

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

*УСПЕХИ*  
*В ХИМИИ И ХИМИЧЕСКОЙ*  
*ТЕХНОЛОГИИ*

**Том XXXI**

**№ 5**

Москва  
2017

УДК 66.01-52  
ББК 24. 35  
У78

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

**Успехи в химии и химической технологии:** сб. науч. тр. Том XXXI,  
У78 № 5 (186). – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2017. – 122 с.

В сборник вошли статьи по актуальным вопросам в области теоретической и экспериментальной химии.

Материалы сборника были представлены для широкого обсуждения на XIII Международном конгрессе молодых ученых по химии и химической технологии «УССТ-2017», XXXI Международной конференции молодых ученых по химии и химической технологии «МКХТ-2017», ряде международных и российских конференций, симпозиумов и конкурсов, а также на интернет-сайтах.

Сборник представляет интерес для научно-технических работников, преподавателей, аспирантов и студентов химико-технологических вузов.

УДК 66.01-52  
ББК 24. 35

# Содержание

## **ИНЖИНИРИНГ ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ИННОВАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ЛОГИСТИКА РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИННОВАТИКА, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ В ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Смирнова Г.Е., Найденова Н.С., Османова О.С. <b>КАЧЕСТВО СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ....</b>	<b>7</b>
Горбик П.А., Захаров С.Л. <b>ПОДГОТОВКА ТЕХНОЛОГИИ К ВКЛЮЧЕНИЮ В СПРАВОЧНИК НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ. ОЧИСТКА ВОДЫ МЕТОДОМ УЛЬТРОФИЛЬТРАЦИИ И МИКРОФИЛЬТРАЦИИ В СОЧЕТАНИИ С ОБРАТНЫМ ОСМОСОМ .....</b>	<b>10</b>
Горбик П.А., Захаров С.Л. <b>СТАНДАРТИЗАЦИЯ В ОБЛАСТИ ОБЪЕКТОВ НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗДЕЛЕНИЯ .....</b>	<b>13</b>
Шумакова А.Д., Моргунова Е.П., Гартман Т.Н., Дмитриев Е.А. <b>ВЛИЯНИЕ БРЫЗГОУНОСА НА РАБОТУ РЕКТИФИКАЦИОННЫХ КОЛОНН С СИТЧАТЫМИ ТАРЕЛКАМИ.....</b>	<b>15</b>
Хоменков А.С., Ильина С.И. <b>ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ПРОЦЕССАХ РЕКТИФИКАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ .....</b>	<b>17</b>
Козлова О.А., Харитонов А.О. <b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАССЕВА ПРИ СОРТИРОВКЕ АЛМАЗНОГО СЫРЬЯ .....</b>	<b>20</b>
Козлова О.А., Харитонов А.О. <b>АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ПРОДУКЦИИ ПОСРЕДСТВОМ СОЗДАНИЯ ХРАНИЛИЩА ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯ.....</b>	<b>22</b>
Столыга И.А., Комарова С.Г. <b>ПРОЦЕДУРА СОЗДАНИЯ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА НА ПРЕДПРИЯТИИ.....</b>	<b>25</b>
Циркунова Н.А., Полякова Л.В. <b>АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ИЗМЕНЧИВОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ СОГЛАСНО ГОСТ Р ИСО 5725-3-2002 .....</b>	<b>28</b>
Циркунова Н.А., Полякова Л.В. <b>СОЗДАНИЕ ШАБЛОНА ПРОЦЕССА (ОКАЗАНИЕ УСЛУГ В ОБЛАСТИ МЕТРОЛОГИИ) С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ PDM STEP SUITE (PSS).....</b>	<b>31</b>

Аверина Ю.М., Зверева О.В.

**ОЦЕНКА ПРОЦЕССА РЕГЕНЕРАЦИИ КЕРАМИЧЕСКИХ МЕМБРАН НА  
ДЕЙСТВУЮЩЕМ ПРЕДПРИЯТИИ..... 34**

Григоренко Р.И., Давидханова М.Г., Грунский В.Н.

**ИССЛЕДОВАНИЕ АКТИВНОСТИ БЛОЧНЫХ КОБАЛЬТОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ  
НА ПРИМЕРЕ ОКИСЛЕНИЯ МОНООКСИДА УГЛЕРОДА ..... 37**

Дубко А.И., Юдин Н.В., Пинчук Ю.А., Обухов Е.О.

**ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОБЖИГА ПАЛЛАДИЕВОГО КАТАЛИЗАТОРА НА ЕГО  
АКТИВНОСТЬ В ПРОЦЕССЕ ГИДРИРОВАНИЯ П-НИТРОТОЛУОЛА ДО П-  
ТОЛУИДИНА ..... 40**

Сухоедова А.В., Богомолов Б.Б.

**АЛГОРИТМ ВЫБОРА ПОСТАВЩИКОВ СЫРЬЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТЕСТ-  
СИСТЕМ В БИОХИМИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ ..... 43**

Волкова А. Э., Абрашов А. А., Григорян Н. С., Ваграмян Т.А.

**ПАССИВАЦИЯ ОЦИНКОВАННОЙ СТАЛИ В TI-СОДЕРЖАЩИХ РАСТВОРАХ ..... 46**

Желудкова Е.А., Абрашов А.А., Григорян Н.С., Ваграмян Т.А.

**РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССА БЕСХРОМАТНОЙ ПАССИВАЦИИ ЦИНКОВЫХ  
ПОВЕРХНОСТЕЙ..... 49**

Дубко А.И., Юдин Н.В., Пинчук Ю.А., Обухов Е.О.

**ИССЛЕДОВАНИЕ АКТИВНОСТИ ПАЛЛАДИЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА  
КЕРАМИЧЕСКИХ НОСИТЕЛЯХ С ДОБАВКАМИ ОКСИДОВ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ  
ЭЛЕМЕНТОВ (ОРЗЭ)..... 52**

Махина В.С., Графушин Р.В., Винокуров Е.Г.

**ИНТЕНСИВНОСТЬ ИЗНОСА КОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ  
ПОКРЫТИЙ ХРОМ-ГРАФИТ ..... 54**

Прокофьева Т.А., Ростовцев Ф.А.

**РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ РЕГИОНАЛЬНОГО НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО  
ИННОВАЦИОННО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО КЛАСТЕРА НА ПРИМЕРЕ ОМСКОЙ  
ОБЛАСТИ..... 57**

Калайда Т.А., Графушин Р.В.

**ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОДХОД ДЛЯ РАСЧЕТА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ  
ИЗМЕРЕНИЯ ..... 61**

Заболотная Е.В., Луговой Ю.М., Трохин В.Е.

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ РАЗРАБОТКА АНАЛИЗА РАСТВОРИТЕЛЕЙ МЕТОДОМ  
ГАЗОЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ ..... 64**

Гордиевская Ю.И.

**АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ КРЕКИНГА ТЯЖЁЛЫХ НЕФТЯНЫХ  
ОСТАТКОВ ..... 67**

Латина М.А., Фарносова Е.Н.

**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ШАХТНЫХ ВОД... 70**

Артемьев А.И.

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА  
ФОТОИЗОБРАЖЕНИЙ ..... 73**

Балашова Е.Ю., Фарносова Е.Н. <b>АНАЛИЗ СОСТАВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕРАБОТКИ ПОПУТНЫХ НЕФТЯНЫХ И ПЛАСТОВЫХ ВОД</b> .....	76
Лысикова Е.А., Ванчурин В.И., Караченко О.И. <b>ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩИЙ КАТАЛИЗАТОР ДЛЯ ДЕГИДРИРОВАНИЯ ЦИКЛОГЕКСАНОЛА В ЦИКЛОГЕКСАНОН</b> .....	79
Пай М. О. <b>РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ УЗЛА АБСОРБЦИИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ГАЗА ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ КОНДЕНСАЦИИ МЕТАНА</b> .....	82
Комарова А.Д., Григоренко Р.И., Давидханова М.Г., Грунский В.Н. <b>ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ВЫСОКОПОРИСТЫХ ЯЧЕЙСТЫХ НОСИТЕЛЕЙ КАТАЛИЗАТОРОВ</b> .....	85
Костеров Д.А., Сидорова А.А. <b>ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА БУТИЛИРОВАННОЙ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ</b> .....	88
Горюнова А.И., Комарова С.Г. <b>ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ «О БЕЗОПАСНОСТИ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ»: ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ, РАЗРАБОТКА, ВНЕДРЕНИЕ</b> .....	91
Петрова Н.А., Журавлева Е.С., Комарова С.Г. <b>ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНАЯ МАРКИРОВКА ХИМИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ</b> .....	95
Петрова Н.А., Журавлева Е.С., Невмятуллина Х.А. <b>СТАНДАРТИЗАЦИЯ И КАЧЕСТВО ЖИЗНИ</b> .....	98
Скарлат Д.М., Годяев А.В., Невмятуллина Х.А. <b>СТАНДАРТИЗАЦИЯ В НАНОИНДУСТРИИ</b> .....	101
Шевцова С.И., Зубарев А.М., Меньшиков В.В. <b>ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ ИННОВАЦИОННОГО ИНЖИНИРИНГОВОГО ЦЕНТРА ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ</b> .....	105
Карпухин М.С., Немеш К.З., Комарова С.Г. <b>УСКОРЕННОЕ РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ БАЗЫ ДОКУМЕНТАЦИИ</b> .....	108
Немеш К.З., Карпухин М.С., Комарова С.Г. <b>СЕРТИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ НА ПРИМЕРЕ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА</b> .....	110
Касьянов В.К., Зубарев А.М., Богомолов Б.Б., Меньшиков В.В. <b>СТРУКТУРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОГО ИНЖИНИРИНГОВОГО ЦЕНТРА</b> .....	113
Царева А.М., Ходченко С.М. <b>АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА НА ОСНОВЕ СОЗДАНИЯ ГАЗОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ КЛАСТЕРОВ</b> .....	115
Скарлат Д.М., Годяев А.В., Комарова С.Г. <b>ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ РЫБНОЙ ПРОДУКЦИИ</b> .....	118

**ИНЖИНИРИНГ  
ЭНЕРГОРЕСУРСΟΣБЕРЕГАЮЩИХ  
ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И  
ИННОВАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ  
ЛОГИСТИКА  
РЕСУРСΟΣБЕРЕЖЕНИЯ,  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИННОВАТИКА,  
СТАНДАРТИЗАЦИЯ И  
СЕРТИФИКАЦИЯ В ХИМИЧЕСКОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

УДК 006.06

Смирнова Г.Е., