпию твёрдофазной реакции присоединения воды к безводной соли с образованием кристаллогидрата в соответствии с уравнением реакции:



практически невозможно. Однако можно достаточно легко измерить энтальпию растворения в воде безводной соли  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  с образованием раствора определенной концентрации  $C$   $\Delta_{\text{раств}} H^0(\text{Na}_2\text{SO}_{4(\kappa)}, C)$ :



и её кристаллогидрата с образованием раствора такой же концентрации  $\Delta_{\text{раств}} H^0(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}_{(\kappa)}, C)$ :



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

$$\Delta H^0 = \Delta_{\text{раств}} H^0(\text{Na}_2\text{SO}_{4(\kappa)}, C) - \Delta_{\text{раств}} H^0(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}_{(\kappa)}, C) \quad \text{Д}$$

ля 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 её 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:

$$Q = W \cdot \Delta R, \quad (4)$$

где  $W$  тепловое значение калориметра,  $\Delta R$  изменение сопротивления термометра в опыте.

*Работа выполнена при поддержке благотворительного фонда Андрея Мельниченко.*

УДК 66.022.34

*Галищева А.С., Демидов М.П., Излев А.Е., Костылева Е.И.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)  
**КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИЕ ПЛЕНКООБРАЗУЮЩИЕ  
АНТИКОРРОЗИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ СТАЛИ**

В работе разработаны и изучены функциональные пленкообразующие составы для антикоррозионной защиты оцинкованной стали на основе водных и спиртовых эмульсий олигометилгидридсилоксана (ГКЖ) и N-(2-аминоэтил)-3-аминопропилтриметоксисилана (АС). Выявлено, что рабочие растворы на основе 3 % АС и 15 % водной эмульсии ГКЖ формируют защитные покрытия с наибольшими значениями краевых углов на месте среза (115–118 градусов), позволяют предотвратить атмосферную коррозию в течение 12—180 суток.

Для удобства нанесения и сушки в промышленных условиях были разработаны рецептуры на основе изопропилового спирта и ГКЖ с содержанием активного вещества 5, 10, 15 %. Краевые углы на изучаемых поверхностях составляют 100–130 градусов, при этом оптимальная концентрация ГКЖ для составляет 10–15 %, АС — 1%. Коррозионная стойкость составила 190 суток.

Для улучшения долговечности и адгезионной прочности покрытий были разработаны составы на основе водных эмульсий ГКЖ и и эпоксидной смолы марки ЭД-20, с добавлением отвердителя эпоксидной смолы АС. Коррозия не наблюдается у образцов, покрытых составом, содержащим 5 % ЭД-20, 10% ГКЖ, 5% АС, при этом значения краевого угла находятся в диапазоне от 107 до 140 град.

Коррозионная стойкость покрытия определялась в камере солевого тумана и естественных условиях окружающей среды. Выявлено, что предложенные пленкообразующие составы и методика обработки оцинкованного железа позволяют предотвратить атмосферную коррозию в течение 14 месяцев, первые следы коррозии в камере солевого тумана появлялись спустя 2 месяца экспозиции. Предложенные составы могут быть использованы в качестве гидрофобных защитных покрытий при хранении оцинкованного железа.

*Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках исполнения государственного задания № FSSM-2024-0006 (Лаборатория ионных материалов).*

УДК 546.824.31

*Арнольд В.А., Бондарев В.П., Ермаков Д.О., Костылева Е.И.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

## **НАПОЛНИТЕЛИ ДЛЯ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИХ КАУЧУКОВ**

Кремнийорганические (КО) эластомеры находят все большее применение в науке и технике благодаря уникальности их свойств – термо- и морозостойкости, устойчивости к атмосферным воздействиям, физиологической инертности, высоким диэлектрическим показателям в широком температурно-частотном диапазоне и др. Однако, их прочностные показатели уступают обычным резинам и во многом определяются природой наполнителя.

В представленной работе в качестве наполнителя для полидиметилсилоксанового каучука марки СКТН-А был синтезирован и изучен легированный диоксид титана. Известно, что  $TiO_2$  помимо прочностных характеристик, усиливает термостойкость КО резин. Легирование  $TiO_2$  соединениями  $Du$  и  $Zr$  позволяет получать высокоэффективный наполнитель, повышающий стойкость к термоокислительным процессам при высоких температурах. Выявлено, что введение данного наполнителя в количестве 5-50% в резины на основе СКТН-А повышает напряжение при разрыве ( $\sigma$ ) с 0,2 до 0,5 мПа, относительное удлинение ( $\epsilon$ ) увеличивается с 10 до 50 %. Для получения более высоких прочностных показателей был синтезирован диоксид кремния реакцией гидролиза тетраэтоксисилана (ТЭОС). Были получены композиции содержащие одновременно диоксид кремния и диоксид титана в различном процентном содержании. Выявлено, что вулканизаты, содержащие 25%  $SiO_2$ , 10%  $TiO_2$  обладают максимальными значениями прочности при растяжении 3,5 мПа, относительным удлинением 180%.

Исследование ненаполненных резин на основе СКТН-А методом термогравиметрического анализа показало, что начало термодеструкции происходит при температуре 300 °С ( $\Delta m=5\%$ ), затем происходит скачок потери массы ( $\Delta m$ ) от 5 до 82 % в температурном диапазоне от 300 до 600 °С. У наполненного синтезированными наполнителями отвержденного СКТН-А потери массы 5% наблюдаются при 380 °С, а в интервале температур от 300 до 600 °С  $\Delta m=52-58\%$ .

*Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках исполнения государственного задания № FSSM-2024-0006 (Лаборатория ионных материалов).*

УДК 546.824.31

*Сазонова В.Д., Сривастава А.А., Селина В.А., Костылева Е.И.*

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

## **САМООЧИЩАЮЩИЕСЯ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ОЛИГОМЕТИЛГИДРИДСИЛОКСАНА**

В работе получены пленкообразующие растворы, содержащие олигометилгидридсилоксан (ГКЖ),  $\text{TiO}_2/\text{Sm}$ ,  $\text{TiO}_2/\text{Ce}$ ,  $\text{TiO}_2/\text{Cr}$ , N-(2-аминоэтил)-3-аминопропилтриметоксисилан (АС), формирующие на поверхности обрабатываемого материала (древесина, кирпич, газосиликатный блок) покрытие с высокими значениями краевого угла ( $\theta = 140\text{--}145$ ) и фотокаталитической активностью. При этом оптимальная концентрация ГКЖ для всех видов обрабатываемых материалов составляет 4,5–7,5% при содержании АС 1–5%, при этом концентрация легирующей добавки составляет 4%. Установлено, что предложенная гидрофобная обработка существенно снижает сорбционную способность всех обработанных образцов.

Проведена оценка адгезии и долговечности покрытия на образцах древесины, красного керамического кирпича, газобетонного блока и шамотного кирпича в жестких климатических условиях. Под воздействием агрессивных факторов окружающей среды, таких как перепады температуры, осадки, УФ- и видимое излучение, в течение 12 месяцев краевой угол изменялся на 6–7 градусов, влагопоглощение увеличивалось на 5–6%, время разложения красителя родамина-6Ж составляло 110–122 часов. При оценке механической долговечности полученных покрытий было обнаружено, что после 20 циклов абразивной обработки наждачной бумагой краевые углы на обработанных поверхностях уменьшились на 2–3 градуса, но остались в диапазоне 135–140 градусов.

При оценке химической стойкости образцов строительных материалов с покрытием при pH 4 наблюдалось незначительное изменение краевого угла смачивания образцов в диапазоне от 1 до 3 градусов. В щелочной среде с pH 11 краевой угол смачивания уменьшился на 3–5 градусов. Время разложения красителя увеличилось всего на 1–2 часа. Следовательно, покрытия демонстрируют устойчивость к коррозионному воздействию различных уровней pH.

*Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках исполнения государственного задания № FSSM-2024-0006 (Лаборатория ионных материалов).*

УДК 546.824.31

*Мингалимова Ю.И., Селина В.А., Сривастава А.А., Костылева Е.И.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

## **ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЛЕГИРОВАННОГО ДИОКСИДА ТИТАНА**

В работе была разработана методика синтеза  $\text{TiO}_2$ , легированного соединениями Sm(III), Cr(III), Ce(III) для достижения фотокаталитической активности (ФКА) в видимом и УФ-диапазоне. Концентрация легирующих добавок составляла 2, 5, 7, 10 %. Синтезированные образцы охарактеризованы с помощью различных методов исследования: ИК, РФА, ДТГА, ВЕТ, SEM, EDX, адсорбционной спектроскопии, лазерной дифракции. Выявлено, что легированный  $\text{TiO}_2$ , обладающий высокой ФКА, имеет мезопористую структуру, средний размер частиц 0,03-0,05 мкм, удельную поверхность по ВЕТ  $75 \text{ см}^2 \text{ г}^{-1}$ , диаметр пор 2 нм, объем пор 0,1-0,4  $\text{см}^3 \text{ г}^{-1}$ , гидроксильные группы на поверхности, отвечающие за окислительные процессы при фотокатализе.

Методами РФА и ДТГА установлено, что легирование диоксида титана предложенным методом и соединениями приводит к сдвигу процесса рутилизации анатазной формы  $\text{TiO}_2$  в область более высоких температур (с  $600^\circ\text{C}$  до  $730^\circ\text{C}$ ). Методом РФА выявлено, все образцы легированного  $\text{TiO}_2$  имеют форму анатаза, отсутствуют дифракционные пики, характерные для оксидов Sm(III), Cr(III), Ce(III), что указывает на полное внедрение металлов в кристаллическую структуру диоксида титана. Также, изменение концентрации легирующей добавки не влияет на фазу анатаза и одинаково стабилизирует ее. Определена ширина запрещенной зоны ( $E_g$ )  $\text{TiO}_2/\text{Cr}$ ,  $\text{TiO}_2/\text{Ce}$ ,  $\text{TiO}_2/\text{Sm}$  при различных концентрациях легирующей добавки (2,7-3,1 эВ).  $E_g$  уменьшается при введении легирующих добавок при концентрациях 2-5%, но далее наблюдается ее рост. ФКА синтезированных частиц была протестирована разложением органического красителя родамина-Ж в УФ- и видимом диапазоне. Полная дегградация красителя в УФ-диапазоне достигается за 1,5 часа в присутствии  $\text{TiO}_2/\text{Sm}$ ,  $\text{TiO}_2/\text{Ce}$ ,  $\text{TiO}_2/\text{Cr}$  при концентрации легирующей добавки 5-7%. В видимом диапазоне время разложения родамина-БЖ составляет 4-6 часов.

*Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках исполнения государственного задания № FSSM-2024-0006 (Лаборатория ионных материалов).*

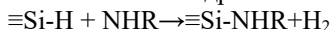
УДК 546.824.31

*Мордвинцева А.Д., Демидов М.П., Арнольд В.А., Костылева Е.И.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

## **ГИДРОФОБИЗАТОРЫ ДЛЯ НАТУРАЛЬНЫХ И СИНТЕТИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ**

В представленной работе разработаны гидрофобизирующие составы на основе олигометилгидридсилоксана (ГКЖ) для ткани, состоящей из полиэстера (80%) и хлопка (20%). Для модификации поверхности, улучшения адгезии и долговечности получаемых покрытий был использован N-(2-аминоэтил)-3-аминопропилтриметоксисилан (АС).

Вначале, обработанные образцы были испытаны на гидрофобность методом каплепадения и пробой на кошель. Проведённые исследования показали, что при концентрации ГКЖ 6,3%, АС 5%, гидрофобное покрытие выдерживает испытание на каплепадении в течение 60 мин., а пробу на кошель – 180 мин. При этом привес ткани составил 9%. Надежная фиксация покрытия на поверхности обрабатываемых материалов достигается за счет предварительной модификации 5% водным раствором N-(2-аминоэтил)-3-аминопропилтриметоксисилана. Три метоксигруппы у атома кремния взаимодействуют с ОН-группами обрабатываемых поверхностей. Кроме того, происходит физическая модификация материала АС. Далее, при обработке материала ГКЖ реакционно-способные NH - группы модификатора взаимодействуют с Si-H группами олигометилгидросилоксана по схеме:



Таким образом, за счет химической и физической модификации поверхности обрабатываемого материала АС, а затем ГКЖ образуется покрытие с высокой адгезионной стойкостью и гидрофобностью.

Исследованы гидрофобные свойства ткани в зависимости от режима формирования покрытия. Устойчивое покрытие формируется при термической обработке при 120 °С и дальнейшего термостатирования в течение 7–14 дней. Устойчивость образцов к мыльно – содовым обработкам максимальна при  $\omega$  (ГКЖ – 9М) = 6,3% и  $\omega$  (АС) = 5%.

Изучено влияние состава гидрофобизирующей эмульсии на краевой угол смачивания. Установлено, что гидрофобизация поверхности ткани эмульсией с  $\omega$ (ГКЖ – 9М)=6,3% и  $\omega$  (АС) = 5% приводит к росту краевого угла смачивания.

*Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках исполнения государственного задания № FSSM-2024-0006 (Лаборатория ионных материалов).*

## **ЛЕКАРСТВЕННЫЕ СУБСТАНЦИИ НА ОСНОВЕ СОЕДИНЕНИЙ МАГНИЯ**

Магний относится к числу жизненно необходимых макроэлементов, играющих важную роль в обеспечении нормального функционирования организма человека. По распространенности среди элементов, присутствующих в организме человека, магний занимает четвертое место после кальция, калия и натрия и является одним из важнейших внутриклеточных катионов [1].

Магний выполняет важнейшую биохимическую функцию как кофактор многочисленных ферментов. По современным данным, магний участвует более чем в 300 ферментативных реакциях. Эти реакции связаны прежде всего с процессами энергетического обмена, синтеза белков, нуклеиновых кислот и метаболизма углеводов.

Соединения магния широко применяются в фармацевтической практике благодаря их разнообразным фармакологическим свойствам.

Одной из важных функций магния в организме человека является его значительное влияние на центральную нервную систему. Он участвует в регуляции передачи нервных импульсов, оказывает воздействие на синтез нейромедиаторов и стабилизирует мембраны нейронов. При дефиците магния могут наблюдаться повышенная нервная возбудимость, раздражительность, нарушения сна, судороги и повышенная утомляемость. Его сложно «накопить» в организме, а расходуется он крайне быстро [2].

Кроме этого, магний находится в тесной взаимосвязи с кальцием, витаминами К<sub>2</sub> и D<sub>3</sub>. Баланс этих четырех элементов поможет сохранить здоровье без осложнений.

В фармацевтической практике используются как неорганические, так и органические соединения магния. Но органические соли магния обладают большей биодоступностью в сравнении с неорганическими. Поэтому представляло интерес синтезировать органические производные магния и провести анализ их свойства согласно фармакопейным статьям на лекарственные субстанции.

### *Литература*

1. Ширкова Н.П. Роль магния в организме человека // <https://interactive-plus.ru/e-articles/930/Action930-563810.pdf>

2. Мурзаева И.Ю. Магний – главный антистрессовый микроэлемент // <https://mc21.ru/blog/magniy-glavnyy-antistressovyy/>

УДК 661.682

*Могилова Е.А., Пучков М.С., Славная В.К., Сухинина О.А.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

## **КРЕМНИЙ И ЕГО ПРОИЗВОДНЫЕ В ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ**

Соединения кремния занимают важное место в современной фармацевтической науке и практике благодаря широкому спектру их физико-химических свойств. Они используются как вспомогательные вещества для создания лекарственных форм с улучшенными свойствами, а также в качестве активных компонентов препаратов для решения разнообразных медицинских задач.

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью углубленного изучения свойств соединений кремния, используемых в фармации, а также их роли в создании современных лекарственных средств с выраженным детоксикационным действием. Особый интерес представляют кремнийсодержащие сорбенты, обладающие высокой удельной поверхностью, развитой пористой структурой и способностью селективно связывать токсические вещества, не нарушая при этом физиологические процессы в организме

Кремний диоксид коллоидный - неорганический энтеросорбент на основе высокодисперсного кремнезёма. Обладает высокими сорбционными и детоксикационными свойствами: в просвете желудочно-кишечного тракта связывает и выводит из организма эндогенные и экзогенные токсические вещества различной природы, включая патогенные бактерии и бактериальные токсины, антигены, пищевые аллергены, лекарственные препараты и яды, соли тяжёлых металлов, радионуклиды, алкоголь. При местном применении предупреждает прогрессирование некротических изменений, способствует отторжению нежизнеспособных тканей, обеспечивает активную дезинтоксикацию очага поражения [1].

В лабораторных условиях кремний диоксид коллоидный получают **золь-гель методом**. Данная технология является одним из главных способов получения разнообразных материалов пористого диоксида кремния. Этот метод позволяет легко изменять размер частиц, их форму, структуру, пористость, физические и химические свойства поверхности и т.д., чтобы получить материал с заданными свойствами. В результате получают оксидный полимер (гель), который далее подвергают старению, промывке, сушке и термообработке.

### *Литература*

1. Кремния диоксид коллоидный// URL: <https://www.rlsnet.ru>

*Наливкина В.М., Волуйский Т.Д., Сухинина О.А.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)  
**СЕРА И ЕЕ СОЕДИНЕНИЯ В ФАРМТЕХНОЛОГИИ**

Сера — необходимый элемент для человека. Она содержится в эпидермисе, мышцах, поджелудочной железе, входит в состав некоторых аминокислот и пептидов. Сера способствует отложению гликогена в печени и снижает содержание сахара в крови

Сера и её соединения играют также значительную роль в фармацевтической технологии, благодаря своим фармакологическим свойствам — антимикробным, противовоспалительным, антисептическим и др. Применяется в производстве лекарственных препаратов, лечении заболеваний кожи, а также в других областях медицины.

Так, например, мази и присыпки с серой используются наружно при лечении различных кожных заболеваний. В небольших концентрациях (до 10%) сера обладает противовоспалительным и кератопластическим действием, в высоких (более 10%) — кератолитическим (растворяют клетки эпидермиса).

Тиосульфат натрия используется в медицине как антидотное и противовоспалительное средство. Связывает токсины, действует как слабительное, усиливая перистальтику кишечника. Тиосульфат-ион — сильный комплексообразователь, с его помощью можно выводить из организма тяжёлые металлы, остатки антибиотиков и ядов. Применяется в терапии невралгий, артритов, аллергий различного генеза.

Одним из ключевых аспектов применения серы в фармтехнологии является ее использование в качестве консерванта. Консерванты играют важную роль в обеспечении стабильности и безопасности лекарственных средств, и сера, благодаря своим антимикробным свойствам, может выступать в качестве эффективного средства для подавления роста или уничтожения микроорганизмов (бактерий, вирусов и т.п.). Введение серы в состав лекарственных форм может значительно продлить срок их хранения и улучшить качество, что, в свою очередь, влияет на безопасность и эффективность лечения.

Данная научная работа направлена на выявление потенциала серы и ее производных в разработке эффективных и безопасных фармацевтических препаратов, что может способствовать улучшению качества медицинских услуг и расширению ассортимента лекарственных средств.

УДК 547.9

*Цыбулина Е.А., Ермаков Д.О., Павлютина А.И., Иваненко О.И.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

## **ТАНИНЫ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

Танины — природные полифенольные соединения с вяжущим вкусом, содержащиеся в коре, листьях, плодах и древесине растений. Они действуют как защитные антиоксиданты, предотвращая окисление и обеспечивая структуру (терпкость).

Источниками танинов в работе, являлось необычное растительное сырье – листья черники, ферментированный иван-чай, собранные в Омской области и на Северном Урале.

Из растительного сырья были выделены танины в виде экстрактов. Продукт получали, используя колоночную хроматографию, сорбенты окись алюминия.

Проведена идентификация танина методом ИК-спектроскопии. ИК-спектр субстанции, снятый в диске с калия бромидом, по положению полос поглощения соответствует спектру стандартного образца танина. Хроматографический анализ подтвердил химический состав продукта.

Апробирована методика получения танина из растительного сырья в условиях лаборатории. На основании экспериментальных данных были определены оптимальные условия экстракции.

В ходе работы был проведен широкий качественный анализ продуктов, полученных из разного вида растительного сырья. При этом использовали три группы методов анализа танинов: выделение белков или алкалоидов, реакция с фенольными кольцами и деполимеризация.

Танины в органическом и синтетическом виде широко применяются в фармакологии для изготовления противовоспалительных, антибактериальных и кровеостанавливающих препаратов. Богатые полифенолами растения в виде отваров и экстрактов востребованы в нетрадиционной медицине, домашней и профессиональной косметологии.

Перспективы использования танина связаны с ростом его рынка, благодаря уникальным антиоксидантным, антимикробным и вяжущим свойствам. Основные направления включают медицину (противоожоговые, противогеморроидальные средства), пищевую промышленность.

*Шахметова К.С., Родичкин Л.В., Иваненко О.И.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)  
**АРОМАТИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА, СОДЕРЖАЩИЕ  
СЕСКВИТЕРПЕНЫ**

Ароматические вещества растительного происхождения, в частности эфирные масла, играют важную роль в современной фармакогнозии, парфюмерии и пищевой промышленности. Особый интерес представляют сесквитерпены, которые являются структурными компонентами многих эфирных масел. Они отличаются высокой биологической активностью, обладая противовоспалительными, антисептическими и спазмолитивными свойствами.

Объектом исследования являлся хамазулен, входящий в состав растительного сырья. Отбор образцов производился с использованием патентных данных, что позволило исключить влияние случайных факторов на результаты исследований. Сесквитерпены разделяли на компоненты, используя колоночную хроматографию, сорбент окись алюминия.

Проведена идентификация хамазулена методом ИК-спектроскопии. ИК-спектр субстанции, снятый в диске с калия бромидом, по положению полос поглощения соответствует спектру стандартного образца.

В программе PASS проведена оценка биологической активности хамазулена, с помощью метода компьютерного прогнозирования на основе Байесовской вероятности. Основываясь на данных компьютерного скрининга, исследователь может: выявить новые эффекты, а также механизм действия для ранее изученных веществ; отобрать вероятную базовую структуру нового лекарственного средства с требуемым биологическим действием.

Было выявлено, что хамазулен проявляет биологическую активность с высокой вероятностью.

Хамазулен обладает высокой биологической активностью и при правильном применении способен оказать неоценимую помощь в лечении многих заболеваний организма. Изучение химического состава и методов анализа этих соединений критически важно для стандартизации лекарственного растительного сырья и создания новых высокоэффективных препаратов.

*Ямковая С.А., Пучков М.С., Иваненко О.И.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)  
**ИССЛЕДОВАНИЕ СОЕДИНЕНИЙ ГАЛАКТУРОНОВОЙ  
КИСЛОТЫ**

Галактуроносовая кислота — это сахарная кислота и окислированная форма D-галактозы, являющаяся основным компонентом пектина в виде полимера полигалактуроносовой кислоты. В биохимических исследованиях галактуроносовая кислота используется как ключевой компонент для изучения структуры и функции пектина, сложного углеводного вещества, найденного в стенках растительных клеток.

Актуальной задачей исследования было получение галактуроносовой кислоты из пектина. Пектин получали по патентной методике из тыквы путем гидролиза-экстракции.

Природный полисахарид пектин - уникальный биополимер, обладающий широким спектром функциональных свойств. В сочетании с водой и некоторыми другими веществами он проявляет себя в качестве загустителя, студнеобразователя, стабилизатора, эмульгатора, агента, связывающего катионы металлов.

Проведена идентификация галактуроносовой кислоты методом ИК-спектроскопии. ИК-спектр субстанции, снятый в диске с калия бромидом, по положению полос поглощения соответствует спектру стандартного образца.

Показано, что на реологические свойства системы «порошок тыквы - вода» в значительной мере влияют такие факторы, как степень измельчения порошка, гидромодуль системы, время и температура набухания порошка, что позволяет прогнозировать свойства продуктов на ее основе. Показано, что добавки галактуроносовой кислоты стабилизируют тыквенный сок с мякотью и увеличивают сроки его хранения.

Практическая значимость работы. Показана возможность и обоснована целесообразность получения галактуроносовой кислоты из тыквы.

Наличие у одного носителя разнообразных качеств, каждое из которых представляет самостоятельный технологический интерес, определяет пектин как биополимер, особенно ценный для медицины и производства продуктов питания.

*Никулина В.В., Селина В.А., Арнольд В.А.,  
Демидов М.П., Макрушин Н.А.*

(ЦПОД ТО «Созвездие» г. Новомосковск Тульской области, Ново-  
московский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

## **ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ДОНОРНО-АКЦЕПТОРНЫХ СВОЙСТВ БЕНЗОЙНОЙ КИСЛОТЫ**

Для экспериментальной оценки межмолекулярного взаимодействия между молекулами органических веществ используются различные теоретические и экспериментальные методы. В качестве первых обычно применяются различные методы квантовой химии. Из экспериментальных довольно часто используется спектроскопия комплексов с переносом заряда (КПЗ).

В работе при помощи спектроскопии КПЗ была изучена система «бензойная кислота – йод», в которой донором является карбоксильная группа кислоты, а йод при этом выступает в роли акцептора электронной плотности.

Для указанной системы была зарегистрирована полоса переноса заряда с максимумом поглощения при 307 нм в то время, как для бензойной кислоты максимум аналогичной спектральной полосы имеет длину волны 285 нм. Следовательно, при переносе заряда длина фотона изменяется с 285 до 307 нм.

Согласно формуле Планка, зависимость энергии фотона от длины волны выглядит следующим образом:

$$E = hc/\lambda$$

С ее помощью можно рассчитать, что энергия переноса заряда для рассматриваемой системы будет равна 0,31 эВ.

С другой стороны, квантовохимический расчет аналогичной системы в рамках полуэмпирического метода РМЗ показывает, что энергия электронных переходов между верхней занятой и нижней свободной молекулярными орбиталями (ВЗМО и НСМО) может составлять величину 0,58 эВ.

Таким образом, значения энергий электронных переходов для системы «бензойная кислота – йод», полученные экспериментальным и теоретическим методами имеют близкие значения. Следовательно, для дальнейшего изучения подобных систем можно совместно использовать как спектроскопию КПЗ, так и квантовохимические расчеты в рамках метода РМЗ.

## **ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛИМЕРИЗАЦИИ АНИЛИНА**

Процесс промышленного получения монометиланилина каталитическим путем обычно осложняется протеканием побочных реакций с образованием нежелательных примесей, которые затрудняют выпуск и снижают качество товарного монометиланилина. Одной из них является параллельная реакция образования полианилина. Изучение процесса полимеризации анилина в газовой фазе применяется для того, чтобы иметь полное представление о процессе для уменьшения влияния неблагоприятных факторов на выход целевого продукта.

В работе с помощью экспериментальных методов исследования (ИК-спектроскопия, рентгенофазовый анализ, дериватография, криоскопия, газодинамическое сопротивление), а также квантовохимических программ HyperChem и Priroda, проведен теоретический и экспериментальный анализ процесса полимеризации анилина в газовой фазе с целью получения монометаноламина. Рассмотрен ряд неблагоприятных факторов (резкий подъем температуры, образование полимерной фазы, повышение газодинамического сопротивления и др.) и предложены варианты для их минимизации.

Наибольшему воздействию, приводящему к разрушению катализатора, подвергается его верхний слой. Химический состав активной фазы разрушенного катализатора при этом соответствует составу исходного. Следовательно, процесс разрушения катализатора носит механический характер. Кроме того, его поверхность покрыта смолоподобным веществом. Была определена природа смолоподобного полимерного слоя, находящегося на поверхности образца лобового слоя катализатора. С помощью ИК-спектроскопии установлено, что данный полимер является полианилином.

Методом криоскопии в бензоле измерена средняя молекулярная масса полимера с поверхности катализатора, откуда была определена его степень полимеризации, равная 21.

Подготовлены предложения по необходимости формирования защитного слоя катализатора в контактном аппарате производства монометиланилина.

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ  
МОНОМЕТИЛАНИЛИНА**

Монометиланилин находит широкое применение в различных отраслях: используется в качестве растворителя, является промежуточным продуктом при производстве красителей и агрохимикатов, а также применяется в качестве антидетонационной добавки. Промышленное получение монометиланилина осуществляется каталитическим путем, благодаря чему обеспечивается высокий выход целевого продукта. Однако данный процесс осложняется протеканием побочных реакций с образованием нежелательных примесей, главной из которых является диметиланилин.

В работе с помощью экспериментальных методов исследования (ИК-спектроскопия, рентгенофазовый анализ и дериватография), а также квантовохимических программ HyperChem и Priroda, проведен теоретический и экспериментальный анализ процесса взаимодействия анилина с метанолом с целью получения моно- и диметиланилина. Рассмотрено влияние изменений условий синтеза (мольного соотношения, скорости подачи реагентов на катализатор, температуры, формы катализатора) на увеличение выхода побочного продукта синтеза монометиланилина, которым является диметиланилин.

Основными факторами, влияющими на увеличение выхода диметиланилина являются: разрушение катализатора, изменение мольного соотношения реагентов, скорости их подачи, а также температурного режима и формы катализатора.

В результате работы установлено, что снижение выхода побочного продукта синтеза монометиланилина - диметиланилина необходимо осуществлять с помощью комплексного подхода, включающего в себя:

- 1) устранение причин, способствующих разрушению катализатора - снижение газодинамического сопротивления за счет использования в лобовом слое катализатора с пониженным содержанием меди,
- 2) контроль условий синтеза и компонентов реакционной смеси - поддержание температуры синтеза в интервале 200-230<sup>0</sup>С, сохранение мольного соотношения анилин: метанол 1 : 1, а также скорости подачи метанола в пределах 1,0-2,0 моль/ч\*кгкт.
- 3) возможность замены формы катализатора на экструдаты.

УДК 553.613.2:541.127:536.48

*Чекмазов Е.Г., Петров В.С., Добрыднев С.В.*

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

## **ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМА ТЕРМОДИССОЦИИИ ДОЛОМИТА**

Оксид магния (MgO) представляет собой неорганическое соединение, уникальные физико-химические свойства которого обуславливают его широкое применение в различных областях.

Важным способом получения оксида магния является разложение доломита при 900–1100 °С. Данная работа посвящена изучению кинетики разложения как доломита, так и механической смеси CaCO<sub>3</sub> - MgCO<sub>3</sub> (CaO-30,7 вес.%, MgO-17 вес.%). В качестве минерала взята доломитовая мука ООО «Медведевский мраморный карьер», с. Медведевка Кузнецкого района Челябинской области.

По результатам газоволюмометрических измерений, выполненных по оригинальной методике, были получены зависимости объемов выделившихся газообразных продуктов от температуры разложения.

Температуры начала и конца процессов интенсивного газовыделения определялись по зависимости  $V=f(T)$  методом «трех касательных» и приведены в таблице 1.

Таблица 1. Сопоставление литературных и экспериментальных данных по температурным интервалам интенсивного газовыделения в процессе термолитиза доломита.

Объекты исследования	Температура (интервал) разложения (литературные данные)	Температура (интервал) разложения (опытные данные)
CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (доломит)	Стадия 1: 720—870 °С Стадия 2: 870—1000 °С	Стадия 1: 780-830 °С Стадия 2: 930-980 °С
Механическая смесь	нет данных	Стадия 1: 530-580 °С Стадия 2: 950-1000 °С

Исходя из данных, представленных в табл. 1, можно заключить, что температура разложения доломита составляла  $(743-972) \pm 25$  °С, а температура разложения карбоната магния как отдельного вещества или в составе механической смеси находилась в интервале 395-586 °С. Это свидетельствует о том, что процессу термического разложения составных частей двойной соли предшествует распад доломита как химического соединения.

*Голованова П.Д., Филимонов В.Н.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)  
**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ КАЛЬЦИЯ В  
ЗУБНЫХ ПАСТАХ**

Перед проведением анализа содержания кальция в зубных пастах: «Colgate», «Glister», «Новый жемчуг», «Colgate (с жидким кальцием)», - была произведена теоретическая выборка наиболее подходящего аналитического метода.

Среди гравиметрических (осаждение органическими или неорганическими реагентами), титриметрических (фотометрическое и комплексонометрическое титрования), прямых фотометрических (определение с мурексидом и с арсеназо I) и косвенных фотометрических (определение с галогенаниловыми кислотами и с кислотным хром темно-синим) методов определения кальция, а также эмиссионного определения методом пламенной фотометрии и электрохимических методов, таких как потенциометрическое и амперометрическое титрования, наиболее оптимальным методом для контроля содержания ионов кальция в зубных пастах был выбран комплексонометрический метод определения.

По результатам определения содержания кальция в зубных пастах комплексонометрическим методом был сделан вывод, что наибольшее количество кальция содержится в зубной пасте «Colgate (с жидким кальцием)». Количественные результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1. Содержание кальция в зубных пастах.

Название зубной пасты	Масса, г
Glister	-
Colgate	1,67
Новый жемчуг	2,58
Colgate (с жидким кальцием)	4,64

## **ПЛАМЕННО-ФОТОМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ИОНОВ КАЛИЯ И НАТРИЯ В МЕЛАССЕ**

Эмиссионные спектральные методы используются при определении ионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$  в биологических пробах и объектах среды, например, пламенно-фотометрический метод. Конкурирование ионоселективных электродов с пламенно-фотометрическими методами. Обычно совместное присутствие натрия и калия в одном и том же растворе приводит к увеличению интенсивности их излучений. На Na и K оказывают влияние такие элементы как Ca, Mn и Al, которые либо ослабляют интенсивность излучения, либо, наоборот, увеличивают ее. Стоит отметить, что Li схож с Mg при фотометрировании, что также способствует ослаблению эмиссии.

Меласса – один из ценных отходов свекловичного – сахарного производства. Ценность заключается в том, что в ней содержатся все необходимые вещества для жизнедеятельности гриба, что дает большой выход лимонной кислоты. В мелассе присутствуют микроэлементы: Al, Si и Sr.

Методом ААС определяли содержание Na, K, Mg, Ca, Zn, Cu и Fe в различных видах молока. Определение одновалентных катионов в типичных виноматериалах с использованием ионной хроматографии. Определение ионов калия и натрия методом потенциометрия. Изучение возможности пламенно-фотометрического определения калия, натрия, и кальция в природных водах.

Спектрографические методы наряду с другими позволяют одновременно определять большое число элементов спектра. Пламенно-фотометрический метод анализа наиболее подходит для определения ионов щелочных металлов. Все большее значение приобретают инструментальные методы анализа – фотометрия пламени. Качественные и количественные характеристики пламенной фотометрии.

Цель исследователя сводилась к определению ионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$  в мелассе методом пламенной фотометрии.

Результаты работы положены в основу лабораторной работы для практикума студентов химико–технологического профиля по инструментальным методам анализа.

*Долматова П. Ю., Филимонов В.Н.*

(Новомосковский институт РХТУ им. Менделеева)

**ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ВНЕКОЛОНОЧНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ ИОННОЙ ПАРЫ: ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ  
АКТИВНАЯ КИСЛОТА ИОН-ПАРНЫЙ РЕАГЕНТ ДЛЯ  
ПОСЛЕДУЮЩЕГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТОДОМ ИОН-ПАРНОЙ  
ХРОМАТОГРАФИЕЙ**

Хроматография — это метод физико-химического разделения, основанный на распределении разделяемых компонентов между двумя фазами: одна из которых является неподвижной, а другая - подвижной, непрерывно протекающей через неподвижную фазу.

Для разделения соединений, способных к диссоциации, используется ионно-парная хроматография. В этом случае в подвижную фазу вводят вспомогательный реагент, который при диссоциации образует так называемый противоион, заряд которого противоположен заряду разделяемых ионов. Противоион и хроматографируемый ион образуют ионную пару (или ионный ассоциат), которая обладает способностью сорбироваться на неполярном сорбенте (обычно это силикагель с привитыми к его поверхности алкильными группами  $C_{18}$ ).

Ионно-парная хроматография — это хроматография ассоциатов нейтральных ионов, ионных пар, образованных определенным ионом с гидрофобным противоионом.

На селективность разделения в методе ион-парной хроматографии влияет состав элюента, а именно природа и концентрация органического компонента, концентрация вспомогательного реагента и рН.

Способ позволяет разделять смеси кислот и щелочей, красителей, их промежуточных продуктов, лекарственных веществ (тетрациклинов), жира и водорастворимых витаминов, фенолов, хелатов металлов и т.д.

Задачей исследования был выбор условия образования ионной пары между оптически активным ион-парным реагентом цетилперидиний хлорид (ИПР) и оптически неактивными кислотами (яблочная, молочная и винная) при  $\lambda_{\max}=254$  нм.

В связи с этим этапами исследования были:

- 1) выбор концентрации ИПР и определяемых кислот;
- 2) выбор оптимальной рН

Результаты работы положены в основу лабораторной работы для практикума студентов химико-технологического профиля по инструментальным методам анализа.

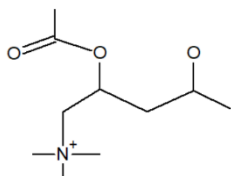
*Родионова А.А., Филимонов В.Н.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)  
**СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ  
КАРНИЦЕТИНА ГИДРОХЛОРИДА**

Карницетин гидрохлорид или Ацетил-L-карнитин — это природное витаминоподобное вещество, которое постоянно образуется в организме человека и поступает в него извне с пищевыми продуктами животного происхождения. Ацетил-L-карнитин можно назвать "витамином мозга", поскольку он обладает особой способностью оптимизировать его работу.

Прием карницетина значительно активизирует сложные биохимические процессы, происходящие в мозге, что сразу благоприятным образом сказывается на умственной деятельности и психологическом состоянии человека. Механизм действия ацетил-L-карнитина изучен глубоко и подробно как в Экспериментах на животных, так и в многочисленных клинических исследованиях на больных и здоровых испытуемых.

Карницетин практически не имеет противопоказаний, кроме индивидуальной непереносимости. Карницетин производится в капсулах, которые следует принимать 1-2 раза в день во время еды вместе с пищей. Лучше это делать в первой половине дня, поскольку карницетин оказывает легкое возбуждающее действие.

Химическая формула карницетин гидрохлорида:



Целью данной работы является определение аналитической длины волны карницетина гидрохлорида на спектрофотометре СФ-46 для последующего хроматографического исследования. Проверить приготовленный раствор карницетина гидрохлорида на хранение во времени.

Экспериментально установлено, что со временем карницетин теряет свои свойства, поглощение ультрафиолета уменьшается.

**СЕЛЕКТИВНОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ ОТ  
ОКСИДОВ АЗОТА**

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

Для проведения исследований были приготовлены несколько партий катализатора. Приготовление осуществляли в катализаторном цехе ОАО "НИАП-КАТАЛИЗАТОР" на установке приготовления опытных партий катализатора.

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

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

Образцы катализаторов с различным содержанием активных компонентов были испытаны в процессе СКВ оксидов азота аммиаком на установке лабораторного типа.

Начальная концентрация оксидов азота -  $0,05 \div 0,15$  % об. (такая концентрация оксидов азота типична для выбросов крупнотоннажных азотнокислых производств). Начальная концентрация аммиака -  $0,2 \div 0,3$  % об. (соотношение  $NH_3:NO_x=1,5$ ), остальное в исходной смеси - воздух. Объемная скорость -  $5000 \div 25000$  ч<sup>-1</sup>.

Для определения лимитирующей стадии были проведены эксперименты при различных температурах, объёмных скоростях и разным гранулометрическим составом испытуемых образцов. Эксперимент показал, что при промышленных условиях лимитирующей стадией процесса является внутренняя диффузия.

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

**КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ МЕТАНА НА НИКЕЛЬ-МЕДНЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ**

Выхлопные газы двигателей, работающих на природном газе, могут содержать некоторое количество остаточного метана, который предпочтительно удалять перед выбросом выхлопных газов в атмосферу, чтобы соответствовать действующим и будущим требованиям по выбросам в окружающую среду. Одним из способов удаления остаточного метана из выхлопных газов является каталитическое окисление метана до углекислого газа и воды. Катализаторы в современных каталитических нейтрализаторах, применяемых для очистки выхлопных газов, не предназначены для преобразования метана. Из-за относительно высокой температуры активации, необходимой для сгорания метана, он, как правило, проходит через такие каталитические нейтрализаторы без изменений.

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 2-4 см<sup>3</sup>, при объемной скорости 15000-30000 ч<sup>-1</sup>, соотношение  $\text{CH}_4/\text{O}_2 \geq 0,50$ , в интервале температур 300-700<sup>0</sup>С. 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 <sub>жж.</sub> , °С	t <sub>опт.</sub> , °С
	NiO	CuO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Pd		
НКО-2-3	21,5	8,5	58,0	12,0	-	350	590
Образец 1	25,0	5,0	56,0	14,0	-	370	625
Образец 2	25,0	5,0	62,0	7,5	0,5	310	540

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.

*Лобойко А.В., Прокофьева А.Ф., Мусеев М.М.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)  
**ИССЛЕДОВАНИЕ ДИССОЦИИИ АММИАКА НА  
НИКЕЛЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ**

При работе предприятий металлургического и химического комплексов, а также предприятий сельского хозяйства в атмосферу выбрасывается значительное количество хвостовых газов, содержащих в своём составе аммиак. Концентрация аммиака в отходящих газах серьёзно меняется в зависимости от источника выброса. Аммиакосодержащие выбросы с различной концентрацией характерны для предприятий осуществляющих производство азотных и сложных минеральных удобрений, крупнотоннажных установок синтеза аммиака, получения химических волокон, других производств, использующих в своей работе аммиачные холодильные установки.

В зависимости от источника выброса концентрация аммиака в отходящих газах может значительно меняться и, следовательно, это отражается на условия крекинга аммиака. Для каждого конкретного источника такие технологические параметры процесса, как температура, объёмная скорость, гранулометрический состав контактных масс должен подбираться индивидуально.

К катализаторам диссоциации аммиака предъявляются следующие требования: срок службы не менее 5 лет при температурах проведения процесса порядка 700 - 900<sup>0</sup>С, содержание остаточного аммиака в газах не более 0,1%.

В процессе крекинга аммиака на установке проточного типа были испытаны катализаторы, отличающиеся различным содержанием оксида никеля (от 7 до 25% масс.) в качестве активного компонента.

Экспериментальные исследования, проведённые при различных температурах, объёмных скоростях и гранулометрическом составе катализатора позволили сделать вывод о том, что лимитирующей стадией процесса является внутренняя диффузия в порах катализатора. Кинетическое уравнение процесса диссоциации аммиака на катализаторе КДА-18А имеет вид:

$$U = 1,28 \cdot 10^6 e^{-\frac{9547}{T}} \cdot C^{1,27} \cdot F$$

При разложении аммиака в присутствии кислорода, как и следовало ожидать, наблюдается образование оксидов азота вследствие окисления аммиака уже при температурах свыше 330<sup>0</sup>С.

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЧИСТКИ ПРИРОДНОГО  
ГАЗА С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ H<sub>2</sub>S**

Как правило, природный газ исторически рассматривается, как источник энергии и углеводородное сырье. Но активное вовлечение больших объемов газа в промышленный цикл приводит к загрязнению окружающей среды. И не только диоксидом углерода. Особую опасность представляют соединения серы, содержание которых варьируется от сотых долей до 20-25 % об (Астраханское месторождение) [1]. Снижение выбросов, утилизация отходов – основной путь защиты окружающей среды. Таким образом, высокосернистый природный газ становится не «головной болью» экологов, а потенциальным сырьевым источником производства минеральных удобрений. Ведь именно из сероводорода получают серу, а она, по словам А.Е. Ферсмана, «двигатель химической промышленности».

Очистку природного газа от серосодержащих соединений проводят с помощью сорбентов, катализаторов, мембран. Выбор метода определяется, в частности, составом газа и селективностью по отношению к H<sub>2</sub>S. Так, для высокосернистых газов, промышленное значение имеет абсорбционный метод. В качестве абсорбента используются различные этаноламины и их смеси. Данные указывают на то, что наибольший эффект имеют растворы метилдиэтанолamina (МДЭА), диэтанолamina (ДЭА) и их смесей. МДЭА обеспечивает селективное извлечение H<sub>2</sub>S в присутствии CO<sub>2</sub>, он термически стабилен, менее коррозионно активен, требует меньшего количества тепла при регенерации. К достоинствам МДЭА/ДЭА-процесса, кроме вышперечисленного, можно отнести то, что снижается удельное орошение (по сравнению с чистым раствором ДЭА) [1].

Технологическая схема абсорбционной очистки природного газа достаточно проста и, как правило, приемлема при использовании любых абсорбентов.

*Литература*

1. Грунвальд В.Р. Технология газовой серы / В. Р. Грунвальд. - Москва: Химия, 1992. - 271 с.
2. Голубева И.А. Газовая сера. Ресурсы, производство, мировой рынок серы, проблемы и пути развития: учебное пособие. М.: Изд.центр РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2015. – 244 с.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)  
**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА  
ПЕНТОКСИДА ВАНАДИЯ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА  
МИНИМИЗАЦИЮ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ**

Получение пентаоксида ванадия – весьма сложный, многостадийный технологический процесс, включающий в себя окислительный обжиг, выщелачивание огарка водой и обратными растворами, отделение твердого остатка фильтрацией, осаждение ванадия из раствора. Таким образом, в технологической цепочке образуется большое количество твердых отходов и маточных растворов. Последние активно используются в качестве обратных растворов, что позволяет минимизировать воздействие на окружающую среду. Что касается осадков с фильтров, то они складировуются на полигонах, не находя применения в технологической цепочке.

Проводилась оценка влияния осадка, полученного после обработки «кислых» растворов, на качество обжига и эффективность кислотного выщелачивания в производстве пентаоксида ванадия.

Исследуемый осадок в воздушно-сухом состоянии содержит 11,0-11,5%  $V_2O_{5\text{общ}}$ , около 91% от этого количества находится в кислоторастворимой форме. Осадок характеризуется удовлетворительным содержанием  $MnO$  и приемлемым –  $MgO$ .

Наличие в осадке соединений кальция позволило получить после обжига осадка без кальцийсодержащих добавок огарок с высоким вскрытием: технологическое вскрытие 95,0-95,3%, слабокислотное – 90,0-90,2%. Дополнительная добавка к осадку известняка не ухудшила качество обжига, что подтверждено результатами моделирования выщелачивания в лабораторных условиях.

По результатам лабораторных испытаний установлено, что осадок не оказывает негативного влияния на качество обжига и эффективность последующих слабокислотного и кислотного выщелачиваний. Таким образом, возможен возврат осадка с фильтра в технологическую цепочку.

В этом случае следует ожидать: снижения отходов, что благоприятно скажется на экологии; повышения степени извлечения  $V_2O_5$ , что повышает производительность и снижает потери ценного компонента осламом.

УДК 691.327.33

*Гальперин П.М., Ларюшкина Д.Р., Александрова О.А.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева,  
Центр талантов «Новомосковск» Фонд Мельниченко)

## **ПОЛУЧЕНИЕ ЦИНКАТОВ ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ**

В условиях стремительной миниатюризации микроэлектронных устройств до суб-10-нм уровня поверхностные характеристики диэлектрических материалов становятся критически важными для надёжности контактов и стабильности интерфейсов. Цинкаты щелочноземельных металлов — бария ( $\text{BaZnO}_2$ ) и стронция ( $\text{SrZnO}_2$ ) — представляют перспективный класс функциональных материалов с широкой запрещённой зоной (3–4 эВ), диэлектрической проницаемостью  $\epsilon_r \approx 15\text{--}25$  и высокой термической стабильностью. [1]

Целью данной работы стало получение цинкатов щелочноземельных металлов и исследование их свойств. Синтез целевых соединений осуществлялся методом осаждения из водных растворов с последующей термической обработкой. В качестве прекурсоров использовались нитраты бария и стронция, ацетат цинка и лимонная кислота в качестве комплексообразователя. Полученные осадки подвергались сушке и прокаливанию для формирования кристаллической фазы.

Комплексная характеристика материалов включала рентгенофазовый анализ (РФА) и ИК-Фурье спектроскопию. РФА на дифрактометре ДРОН-2 ( $\text{Cu K}\alpha$ ) подтвердил, что синтезированные поликристаллические порошки цинката бария ( $\text{BaZnO}_2$ , JCPDS № 42–0412) и цинката стронция ( $\text{SrZnO}_2$ , JCPDS № 036–1451) соответствуют стандартам, а выход продуктов составил 70–75%. ИК-спектры показали наличие характерных полос поглощения связей  $\text{Zn-O}$  и  $\text{Sr-O}$  ( $450\text{--}550\text{ см}^{-1}$ ), а также гидроксильных групп и остатков органических прекурсоров, что указывает на необходимость контроля чистоты при масштабировании.

### *Литература*

1. Marian Marciniak, Salah Obaaya, Xuelin Yang //Optical and Quantum Electronics //2024 г.//[Электронный ресурс] URL <https://link.springer.com/article/10.1007/s11082-024-07167-z>
2. Накамото, К. ИК спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений. Монография. Пер. с англ. к.х.н. Христенко Л.В., под ред. д.х.н. проф. Пентина Ю.А. — М.: Мир, 1991. — 536 с.

УДК 691.327.33

*Худошкина Д.В., Баринов А. А., Александрова О.А.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева,  
Центр талантов «Новомосковск» Фонд Мельниченко)  
**ИЗГОТОВЛЕНИЕ ГАЗОБЕТОННЫХ БЛОКОВ СО  
СТЕКЛЯННЫМ БОЕМ**

Строительство домов из газобетона стало популярным и востребованным в силу высоких эксплуатационных характеристик материала. Он отличается превосходными теплоизоляционными, звукоизоляционными свойствами, при правильной отделке сохраняет высокую воздухопроницаемость, что исключает образование плесени во влажных помещениях. Кроме того, на основную часть строительства уходит в среднем от 25 до 40 дней [1].

Цель исследования – разработать состав недорогого газобетонного блока с добавлением стеклянного боя, для большей прочности блока и повторного использования стеклянного боя.

В работе разработан состав газобетонного блока [2] с добавлением 10% стеклянного боя. В смеси на 100 г продукта использовали: 50 г оксида магния ( $MgO$ ), 20 г хлорида магния ( $MgCl_2$ ), 6 г 37%-го пероксида водорода ( $H_2O_2$ ), 4 г безводного хлорида железа(III) ( $FeCl_3$ ), 10 г дистиллированной воды. Блоки проверяли на огнестойкость при 850–1000 °С и после выдерживали 30 минут в воде с магнитным перемешиванием, что привело к потере массы на 0,87 г. Морозостойкость оценивали при –20 °С в течение 7 дней, потеря массы составила 2,4 г. На основании проделанной работы можно сделать следующие выводы:

1. Использование стеклянного боя в газобетоне — перспективно для утилизации отходов и повышения экологичности строительства.
2. Материал показал хорошие результаты при высоких температурах, но теряет массу под воздействием воды и мороза.
3. Для повышения долговечности рекомендуется ввести гидрофобизирующие добавки, оптимизировать гранулометрию и скорректировать пропорции связующих.

*Литература*

1. Экологические и экономические проблемы использования стеклобоя в производстве стекла: учебное пособие / Р. Г. Мелконян, С. Г. Владова. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2013. – 100 с.
2. Патент РФ. 2342346С1. Состав и способ для получения газобетона. 04.04.2007.

**СЫРЬЕВЫЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ  
ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТАЛИНОГОРСКА**

До 20 апреля 1931 года на территории нашего города на расстоянии нескольких километров друг от друга были только деревни. Но уже 24 декабря 1933 года в эксплуатацию была введена первая очередь Бобриковского (Сталиногорского) химического комбината. Создание химического комбината было обусловлено необходимостью быстро нарастить объёмы производства разнообразной химической продукции для решения проблемы продовольственной и военной безопасности Советского Союза и обеспечить другие отрасли промышленности химическим сырьём.

Целью нашего исследования являлось определение, какие же сырьевые и энергетические ресурсы имелись для начала строительства Бобриковского комбината. На месте строительства имелись разведанные промышленные запасы бурого угля, огнеупорных и красных глин, гипса; имелись источники воды для промышленных нужд.

Трудами К.В. Кирша, П.А. Солодовникова были разработаны не только технологии сжигания во взвешенном слое, но и химической переработки подмосковного угля. В углях подмосковного бассейна имеется до 5,5 % серы, в основном в виде серного колчедана  $FeS_2$ . На основании научных разработок МХЭС по производству серной кислоты башенным способом из местного колчедана в мае 1933 года было завершено строительство сернокислотного цеха.

Необходимая для работы энергохимкомбината электрическая энергия вначале обеспечивалась Каширской и Щёкинской ГРЭС. Строительство Бобриковской ГРЭС проектировалось на местном угле. Паровая турбина, вращающая электрогенератор, требует наличия воды как источника пара. Поэтому были построены две плотины на реках Шат и Любовька для создания водохранилищ. Строительство Бобриковской ГРЭС началось в 1930 году, а 24 августа 1934 года провели первое испытание оборудования ГРЭС под нагрузкой.

С 1959 года уголь перестали использовать в качестве химического сырья, т.к. был подведён природный газ. Его использование в качестве сырья для производства водорода значительно проще и дешевле. А с 1985 года уголь перестали использовать и в качестве топлива на Новомосковской ГРЭС.

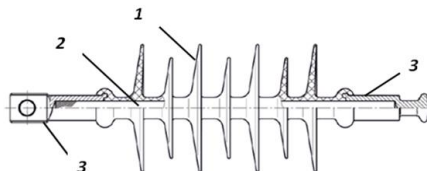
## СЕКЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ И ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

УДК 678.742.3:746.222

*Киселева Н.С., Пискарев Н.А., Юрова И.В., Алексеев А.А.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

### ВОЗМОЖНЫЕ ПРАЙМЕРЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТЕРЖНЕВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ

В конструкциях высоковольтных полимерных стержневых изоляторов (рисунок 1) принципиально важным является не только длина пути возможного поверхностного тока утечек, но и хорошая адгезия силиконовой резины к поверхности стержня из эпоксидного стеклопластика и оцинкованному железному оконцевателю (Zn).



1 – силиконовая оболочка (резина НТВ); 2 – стеклопластиковый стержень; 3 – металлические оконцеватели

Рисунок 1 – Схема стержневого полимерного изолятора

Целью работы явилась оценка эффективности применения по целевому назначению 3-аминопропилтриэтоксисилана (АГМ-9), 3-метакрилокси- (А-174), 3-глицидилдиоксипропилтриметоксисилана (JH-0187) и их смесей в виде 30 %-ных растворов в изопропанол.

Подложки: листовой стеклонаполненный прессуемый композит (SMC), силиконовая резина марки SilFor 306/E 7040.

По эффективности применения в отношении эпоксидного стеклопластика и цинка силаны формируют соответствующие ряды: А-174> АГМ-9>> JH-0187 и АГМ-9>> А-174, JH-0187. В ряду смесей силанов наиболее эффективным в отношении эпоксидного стеклопластика является состав А-174+АГМ-9 = 7+3, а в отношении Zn – состав А-174+АГМ-9 = 3+7. Данные составы соизмеримы по конечному качеству с одним из импортных праймеров.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Правительства Тульской области, договор ДС/169 от 28.12.2024 и Министерства науки и образования РФ в рамках исполнения государственного задания № FSSM-2024-0005 («Лаборатория “умных” материалов и технологий»).*

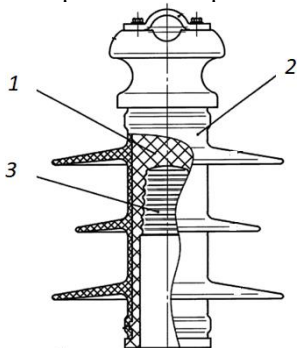
УДК 678.742.3:746.222

*Киселева Н.С., Пискарев Н.А., Алексеев А.А. мл., Коробко Е.А.*

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

## **ВОЗМОЖНЫЕ ПРАЙМЕРЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ШТЫРЕВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ**

В конструкциях высоковольтных полимерных штыревых изоляторов (рисунок 1) принципиально важным является не только длина пути возможного поверхностного тока утечек, но и хорошая адгезия кремнийорганической резины (КОР) к поверхности корпуса.



1 – корпус из стеклонаполненного полиамида; 2 – ребристая оболочка из КОР типа НТВ; 3 – отверстие под металлический штырь опоры

Рисунок 1 – Конструкция штыревого полимерного изолятора

Целью работы явилась оценка эффективности применения по целевому назначению 3-аминопропилтриэтоксисилана (АГМ-9), 3-метакрилокси- (А-174), 3-глицидилоксипропилтриметоксисилана (ЖН-0187) и их смесей в виде 30 %-ных растворов в изопропанол.

Подложки: поверхности брусков типа 1 (ГОСТ 19109) и лопаток типа 2 (ГОСТ 11262) из ПА6-210/310 и ПА 6-210 КС. КОР марки SilFor 306/E 7040.

По эффективности в отношении обоих полиамидов силаны формируют ряд: А-174>АГМ-9>>ЖН-0187. В ряду смесей силанов эффективным является состав А-174+АГМ-9=7+3, соизмеримый по конечному качеству с одним из импортных праймеров.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Правительства Тульской области, договор ДС/169 от 28.12.2024 и Министерства науки и образования РФ в рамках исполнения государственного задания № FSSM-2024-0005 («Лаборатория “умных” материалов и технологий»)*

УДК 678.762.2-134.622-134.532

*Александров Д.А., Емельяненко Д. В., Плешкевич Д.В., Алексеев А.А.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

## **МОДИФИКАЦИЯ АКРИЛОНИТРИЛБУТАДИЕНСТИОЛЬНОГО СОПОЛИМЕРА ДИГЛИЦИДИЛОВЫМ ЭФИРОМ ДИЭТИЛЕНГЛИКОЛЯ**

Известен способ повышения ударной вязкости вторичных акрилонитрилбутадиенстирольных пластиков (АБС) путём введения в их состав сополимеров стирола, метилметакрилата и глицидилового эфира метакриловой кислоты [1].

В настоящей работе апробирована возможность применения по целевому назначению диглицидилового эфира диэтиленгликоля (продукта ДЭГ-1).

Модифицируемыми объектами являлись порошкообразные АБС-сополимеры (АО «Пластик», г. Узловая), не содержащие термостабилизатора.

Материалы для исследований готовили следующим образом. ДЭГ-1 растворяли в изопропиловом спирте и получаемыми растворами пропитывали порошкообразный АБС. Далее композиции сушили в термощкафу при температуре 80 °С до постоянной массы, гранулировали и перерабатывали литьем под давлением в стандартные образцы. Некоторые результаты:

Показатель	Содержание ДЭГ-1, %/100 % АБС			
	0	0,5	1,0	2,0
Показатель текучести расплава, г/10 мин	16,0	18,0	15,2	12,6
Ударная вязкость по Изоду, кДж/м <sup>2</sup>	18,4	17,3	17,1	10,8

В работе [1] ударная вязкость АБС-пластиков при модификации эпоксидными соединениями повышается, в нашем случае – понижается. Обсуждаются как возможные химические процессы, протекающие в каналах двухшнековых экструдеров, так и конечные результаты с позиций [1] и нашего видения.

### *Литература*

1. Recycling of acrylonitrile–butadiene–styrene (ABS) copolymers from waste electrical and electronic equipment (WEEE), through using an epoxy-based chain extender / Wang J. [et al.] / Polymer degradation and stability. 2015. V. 112. P. 167-174.

УДК 678.762.2-134.622-134.532

*Пискарев Н.А., Крикливых С.С., Плешкевич Д.В., Коробко Е.А.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

## **МНОГОКРАТНАЯ ЭКСТРУЗИЯ АКРИЛОНИТРИЛБУТАДИЕНСТИРОЛЬНОГО ПЛАСТИКА АБС-2020**

Исследование многократной переработки пластмасс представляет многосторонний интерес.

Целью работы явилось исследование влияния 5-кратной экструзии-грануляции АБС-2020 на его свойства.

АБС-2020-31 от компании АО «Пластик», г. Узловая, Тульская область.

Схема переработки: экструзия-грануляция → отбор пробы на литьё образцов → экструзия-грануляция оставшегося количества АБС-пластика → отбор пробы на литьё образцов и т.д. Исходный материал сушили 1 ч при 80 °С, после гранулирования – 0,5 ч при 105 °С.

Использовали стренговый метод гранулирования (линия на базе двухшнекового экструдера SHJ-20, 1 зона атмосферной дегазации, 350 об/мин) при температурах по зонам шнеков: 230-220-210-200-185-165 °С.

Условия литья стандартных образцов: 230-220-210-200 °С, давление литья 105 МПа, время впрыска 1,5 с, выдержка оливок под давлением 105 МПа 5 с, время цикла 50 с, термопластавтомат SSF-520, автоматический режим работы. За один впрыск формовали лопатку типа 2 по ГОСТ 11262 и брусок длиной 128 мм для вырубki образца типа 1 по ГОСТ 19109.

Определяли показатель текучести расплава (220 °С, 10 кгс), предел текучести при растяжении и прочность при разрыве (скорость нагружения 50 мм/мин), относительные удлинения при указанных показателях качества, ударную вязкость по Изоду с надрезом. Фиксировали также условную прочность при изгибе как напряжение при достижении величины прогиба  $h = 6$  и 12 мм (10 мм/мин).

Пластик АБС-2020 весьма стабилен в условиях 5-кратной грануляции-грануляции.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и образования РФ в рамках исполнения государственного задания № FSSM-2024-0005 («Лаборатория “умных” материалов и технологий»).*

УДК 678.745.32-136.22-134-622:678.675'126

*Крикливых С.С., Пискарев Н.А., Плейшевич Д.В., Юрова И.В.*

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

## **МНОГОКРАТНАЯ ЭКСТРУЗИЯ СМЕСИ АКРИЛОНИТРИЛБУТАДИЕНСТИРОЛЬНОГО ПЛАСТИКА И ПОЛИАМИДА**

Целью работы явилось исследование влияния 5-кратной экструзии на свойства смеси АБС-2020 и полиамида 6 (ПА-6).

АБС-2020-31 от компании АО «Пластик», г. Узловая Тульской области, ПА-6 (Grodnamid-27) от компании ПТК «Химволокно», г. Гродно. Состав смеси: АБС-2020-31+ПА-6 = 7+3 по массе.

Смесевой материал перерабатывали по схеме: экструзия-грануляция → отбор пробы на литьё стандартных образцов → экструзия оставшегося количества материала и т.д. Исходные и получаемые гранулированные продукты сушили перед каждой переработкой. Использовали стренговый метод грануляции (линия на базе экструдера SHJ-20, 1 зона атмосферной дегазации, 350 об/мин) при температурах по зонам: 230-220-210-200-185-165 °С.

Условия литья стандартных образцов для испытаний: 230-220-210-200 °С, давление литья 105 МПа, время впрыска 1,5 с, выдержка под давлением 105 МПа 5 с, время цикла 50 с, термопластавтомат SSF-520. За один впрыск формовали лопатку типа 2 по ГОСТ 11262 и брусок длиной 128 мм для вырубki образца типа 1 по ГОСТ 19109.

Определяли показатель текучести расплава (220 °С, 10 кгс), предел текучести при растяжении и прочность при разрыве (скорость нагружения 50 мм/мин), относительные удлинения при указанных показателях качества, ударную вязкость по Изоду с надрезом. Фиксировали также условную прочность при изгибе как напряжение при достижении величины прогиба  $h = 6$  и 12 мм (10 мм/мин).

Механические свойства смеси АБС-2020-31+ПА-6 весьма стабильны в условиях 5-кратной грануляции. Экстремальный характер формирования вязкости расплава смеси (максимум после второй грануляции) связывается с его гетерогенной структурой и наличием протяжённых межфазных областей с пониженной плотностью упаковки макромолекул и частичной их сшивкой.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и образования РФ в рамках исполнения государственного задания № FSSM-2024-0005 («Лаборатория “умных” материалов и технологий»).*

*Плешкевич Д.В.<sup>1</sup>, Осипчик В.С.<sup>1</sup>, Алексеев А.А.<sup>2</sup>*

*(<sup>1</sup>РХТУ им. Д.И. Менделеева,*

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

## **МОДИФИКАЦИЯ АКРИЛОНИТРИЛБУТАДИЕНСТИОЛЬНЫХ СОПОЛИМЕРОВ И ПОЛИАМИДА 6 ЭПОКСИДНЫМИ СМОЛАМИ В ПРОЦЕССЕ ПЕРЕРАБОТКИ**

Хорошая ударопрочность и неплохие другие свойства акрилонитрилбутадиестирольных пластиков (АБС-пластиков) обеспечили им широкое применение практически во всех сферах деятельности человека. Сочетание высокой механической прочности с приемлемой теплоустойчивостью, хорошими антифрикционными, демпфирующими и электроизоляционными свойствами полиамида 6 (ПА-6) также предопределили широкий спектр его применений. Однако каждый из этих материалов имеет свои недостатки. Частичное их устранение достигается их взаимной модификацией, требующей, однако, применения дорогостоящих компатибилизаторов.

Целью работы явилось исследование возможности применения по целевому назначению эпоксидных соединений.

Использовали как порошкообразный АБС-сополимер, так и гранулированный АБС-2020-31. В первом случае добавляли стабилизирующую систему. ПА-6 был представлен пластиком АБС-2020-31. Модификаторами являлись диглицидиловый эфир диэтиленгликоля (смола ДЭГ-1) и продукты взаимодействия эпихлоргидрина с дифенилпропаном (смола KER-828).

Установлена возможность введения модификаторов в состав АБС-продуктов до 1,5 % и более в ПА-6 – не более 1,0 %.

Первичные композиции гранулировали стренговым методом (двухшнековый экструдер SHJ-20) и далее перерабатывали в стандартные образцы литём под давлением (термопластавтомат SSF-520).

Проведённые исследования показали, что введение эпоксидных соединений как в состав ПА-6 (ПА6-Л-211/311), так и АБС-2020-31 вызывает частичную сшивку их макромолекул без существенного изменения их механических свойств. Полученные результаты указывают на перспективность выбранного направления модификации смесей АБС+ПА. УДК

## **ПОКРАСОЧНЫЕ РАБОТЫ ПОД ВОДОЙ**

Металлические конструкции, эксплуатируемые под водой, широко применяются в гидротехнических сооружениях морских портов, причалов и доков (сваи, шпунтовые стены, буи), в строительстве мостов, морских платформ по добычи нефти и газа, нефте- и газопроводов. Спустя определенное время, предварительно нанесённые на воздухе лакокрасочные покрытия утрачивают свои защитные свойства. Требуется их восстановление. Однако далеко не всегда возможно излечение конструкций на сушу. Возникает необходимость в проведении соответствующих работ под водой.

Анализ информации в указанной области позволяет определить три технологии антикоррозионных работ под водой: капсулирование заливочная, обёрточная и лакокрасочная. Примером первой является технология от компании Denso North America, дочернего подразделения концерна Winn & Coales International, когда вокруг сваи Н-образного сечения формируется оболочка, внутрь которой подаётся жидкий эпоксидный компаунд (система SeaShield серии 500).

Первая в мире обёрточная технология также была разработана в недрах Winn & Coales International и предполагает нанесение на поверхность сваи вазелиновой пасты с последующим её обёртыванием ПЭ-лентой с нанесённым парафиновым покрытием (система SeaShield серии 500). Окончательно сваю защищают кожухом из ПЭНД (система SeaShield Series 2000HD). Аналогичную в принципе технологию предлагает Nitto Denko Corporation. В обёрточной технологии от компании International Protective Coatings (ArzoNobel) используются эпоксидные компаунды (Interzone 101).

Лакокрасочную технологию представляют компании Chemco International Protective Coatings, Picco Coatings Co. (UT-15 Underwater Epoxy) Progressive Epoxy Polymers Inc. (Corro-Coat FC 2100 Epoxy), ООО "Холдинговая компания «Пигмент» (эмаль ЭП-451 Субкор), АО ЭНПЦ ЭПИТАЛ (Этал Нерпа). Вопреки известному подходу [1], эмаль подводного нанесения Аквалайн ЭП от ООО «СпецЭмаль» может содержать до 40 % растворителя.

Обсуждаются предлагаемые варианты лакокрасочной технологии.

Демонстрируется один из вариантов разработанного эпоксидного состава, способного к нанесению под водой на металлические поверхности кистью или шпателем.

*Моисеев С.Е., Балашова Р.В.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)  
**ВЫБОР ПРОМЫШЛЕННОГО СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ  
ДИСПЕРГАТОРА НФ МАРКИ «А»**

Диспергатор марки НФ относится к группе анионоактивных ПАВ, которые находят широкое применение в различных отраслях народного хозяйства. С помощью этих веществ можно существенно изменять свойства поверхностных межфазных слоев и тем самым влиять на процессы, происходящие на границе раздела фаз. Введением ПАВ можно вызвать понижение прочности материала при дроблении и резании. Ассортимент этих веществ и их области применения неуклонно растут.

Диспергатор НФ представляет собой смесь полимерных соединений разной относительной молекулярной массы, получающейся в процессе конденсации сульфокислот нафталина с формальдегидом с последующей нейтрализацией аммиачной водой. Диспергатор выпускается в виде водного раствора. Он применяется в качестве вспомогательного вещества в производствах резиновой, текстильной, кожевенной, анилинокраочной продукции и в производстве синтетического каучука.

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

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

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

Он выпускается в виде водного раствора. Получаемое вещество относится к группе биологически трудноразлагающихся веществ.

В нашей работе был осуществлен выбор промышленного способа производства диспергатора «НФ» марки А. Подобраны основные аппараты и вспомогательное оборудование производства. Предложены мероприятия по БЖД и охране труда. Проведена более полная автоматизация технологической схемы производства. Осуществлена модернизация стадии конденсации.

*Гамаюнов А.С., Гамаюнова Д.А., Балашова Р.В.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)  
**ВЫБОР ПРОМЫШЛЕННОГО СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ  
КАПРОЛАКТАМА**

Капролактама - лактама  $\epsilon$ -аминокапроновой кислоты впервые был синтезирован О.Валлахом в 1899 г. П.Шлак в 1938 г. провел полимеризацию капролактама с получением поликапроамида, застывающего при охлаждении в гибкие нити в дальнейшем называемым полиамидным волокном (капрон).

Получение полиамидного волокна из капролактама дало толчок к поиску промышленных способов его производства. Основные узлы первой технологической схемы синтеза капролактама разработаны в Германии. Первые партии его применяли для получения искусственной щетины. Позднее на основе капролактама стали производить парашютный шёлк, корд для авиационных шин и буксировочные тросы для планеров. Первое производство капролактама из фенола освоено в СССР в 1948г.

Благодаря большому количеству ценных свойств, которыми обладает капрон, его широко применяют в технических изделиях и товарах народного потребления. Важнейшей областью применения капрона является шинная промышленность. Из капрона изготавливается корд - основной структурный элемент автомобильных и авиационных шин. Также капроновое волокно применяют при производстве канатов, тросов, веревок. Несмотря на широкий ассортимент современных пластических масс, капролактама остается одним из лучших материалов для изготовления бесшумных шестерен, вкладышей подшипников, вентиляторов.

Капролактама в основном имеет промышленное применение - производство полиамидных (нейлоновых) волокон и нитей (полиамид 6). Кроме того, капролактама применяется в производстве инженерных пластиков, полиамидных пленок. В небольших количествах капролактама может использоваться в образовании полиуретана и синтезе лизина, жестких текстильных подкладок. Спрос на продукт за последнее пятилетие в России составил более 350 тыс.т. Всего в мире необходимость в капролактама составляет более 4384 тыс.т. Тенденции показывают, что спрос в будущем на него будет расти. Поэтому целесообразно открывать новые производства по синтезу этого вещества и модернизировать уже имеющиеся цеха.

*Кона Д.И., Балашова Р.В.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)  
**ВЫБОР ПРОМЫШЛЕННОГО СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ  
МЕТАНОЛА**

Метанол является одним из важнейших базовых продуктов химической промышленности и служит сырьем для широкой гаммы производных продуктов, начиная от уксусной кислоты, формальдегида и МТБЭ и заканчивая малотоннажными продуктами специального назначения. Все основные технологические процессы газовой промышленности (добыча, подготовка газа к транспортировке и переработка, транспортировка и подземное хранение газа) сталкиваются с проблемой гидратообразования, обусловленной возникновением при определенных условиях твердых кристаллических соединений газа с водой.

Основным промышленным способом предупреждения процесса гидратообразования и разложения уже образовавшихся гидратных отложений ("пробок") является использование так называемых "ингибиторов" гидратообразования. В качестве основного промышленного ингибитора применяется метиловый спирт (метанол).

Более 90% метанола, потребляемого в газовой отрасли, приходится на ингибирование системы добычи газа. В нефтеперерабатывающей промышленности метиловый спирт служит селективным растворителем для очистки бензинов от меркаптанов и азеотропным реагентом при выделении толуола ректификацией. В смеси с этиленгликолем метиловый спирт применяется для экстракции толуола из бензинов.

Существенно расширяется использование метанола для очистки сточных вод от вредных соединений азота, для производства кормового белка. В последнее время предполагается, что метанол найдет широкое применение в качестве источника энергии, газового топлива для тепловых электростанций моторного топлива и как компонент автомобильных бензинов.

Производство метанола сегодня относится к одному из наиболее перспективных направлений в химической отрасли в связи с востребованностью на мировом рынке (почти половина российского производства ориентирована на экспорт) и резким повышением цен в последние годы.

*Рудкин А.В., Балашова Р.В.*

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

## **ВЫБОР ПРОМЫШЛЕННОГО СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ФОРМАЛИНА**

Формальдегид – весьма активное химическое соединение, легко вступающее в реакцию с другими веществами с образованием большого класса новых соединений. Благодаря реакционной способности формальдегид является один из незаменимых полупродуктов многотоннажного органического синтеза.

Формальдегид используется в промышленности в качестве сырья для производства синтетических смол, пластических масс, новых органических красителей, поверхностно-активных веществ, лаков, лекарственных препаратов и взрывчатых веществ. В сельском хозяйстве для протравливания семян, в кожевенной промышленности для дубления кожи, в медицине как антисептическое средство и в животноводстве.

В настоящее время основным потребителем формальдегида является промышленность синтетических смол: производство фенолформальдегидных, мочевиноформальдегидных смол; смол, модифицированных путем обработки формальдегидом; малорастворимых лаков, покрытий, клеев, слоистых пластиков.

Наибольшее распространение получил водный раствор, содержащий 35 – 37 % формальдегида и 6 – 11 % метанола, называемый формалином. Рецептура формалина сформировалась исторически, под влиянием следующих факторов. Во-первых, метанол и вода сопутствуют формальдегиду на стадии его получения наиболее употребительным методом (метанол – сырье, вода – побочный продукт и абсорбент). Во-вторых, раствор указанного состава при положительных температурах вполне стабилен к выпадению полимера и может храниться или транспортироваться в течение долгого времени. В – третьих, в виде водно-метанольного раствора формальдегид может применяться в большинстве производственных синтезов, а также при непосредственном использовании. В-четвертых, именно формалин получается при окислительной конверсии метанола в присутствии металлических катализаторов на стадии абсорбции контактного газа; никаких дополнительных операций по приданию продукту товарных свойств (концентрирование, очистка и т. д.), как правило, не требуется.

*Долматова П.Ю., Балашова Р.В.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)  
**ВЫБОР ПРОМЫШЛЕННОГО МЕТОДА ПРОИЗВОДСТВА  
ЦИКЛОГЕКСАНА**

Циклическое соединение, состоящее из шести атомов углерода, соединенное в кольцо, впервые было описано в конце 19-го века немецким химиком Фридрихом Краусом. Циклогексан используется в промышленности как растворитель, сырьё для получения капролактама и адипиновой кислоты, а также является основным компонентом для производства нейлона, пластмасс, лаков, красителей и других химических продуктов.

В качестве источника циклогексана промышленный интерес представляют лишь сураханская и каратайская нефти в нашей стране.

Для выделения циклогексана из нефтепродуктов используют узкие фракции нефти, обогащенные углеводородами  $C_6$  и содержащие 10-14 % циклогексана. После проведения ректификации получают фракцию, с содержанием до 85 % циклогексана. При использовании дополнительных промежуточных стадий каталитического превращения аренов возможно получение фракций с содержанием 99 % циклогексана.

Жидкофазное гидрирование энергетически не имеет заметных преимуществ перед парофазных, особенно если последнее осуществлять в трубчатых реакторах с одновременным получением энергетического пара. Кроме того, при реализации жидкофазного процесса возникают затруднения, связанные с использованием суспензионного катализатора.

Самый оптимальный метод производства циклического соединения является гидрирование бензола (95% от общего производственного объема). Он позволяет получать наиболее чистый циклогексан (99,9%).

В России осуществляется производство циклогексана с использованием современных технологий и его качество соответствует международным стандартам. Он является востребованным продуктом на рынке и экспортируется в различные страны мира. Производство циклогексана в России осуществляется несколькими крупными компаниями, такими как ОАО "Газпромнефтехим Салават" (170 тыс. тонн), ОАО "Синтез-Каучук", ЗАО "Волгодонхимпром" и др.

*Зотов Д.И., Балашова Р.В.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)  
**ВЫБОР ПРОМЫШЛЕННОГО СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ  
СТИРОЛА**

Стирол имеет чрезвычайно широкое применение в промышленности. Он используется в качестве мономера при получении полистирола, а также при сополимеризации с другими мономерами образует разнообразные материалы, такие как АБС-пластики, бутадиен-стирольные каучуки, термоэластопласты, сополимеры с акрилонитрилом (САН-пластики), винилхлоридом и дивинилбензолом, применяемые, в частности, для производства ионообменных смол.

В 2024 году отечественная промышленность зафиксировала рост выпуска стирола до рекордной отметки — 730,4 тысяч тонн, что превысило показатели предыдущего года на 6,2%. Такой прирост свидетельствует о стабильном развитии отрасли химической промышленности России. Цены на стирол растут из-за дефицита сырья (бензола), достигнув 101–135 тыс. руб./т в октябре 2025 г.

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 стирол, это Халкон-процесс. Он состоит из трех стадий и заключается в дегидратации метилфенилкарбинола, образуящегося в процессе получения оксида пропилена из гидропероксида этилбензола.

Разрабатываются альтернативные способы получения стирола. Каталитическая цикломеризация бутадиена в винилциклогексен, с его последующем дегидрированием. При взаимодействии толуола с метанолом также может быть получен стирол. Активно разрабатывались способы выделения стирола из жидких продуктов пиролиза. На сегодняшний день, ни один из этих процессов не является экономически выгодным.

В настоящее время первое место по производству стирола в России занимает предприятие ОАО «Нижекамскнефтехим». Оно производит до 70% объёма 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%.

*Крехалева В.А., Долматова П.Ю., Горохова М. Н.*  
(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И. Менделеева)  
**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ  
СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТИЛ-ТРЕТ-БУТИЛОВОГО  
ЭФИРА**

Цель работы: анализ технологических и экономических аспектов способов получения метил-трет-бутилового эфира.

Метил-трет-бутиловый эфир широко применяется в нефтехимической промышленности как высокооктановый компонент автомобильных бензинов. Его добавление к топливу позволяет улучшить процесс сгорания и снизить содержание вредных веществ в выхлопных газах. Значимость МТБЭ обусловлена его эффективностью, доступностью сырья и широким применением в производстве современных бензинов.

Получение МТБЭ основано на реакции этерификации изобутилена метанолом в присутствии кислотных катализаторов. В качестве сырья используют С<sub>4</sub>-фракции углеводородов, содержащие изобутилен. Процесс проводят в жидкой фазе при умеренных температурах и давлениях. Наиболее распространёнными катализаторами являются сульфокатиониты в Н-форме и их макропористые модификации, обеспечивающие высокую активность и селективность.

К основным способам получения МТБЭ относятся двухреакторные и многоступенчатые схемы синтеза, процессы с экстракцией метанола, водной отмывкой реакционной смеси и реактивной ректификацией. Эти способы различаются по аппаратурному оформлению, степени превращения изобутилена, расходу энергии и сложности разделения продуктов.

Наиболее эффективным способом получения МТБЭ считается реактивная ректификация. Этот метод позволяет совмещать химическую реакцию и разделение продуктов в одном аппарате, что способствует повышению степени превращения изобутилена, получению МТБЭ высокой чистоты и сокращению числа технологических стадий, но такой процесс требует более сложного оборудования и точного регулирования технологических параметров.

Использование МТБЭ улучшает качество бензинов, однако требует строгого контроля условий хранения, транспортировки и обращения из-за риска загрязнения окружающей среды, особенно водных объектов. Устойчивый спрос на МТБЭ на мировом и российском рынках подтверждает его значимость для современной нефтехимии и топливной промышленности.

*Халилова В.П., Горбатова Д.А., Горохова М. Н.*  
(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И. Менделеева)

## **ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИМЕРОВ ИЗ ПИЩЕВЫХ ОТХОДОВ**

Цель работы: анализ современных методов получения биоразлагаемых полимеров из вторичного пищевого сырья и оценка перспектив внедрения данных технологий в промышленности (на примере Тульской области).

Ежегодно в мире образуется около 1,3 млрд тонн пищевых отходов, при этом традиционные полимеры, производимые из нефти, разлагаются сотни лет, создавая экологическую нагрузку. Переориентация на использование органических отходов в качестве сырья для синтеза биопластиков позволяет решать обе проблемы одновременно, что соответствует принципам циркулярной экономики.

Различают три основных подхода к получению полимеров из пищевых отходов:

1. Прямое извлечение природных полимеров. Из кожуры цитрусовых и яблочных выжимок получают пектин, из отходов переработки ракообразных — хитозан. Эти биополимеры используются для создания съедобных покрытий и антибактериальных пленок.

2. Ферментация с получением полилактида (PLA). Пищевые отходы, богатые углеводами (картофельные очистки, банановая кожура), ферментируются до молочной кислоты, которая затем полимеризуется в PLA — один из самых востребованных биоразлагаемых пластиков. Исследователи из Университета Бингемтона (США) разработали метод, при котором пищевые отходы напрямую сбраживаются бактериями *Cupriavidus necator* с получением полимера PLA с выходом до 90%.

3. Микробный синтез полигидроксиалканоатов (ПГА). Почвенные бактерии вида *Pseudomonas putida* при культивировании на субстрате из пищевых отходов синтезируют ПГА — полимеры, полностью разлагающиеся в компосте, почве и воде. При этом состав отходов может варьироваться при соблюдении основных пропорций, что делает технологию пригодной для масштабирования.

В городе Узловая Тульской области компания «Макошь» реализует проект по строительству производственного комплекса по холодному отжиму и глубокой переработке растительных масличных культур. Продукцией завода являются растительные масла и продукты их переработки, а отходы производства (жмыхи, шроты) могут служить ценным сырьем для получения биополимеров.

*Ермакова Т.И., Коробко Е.А., Ордина Е.В.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

## МОДИФИКАЦИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА САЙДИНГА

Отходы переработки пластмасс представляют материальную ценность. Особый интерес представляет использование отходов при создании новых полимерных материалов.

Целью настоящей работы явилась разработка материала, не уступающего по свойствам материалу ПП-С следующего состава: первичный полипропилен РР Н030 GP/3 (83,3 %) + полипропилен Армлен ПП СВ 30-2Т (16,7 %), используемого в производстве заглушек (материал № 1, таблица 1).

С учётом наличия сырьевой базы была предпринята попытка разработки материала-аналога на основе ранее разработанного материала ПВХЖ-1,5 (частично пластифицированные отходы сайдинга). В качестве модификатора ПВХЖ-1,5 использовали сополимер стирола с акрилонитрилом (САН).

Признано нецелесообразным содержание САН в получаемых материалах в количестве более 27 % по массе (40 % САН/100% ПВХЖ-1,5). Свойства разработанного материала (материала № 2) представлены в таблице 1. В таблице 1 отражены и результаты нашей попытки замены в материале-аналоге первичного полипропилена на вторичный (материал № 3).

Таблица 1 – Сравнительные свойства материалов

Показатель	Материал		
	№ 1	№ 2	№ 3
Число перегибов холодного бруска (минус 15 °С) до излома	2	8	1
Предел текучести при растяжении (50 мм/мин), МПА	38,5	46,6	33,5
Прочность при разрыве, МПА	36,5	35,5	31,5
Удлинение при разрыве, %	20	20	22
Условная прочность при изгибе, МПА	34,5	46,5	32,5
Усадка по бруску, %	0,6	0,3	0,6
Усадка по лопатке, %	0,9	1,3	0,9
Время затухания после выноса из пламени, с	горит	0,5	горит
Масса 10 отливок, г	153	218	152

Разработанный материал по ряду показателей выгодно отличается от материала аналога, за исключением массы получаемых изделий.

*Глазкова А.Н., Коробко Е.А., Ордина Е.В.  
(Новомосковский институт РХТУ имени Д. И. Менделеева)*

## **СВОЙСТВА СМЕСЕЙ СОПОЛИМЕРА СТИРОЛА С АКРИЛОНИТРИЛОМ И ПОЛИАМИДА**

Одним из способов физической модификации полимеров является создание полимер-полимерных композиций, обладающих, в ряде случаев, более высоким комплексом свойств, чем у исходных полимеров. Определенный интерес в их ряду могут представить смеси сополимеров стирола с акрилонитрилом (САН) и полиамидом (ПА-6).

Объектом исследования явились смеси вторичного САН Kibisan PN-117С (Chi Mei Corp.) и вторичный ПА6-210/310 (Grodnamid 27) от компании ПТК «Химволокно», г. Гродно, Беларусь при содержании одного из компонентов 0, 5, 10, 20 ... 90, 95 и 100 % по массе.

Смеси, получаемые механическим смешением исходных компонентов, перерабатывали литьем под давлением без предварительной грануляции и с предварительной грануляцией. Во всех случаях материалы перед переработкой подвергались сушке.

Зависимость показателя текучести расплава (ПТР) от состава смесей имеет явно выраженный S-образный вид с минимумом и максимумом при содержании ПА-6 20 и 80 %. (ПТР не гранулированных смесей определяли после литья с использованием брусков типа 1 по ГОСТ 19109). Можно полагать, что в каналах шнека экструдера и термопластавтомата достигается одинаковая степень смешения исходных компонентов.

Введение до 10 % ПА-6 в состав САН сопровождается резким падением его прочности при разрыве, однако далее по мере повышения содержания САЕ фиксируется симбатное изменение данного показателя. Предел текучести не фиксируется в связи с малым удлинением при разрыве (не более 3 %), вплоть до составов смесей с 90 %-ным содержанием ПА-6.

Введение до 50 % ПА-6 в состав САН монотонно повышает его теплостойкость по Вика на 6 градусов. Скорее всего, эквивалентное соотношение между компонентами определяет инверсию фаз.

Введение более усадочного компонента (ПА-6) в состав менее усадочного компонента (САН) несколько снижает усадку последнего.

Выбранный режим переработки исходных компонентов и их смесей обеспечивает завершением релаксационных процессов при формовании изделий, на что указывают значения термоусадки.

*Бекиров Т.Н., Ларионов Д. И, Коробко Е.А., Алексеев А.А. мл.*

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

## **ФИЗИЧЕСКАЯ МОДИФИКАЦИЯ СОПОЛИМЕРОВ СТИРОЛА С АКРИЛОНИТРИЛОМ**

Сополимер стирола с акрилонитрилом (САН), благодаря своей прозрачности и высоким диэлектрическим показателям, пользуются определенным спросом на рынке полимерных материалов. Однако повышенная хрупкость данного полимерного материала не дает возможности использовать его в больших объемах, в сравнении с другими полистирольными пластиками, например, с акрилонитрилбутадиенстирольными пластиками

Целью работы явилось исследование возможности повышения ударной вязкости САН путем его физической модификации.

Объектами исследования явились смеси сополимеры САН южнокорейской фирмы «LG Chem» марки 80 HF с ранее разработанными на кафедре термоэластопластами (ТЭП) на основе блок-сополимеров стирола и бутадиена радиальной структуры.

Приготовление композиций заключалось в смешивании исходных компонентов, предварительной сушки в термошкафу при 80 °С в течение 3 часов. Стандартные образцы отливались на термопластавтомате с впрыска 200 см<sup>3</sup> при температурах по зонам 190, 200, 210, 220 °С. Объем отливки составлял 28 см<sup>3</sup>. Выбранное соотношение между номинальным объемом впрыска и фактическим объемом отливки предполагает возможность переработки данных полимерных композиций без их предварительной грануляции и вполне моделирует обязательную стадию их предварительной грануляции.

Установлена целесообразность введения небольших количеств термоэластопласта в сополимер САН, при которых у последнего появляются способности к проявлению высокоэластических деформаций, оцениваемой величиной относительного удлинения при растяжении. Дальнейшее увеличение содержания ТЭПа в сополимере САН сопровождается увеличением его вязкости и снижением условной прочности при изгибе, заметным снижением теплостойкости по Вика. При растяжении стандартных лопаток образцов фиксируется их расслоение. Однако в целом смеси можно считать «эксплуатационно совместимыми».

Предварительная грануляция способствует повышению качества смесей САН+ТЭП, но явно уступающему качеству АБС.

*Командин И.П., Григоров И.В.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)  
**ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МЕЛА НА ТЕКУЧЕСТЬ  
ПВХ-ПЛАСТИКАТА**

Течение полимерных материалов предопределяет возможность получения из них различных изделий. В инженерной практике способность материалов к течению в условиях крупнотоннажных методов их переработки оценивают величиной показателя текучести расплава (ПТР).

Текучность материалов на основе пластифицированного поливинилхлорида (ПВХ-пластиков) определяется многими факторами (молекулярной массой полимера, содержанием и природой пластификатора, стабилизирующей системы, внешних и внутренних смазок, модификаторов ударопрочности и, конечно, наполнителя). В каждом конкретном случае рецептура материала формируется индивидуально, т.к. трудно заранее определить содержание каждого из его компонентов.

Целью работы явилась экспериментальная оценка возможного содержания дисперсного наполнителя в ПВХ-пластикате, используемого в производстве изделий неотчетливого назначения.

В качестве дисперсного наполнителя использовали гидрофобизированный мел марки М90Т от компании «Руслайм» (г. Губкин-11 Белгородской обл.).

Исходные композиции (25 кг ПВХ с константой Фикентчера 67 + дибутилфталат + мел + комплексный стабилизатор + концентрат сажевого пигмента) готовили в смесителе при частоте вращения ротора 500 об/мин. Содержание мела составляло, 10, 20 и 30 % по массе. Спустя 1 сутки порошкообразные композиции гранулировали резкой гранул на головке и далее перерабатывали литьем под давлением в стандартные образцы.

Определены значения ПТР полученных материалов при температурах 160, 170 и 180°C, нагрузке 5 кгс и времени выдержки 5 мин, а также при 170°C и различных нагрузках (10, 5, и 2,16 кгс). Определены основные механические характеристики полученных материалов (предел текучести при растяжении и прочность при разрыве, соответствующие им значения удлинения и твёрдости по Шор А). Общий характер изменения свойств ПВХ-пластиката оказался вполне ожидаемым, но конкретным. Обосновано введение в состав ПВХ-пластиката не более 20 % наполнителя.

## СЕКЦИЯ "ИНЖЕНЕРНАЯ МЕХАНИКА И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ"

УДК 620.178.16

*Никандров С.В., Бегова А.В.*

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

### **ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА СОПРОТИВЛЕНИЕ ИЗНАШИВАНИЮ АБРАЗИВОМ**

Абразивное изнашивание является результатом интенсивной поверхностной деформации металла. Поэтому правомерны многочисленные исследования абразивного изнашивания, в которых сопротивление изнашиванию оценивалось по механическим свойствам металла.

Исследование взаимосвязи механических свойств сталей друг с другом и износостойкостью в условиях абразивного изнашивания проводилось с целью выявить причинно-следственную связь влияния механических характеристик на сопротивление сталей изнашиванию абразивом с учетом особенностей напряженно-деформированного состояния на контакте металл-абразив.

Судить косвенно о влиянии каждой механической характеристики на износостойкость позволил анализ парных взаимосвязей механических характеристик. Исследование взаимосвязи износостойкости и характеристик прочности ( $HRC$  и  $\sigma_B$ ) сталей показало, что для отдельно взятой марки стали они являются мерой сопротивления изнашиванию абразивом, но при рассмотрении выборки сталей имеет место существенное расхождение в значениях износостойкости.

Анализ взаимосвязи износостойкости и характеристик пластичности ( $\delta$ ,  $\Psi$ ) сталей показал, что с ростом пластичности износостойкость уменьшается, но ряд износостойкости сохраняет прежнюю структуру.

Эти результаты объясняются тем, что сопротивление абразивному изнашиванию по характеру силового воздействия на металл сложнее, чем сопротивление металла прямому внедрению индентора при определении твердости или одноосному растяжению, что и является, в конечном счете, причиной отсутствия однозначной зависимости в парных связях «износостойкость – свойство стали» как для свойств группы прочности, так и для группы пластичности.

Поэтому очевидно, что для достижения максимальной износостойкости оптимальным является одновременное увеличение и твердости, и пластичности металла при выборе износостойких сталей. При одновременном повышении и прочности и пластичности возможно кратное увеличение износостойкости.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОЛЕБАНИЙ СИСТЕМЫ НА РАБОТУ УПЛОТНЕНИЙ ВАЛА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

Продолжая исследовательскую работу на лабораторной установке, смонтированной на базе центробежного насоса выпускником 2025 г. Конашенковым А.А., было установлено, что при использовании конструкции сальникового уплотнения с промежуточным поджимом, снабжённого тарированными пружинами, позволяет эффективно использовать конденсат или использовать транспортируемую среду как смазывающую жидкость, а также отводить неизбежные протечки через уплотнение полностью исключая их попадание во внешнюю среду. При проведении эксперимента были учтены следующие факторы: время работы, объём утечек, давление рабочей среды, длина набивки и усреднённая плотность наполнителя, температура в зоне контакта, вязкость среды, окружная скорость вала, частота и амплитуда колебаний поверхности вала. В конструкцию установки внесли изменения, снабдив вал в месте контакта с уплотнением быстросменной защитной втулкой (рис. 1). Эту задачу пришлось решать созданием узла вала с защитной втулкой, снабжённого шайбой для установки дисбалансного груза с целью необходимости наложения фиксированных внешних колебаний системы.

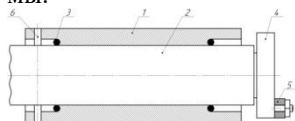


Рисунок 1. Схема установки сменной защитной втулки вала насоса в месте контакта с уплотнением. 1 – защитная втулка; 2 – вал насоса; 3 – резинное уплотнение; 4 – шайба; 5 – сменный груз; 6 – штифт

Изменение колебаний вала вызываются изменением массы сменного груза. Плотность набивки регулируется изменением внешнего давления на тарированную пружину (рис.2).

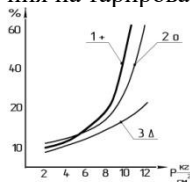


Рисунок 2. Относительное изменение амплитуды колебаний защитной втулки в зависимости от плотности набивки. 1 – цельный вал; 2 – жесткое крепление защитной втулки; 3 – защитная втулка на резиновых уплотнительных кольцах

Применение защитной втулки на упругих кольцах позволяет снизить колебания узла уплотнения почти на 50%, что снижает утечки через уплотнение.

*Власов Д.А. Бегова А.В.*

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)  
**РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ РОТОРНО-ПЛЕНОЧНОГО  
ИСПАРИТЕЛЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ  
ОГНЕСТОЙКИХ ЖИДКОСТЕЙ**

В основе получения триксиленилфосфата лежит реакция этерификации хлорокиси фосфора ксиленолом, в присутствии катализатора безводного хлористого алюминия.

Ксиленол из емкости подается в реактор, в котором происходит нагрев до 80°C. В аппарате предусмотрен контроль температуры, уровня с сигнализацией максимума и минимума. При достижении максимального уровня происходит отключение насосов и закрытие клапанов.

Роторно-плёночный испаритель представляет собой цилиндрический сосуд, на внутренних стенках и наружных поверхностях которого расположены нагревательные элементы. В сосуд помещается жидкость, подлежащая дистилляции, и устанавливается внутренний ротор, выполняющий функцию мешалки. Ротор вращается с высокой скоростью во время нагрева жидкости, обеспечивая тщательное перемешивание и испарение в процессе каждого оборота. Конструктивные узлы включают: ротор с плёночным элементом, корпус, источник тепла, систему удаления конденсата, управляемые узлы для подачи исходного материала и отбора парообразной фракции.

Все последующие процессы в реакторе осуществляются при постоянном перемешивании и атмосферном давлении. Перед подачей ксиленола реактор должен быть дважды продут азотом. Далее в реактор подается ксиленол. После загрузки ксиленола избыток азота должен быть стравлен. Затем в реактор из емкостей подается хлористый алюминий. Далее под слой реакционной смеси из емкости передавливанием азотом дозируется хлорокись фосфора.

После завершения реакции триксиленилфосфат-сырец (ТКФ-сырец) перекачивается насосом в промежуточный сборник.

В аппарате предусмотрен контроль температуры и уровня с сигнализацией максимума и минимума. При достижении максимального уровня происходит отключение насоса.

*Литература*

1. Технический регламент Предприятия по производству огнестойких жидкостей. Цех по синтезу технического триксиленилфосфата (ТКФ). РАБОЧАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ. Технологические решения. КПЭИ.1176.24-1/1-ТХ.

*Сосницкий А.С., Потуткин Р.М., Бегова А.В., Козлов А.М.*  
 (Новомосковский институт и РХТУ им. Д.И. Менделеева)

## **ПРИЧИНЫ ВЫХОДА ИЗ СТРОЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ КАРБАМИДА**

В производстве карбамида транспортировка водных растворов полуфабриката мочевины - водных растворов углеаммонийных слей с температурой порядка 90-110 °С осуществляется как плунжерными, так и центробежными насосами. При утечках рабочей среды через сальниковую набивку её темпера снижается, что сопряжено с кристаллизацией карбамида именно в мягкой сальниковой набивке, что ведёт к абразивному износу подвижных металлических частей насоса в месте уплотнения зазора между вращающимся валом (или возвратно-поступательным движением плунжера), поэтому с целью промывки уплотнения от кристаллов подаётся в сальниковый узел паровой конденсат.

Изучение износа проводилось на машине трения СМЦ-1 при скорости скольжения 1 м/с, удельном давлении на поверхность трения 0,87 Мн/м<sup>2</sup>. Износ определялся путём взвешивания образцов на аналитических лабораторных весах с точностью до 0,001 г. Образец был изготовлен из стали 08Х17Н15М3Т как в состоянии поставки, так и после поверхностного диффузионного упрочнения путём газового азотирования. Исследование показало, что при сухом трении скольжения стали 08Х17Н15М3Т по чугуну в интервале скоростей 3-9 м/с и давлении 0,5-1,5 Мн/м<sup>2</sup> наименьший износ наблюдался при скорости 7,7 м/с (Рис.2.), поэтому именно эта скорость и была выбрана для сравнительных испытаний в производственных средах.

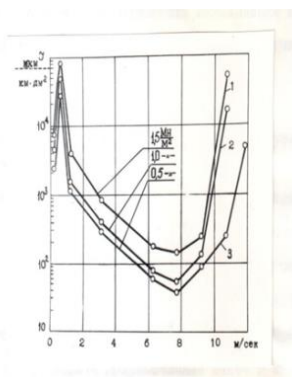


Рисунок 2. Интенсивность износа I стали 08Х17Н15М3Т в зависимости от скорости скольжения и удельного давления: 1,2,4 – в состоянии поставки; 3-азотированная.

*Бойцов К.А., Логачёв М.А., Бегова А.В., Козлов А.М.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)  
**ОБЗОР ПРИЧИН ВЫХОДА ИЗ СТРОЯ ОСНОВНЫХ  
ДЕТАЛЕЙ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ,  
ПРИМЕНЯЕМЫХ В ХИМИЧЕСКОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Как известно из литературных источников основными быстроизнашивающимися деталями в поршневых компрессорах являются: коленчатые валы, коренные и шатунные подшипники, шатунные болты, крейцкопфы, цилиндры, поршни и поршневые кольца, штоки и клапаны. Наименее изученными, на наш взгляд, являются штоки поршневых компрессоров.

Для целей исследования были обработаны результаты замеров штоков, выполненные работниками ремонтных служб промышленных предприятий за 5-летний период. Изучению износа подвергались штоки газовых компрессоров 2ШЛК-1420, 1Г-286/320, 6М40-320/320 где были обнаружены характерные признаки нарушения поверхности: неравномерность диаметра по длине хода штока в сальнике (Рис.1). Замеры производились микрометром в области уплотнительного узла через каждые 40 мм в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях с точностью 0,01мм.

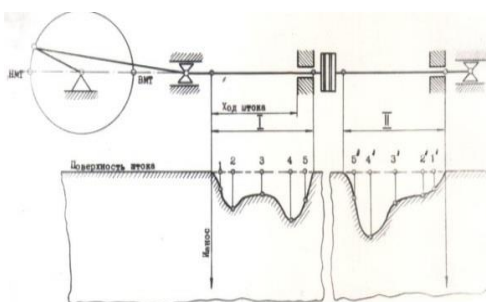


Рисунок 1. Схема износа штоков с подвешенными поршнями: I-зона работы штока в сальнике со стороны механизма движения; II-зона работы штока в выносном сальнике; ВМТ-внутренняя мёртвая точка; НМТ-наружная мёртвая точка.

*Калугин И.А.<sup>1</sup>, Каменский М.Н.<sup>2</sup>*  
(<sup>1</sup>ООО «Газпром добыча Ямбург»,

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

## **О ВОЗМОЖНОСТИ СОКРАЩЕНИЯ ВРЕМЕНИ ПРИ ДЕМОНТАЖЕ И МОНТАЖЕ НАСОСОВ В ПРОЦЕССЕ ПРОВЕДЕНИЯ РЕМОНТА**

При проведении капитальных и текущих ремонтов погружных насосов АРГ 50.19.09(ЕХ) приходится их извлекать из ёмкости на площадку обслуживания. Для этого необходимо нагнетающий трубопровод разорвать по фланцам в двух местах, так как насос с нагнетающим трубопроводом общей длиной 5,5 м полностью извлечь из ёмкости невозможно, при высоте самого блок-бокса внутри от пола до потолка 2,5м.

В работе предлагается установить штуцер на нагнетании насоса и в двух местах нагнетающего трубопровода сделать гибкие соединения с помощью гофрированных рукавов (рисунок 1).



Рисунок 1. Конструкция гибкого соединения трубопровода.

Работу по установке гибких соединений на нагнетающем трубопроводе насоса производит слесарь по ремонту технологических установок в защитных очках, каске, перчатках в антистатической специальной одежде и один газозлектросварщик в специальной одежде сварщика.

Это позволит при снятии насоса в ремонт во много раз сократить время на монтаж (демонтаж) насоса, не спускаться слесарям в ёмкость для рассоединения (соединения) фланцевой пары, так как за счёт двух гибких соединений достаточно верхнее соединение снять, а за счёт нижнего можно направлять нагнетающий трубопровод в дверной проём и поднимать (опускать) насос.

*Калугин И.А.<sup>1</sup>, Каменский М.Н.<sup>2</sup>*  
(<sup>1</sup>ООО «Газпром добыча Ямбург»,

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

## **УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕСТА УСТАНОВКИ ПОГРУЖНЫХ НАСОСОВ**

Метод установки погружных насосов АРГ 50.19/03(ЕХ) на днище в ёмкостях является безкрепёжным, то есть это тип насоса просто устанавливается на дно ёмкости, кабель подсоединяется к электропитанию, гибкий шланг к штуцеру трубопровода и насос включается в работу. Но у этого метода есть большой минус. При частом включении или выключении насоса, появляются большие моменты от центробежных сил перекачиваемой среды, и насос начинает хаотичное движение по днищу ёмкости, что приводит к механическому износу и утоньшению днища, что в последующем может привести к разгерметизации ёмкости и попаданию рабочей жидкости в окружающую среду.

В работе предлагается ликвидировать данный отрицательный момент при пуске и остановке насоса, то есть вообще убрать его движение по днищу ёмкости изготовив дополнительную противовесную установочную плиту и установив её в нижнюю часть насоса.

Работу по изготовлению этой плиты делает один слесарь по ремонту технологических установок пятого разряда за 4 часа рабочего времени, в защитных очках, каске, одетых перчатках в антистатической специальной одежде. Материал: фланец Ду 125, глухой фланец Ду 250, стойки из листового металла Ст 3 толщиной 10 мм, используется из демонтированного оборудования цеха осушки газа после модернизации оборудования в этом цеху.

Это позволит ликвидировать проблему разгерметизации ёмкости в нижней части за счёт механического износа днища ёмкости, а соответственно и попадания рабочей жидкости в окружающую среду. Так же отпадает еженедельное обслуживание насоса двумя слесарями по ремонту технологических установок в виде установки насоса на прежнее место в центре ёмкости.

*Бойцов К.А., Сосницкий А.С., Смирнов И.В., Логачёв М.А., Каменский М.Н.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

## **ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ КОНСТРУКЦИЙ МАШИН, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГАЗОВ**

К машинам, предназначенным для перемещения газов, в основном относят газодувки. Существует множество конструкций данных машин, но мы остановились на разработке модели центробежной газодувки, т.к. она отличается равномерной подачей газа (в отличие от поршневых) и представлена в машинном зале института. Центробежные газодувки применяются для подачи газа в технологическую линию, аэрации водоемов очистных сооружений, водоподготовки, пневмотранспорта и т.д. Из-за невысокой степени сжатия центробежные газодувки в основном используются для перемещения газа.

Для разработки конструкции основных элементов газодувки была выбрана система автоматизированного проектирования КОМПАС 3D V14 Home от Российской компании Ascon. Данная программа выполнена полностью на русском языке, имеет удобный интерфейс, а также содержит библиотеки готовых изделий, выполненных по российским стандартам (и что самое главное, лицензия данной программы абсолют-но бесплатна в течение года, и она полностью совместима с Windows 8).

В данной работе были спроектированы: корпус газодувки, крышка, газонаправляющий аппарат, ротор, подшипники качения, лабиринтные уплотнения, крепежные элементы. Проектирование в КОМПАС 3D V14 Home происходит путем построения двухмерного эскиза изделия с последующей перестройкой его в трехмерный с помощью стандартных функций.

При проектировании данных узлов и деталей были использованы стандартные функции САПР, такие как: «операция выдавливания», «выдавить вращением», «кинематическая операция», «выдавить по сечениям», «вырезать выдавливанием», «вырезать вращением», «линейный массив», «круговой массив», «зеркальный массив» и т.д.

Готовые узлы и детали с использованием функции «автосопряжения» были объединены в модели. Для некоторых деталей использовались функции ручного сопряжения: «совпадение», «касание», «соосность» и т.д.

В результате выполнения работы разработана готовая модель центробежной газодувки.

**ПРОЕКТ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ  
ДЕТАЛЕЙ ПОРШНЕВЫХ НАСОСОВ В АГРЕССИВНОЙ СРЕДЕ**

В соответствии с заданием на ВКР было предложено спроектировать лабораторную установку для исследования работоспособности деталей плунжерных насосов высокого давления, эксплуатируемых в различного рода агрессивных средах. Наиболее дорогостоящим и уязвимым элементом этих насосов является плунжер, поэтому при проектировании лабораторной установки было уделено внимание именно этой детали. Схема

установки представлена на рис. 1.

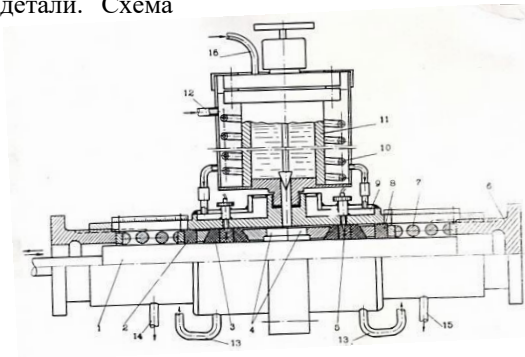


Рисунок 1.

Конструкция лабораторной установки для исследования плунжеров насосов в коррозионно активных средах: 1- плунжер; 2, 8 - направляющие кольца

из фторопласта; 3- уплотнительное кольцо сальника; 4 – упругие разжимные Т-образные кольца; 5 – карман для термопары; 6 – нажимная гайка (для дистанционного регулирования нажима предусмотрен пневматический привод поджатия через мембрану); 7 – тарированная пружина; 9 – рубашка для подачи обогревающей воды; 10 – нагреватель (водяной ТЭН); 11 – сосуд высокого давления с агрессивной средой; 12 – ввод воды в рубашку уплотнения для её обогрева; 13 – выход воды из рубашки; 14,15 – патрубки сбора утечек через уплотнение; 16 – вход сжатого азота для регулирования величины давления в ёмкости с агрессивной средой; 17 – клапан- регулятор подачи среды в узел уплотнения.

*Трифонов А.О., Суменков А.Л., Бегова А.В., Зимин А.И.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

## **РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ МОСТОВОГО КРАНА**

Мостовые краны являются основным грузоподъемным оборудованием производственных цехов. В качестве грузозахватного органа кранов служат: крюки, грейферы, электромагниты (мостовые краны общего назначения), захваты и другие специальные устройства (специальные мостовые краны).

Конструкция крана состоит из моста и перемещающейся по нему тележки. Мост крана состоит из двух пролетных балок и двух концевых балок коробчатого сечения, образующих жесткую раму. На концевых балках закреплены ходовые колеса, на которых мост перемещается по подкрановому пути. Два колеса моста приводные.

Тележка имеет стальную сварную раму, на которой установлены механизмы главного, вспомогательного подъемов и передвижения тележки. Ходовые колеса тележки оснащены предохранительными щитками. Тележка с двух сторон имеет ограждение, выполненное в виде перил. Для уменьшения динамической нагрузки на металлоконструкцию крана и на механизм главного подъема верхние блоки механизма смонтированы на щеках, который в свою очередь с помощью оси крепится к коромыслу. Коромысло опирается одним концом с помощью оси на опору, а вторым на четыре пружины. Пружины с коромыслом, шпильками прижаты к раме тележки. Механизм подъема состоит из электродвигателя, двух тормозов, редуктора, грузового барабана, канатов, крюковых подвесок, верхних блоков, трансмиссионных валов и зубчатых муфт. Канат крепится к барабану при помощи прижимных планок и болтов.

На поверхности барабана механизма подъема нарезаны винтовые канавки, обеспечивающие направление и однослойность навивки грузового каната.

Кабина управления предназначена для размещения в ней аппаратуры управления и является рабочим местом крановщика.

В кабине управления установлены: звуковой сигнал; кнопка включения звукового сигнала; аварийный выключатель; кнопка включения крана; блокировочный выключатель двери кабины; розетка ремонтного освещения; автоматические выключатели: отопления кабины, подкранового освещения, ремонтного освещения и освещения кабины; командоконтроллеры управления приводами механизмов тележки и крана.

*Лазарев М.А. Бегова А.В.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)  
**ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ БАШНИ  
ДЕХЛОРИРОВАНИЯ**

В основу технологического процесса производства хлора, водорода и натрия едкого технического положен электрохимический метод, основанный на пропускании постоянного электрического тока через водный раствор поваренной соли, в результате чего происходит его разложение.

Одна из основных стадий процесса – это обработка анолита (обесхлоривание солевого раствора). Основным оборудованием является башня дехлорирования.

Башня дехлорирования представляет собой вертикальный цилиндрический аппарат с плоскими крышкой и днищем, со слоем насадки. Хлор-газ из раствора удаляется за счет разряжения, создаваемого водокольцевым вакуумным насосом (один рабочий другой резервный).

Разрежение в трубопроводе отходящей парогазовой смеси автоматически регулируется клапаном и контролируется приборами с сигнализацией минимального и максимального значений.

Уровень в башне дехлорирования автоматически регулируется клапаном, установленным на линии подачи дехлорированного раствора в бак и контролируется прибором с сигнализацией минимального и максимального значений.

Для измерения рН раствора анолита перед башней предусмотрен узел отбора пробы с охлаждением. Проба отбирается из трубопровода перед башней и направляется в охладитель приборов. Температура анолита на выходе из охладителя контролируется прибором с сигнализацией максимального и минимального значений. В качестве хладагента используется вода оборотная. После охлаждения прибором измеряется рН. Далее проба направляется в трубопровод подачи анолита в емкость продувки. рН раствора анолита должен иметь значение 1,0-1,5. Для регулирования рН в трубопровод анолита перед башней дехлорирования подается 31 %-ый раствор соляной кислоты. Количество подаваемой кислоты автоматически.

Отходящая от башни парогазовая смесь поступает в конденсатор парогазовой смеси, где водяной пар в хлоре конденсируется. В качестве хладагента в конденсатор подается оборотная вода.

*Сосницкий А.С., Зимин А.И., Суменков А.Л.*  
 (Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И. Менделеева)  
**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОМ  
 РЕАКТОРЕ СИНТЕЗА НАНОПОРОШКОВ ОКСИДОВ  
 МЕТАЛЛОВ**

Процессы получения нанопорошков оксидов и нитридов в плазменных реакторах происходят обычно при высоких температурах, достигающих 2000 – 4000К. Измерить такие температуры в замкнутом объеме реакционной камеры достаточно сложно. Кроме того, отложения дисперсной фазы быстро покрывают все поверхности реакционной зоны и искажают результаты измерений.

Температура в реакторе может быть определена с помощью термодинамического расчета по формуле:

$$N + \sum_{j=1}^n J_{oi} G_{oi} = \sum_{j=1}^m J_{ki} G_{ki} + Q_{\text{пот}}$$

где:  $N$  – мощность плазменной струи;

$J_{oi}$  – энтальпия продуктов, вводимых в реактор;

$J_{ki}$  – энтальпия конечных продуктов;

$G_{oi}$  – расход исходных веществ;

$G_{ki}$  – количество получаемых продуктов;

$Q_{\text{пот}}$  – тепловые потери.

Левая часть приведенной зависимости может быть легко рассчитана для любого процесса, так как всегда известны температуры вводимых в реактор веществ. Температура реакции определяется, таким образом, из условия выполнения приведенного равенства. Если не учитывать тепловые потери, правая часть равенства легко может быть вычислена. Зная объем полученного продукта, рассчитывают его энтальпию, а затем температуру реакции.

Проведены расчеты температуры процесса синтеза нанопорошка двуокиси титана на промышленной плазмохимической установке. Процесс основан на сжигании паров четыреххлористого титана в кислородно-воздушной плазме, получаемой в высокочастотном индукционном плазмотроне. Мощность плазменной струи 24 кВт, расход

$$TiCl_4 - 120 \frac{\text{кг}}{\text{час}}; \text{расход } O_2 - \frac{14 \text{нм}^3}{\text{час}}; \text{расход воздуха} - \frac{25 \text{нм}^3}{\text{час}}; \text{количество получаемого диоксида титана} - \frac{50 \text{кг}}{\text{час}}.$$

Полученные данные необходимы для проведения исследований и выполнения расчетов плазмохимических реакторов.

УДК 66.02

*Сериков Д.В. Лобанов Н.Ф.*

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

### **ПОРЯДОК КОНСТРУИРОВАНИЯ ИОННООБМЕННЫХ ФИЛЬТРОВ**

Фильтр предназначен для удаления ионов кальция, магния и железа из природной воды при заданной производительности. Аппарат представляет из себя цилиндрическую емкость, заполненную ионообменной смолой с системами распределения исходной воды и раствора регенерации по сечению аппарата.

Для корпусов ионообменных аппаратов используются цилиндрические емкости с диаметром от 1 до 3 м. При рекомендуемой скорости фильтрации 20-30 м/час и средней жесткости исходной воды 50 мг солей жесткости на литр. Стандартные габариты фильтров позволяют выполнять обессоливание от 20 до 250 м<sup>3</sup>/час исходной воды на один аппарат. Как правило, фильтры диаметром 2-2,5 м устанавливаются параллельно друг другу. Они изготавливаются из углеродистой стали с противокоррозионной защитой внутренней поверхности. Для обеспечения периодичности регенерации смолы не чаще 2 раз в сутки последняя загружается слоем высотой не менее 2-2,5 м. При конструировании коллектора диаметр отверстий для подачи среды и шаг их размещения выбирается из условия обязательного обеспечения «подпора» даже в удаленных отверстиях.

Это условие соответствует превышению площади свободного сечения входного штуцера над общей площадью всех (n) сливных отверстий с диаметром ( $d_0$ ).

УДК 621.65.03

*Кудрявцев И.А., Козлов А.М.*

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

### **ПРОЕКТ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ МАТЕРИАЛОВ ВАЛОВ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ В АГРЕССИВНЫХ СРЕДАХ**

В соответствии с заданием для выпускной квалификационной работы по центробежным химическим насосам предстояло спроектиро-

вать лабораторную установку для тестирования работы различных конструкционных материалов, работающих в условиях действия агрессивных сред.

Для проведения вышеназванного исследования предложено сконструировать объёмную установку в виде ячейки, закрепляемой на корпусе машины СМЦ -1(Рис.1).

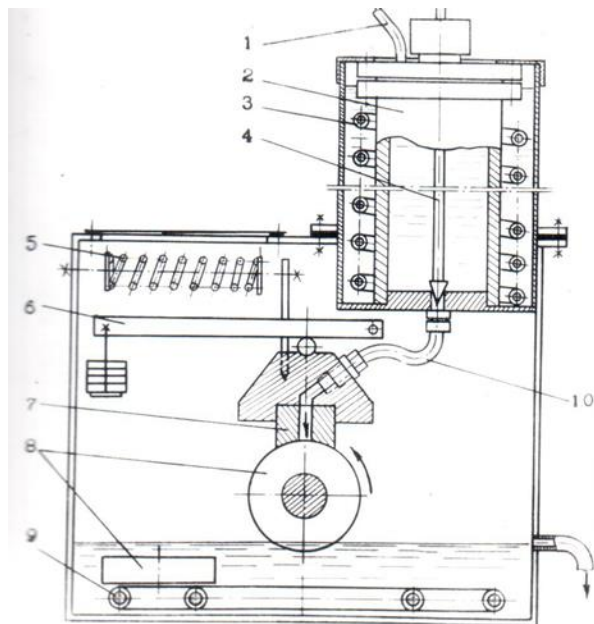


Рисунок 1.

Поз.1- ввод среды; 2- герметичный сосуд высокого давления; 3 и 9-нагреватели; 4-клапан регулирования расхода среды; 5- пружина; 6- нагружающее устройство; 7- контроллер (твёрдый сплав или инструментальная закалённая сталь с твёрдостью не менее HRC68-70); образец для испытаний конструкционных материалов; 8 - образцы из конструкционных материалов (нижний из них - образец-

свидетель); 10 - гибкий шланг.

*Научное издание*

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

**Химия, химическая технология и машиностроение**

Компьютерная верстка С.И. Сидельников

Редактор Туманова Е.М.

Подписано в печать 18.05.2026 г. Формат 60х841/16

Бумага «Комус». Отпечатано на ризографе.

Усл. печ. л. 5,75. Уч.- изд. л. 3,7.

Тираж 50 экз. Заказ № 86/59.

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет  
имени Д.И. Менделеева»  
Новомосковский институт (филиал). Издательский центр  
Адрес университета: 125047, Москва, Миусская пл., 9  
Адрес института: 301655 Тульская обл., Новомосковск, ул. Дружбы, 8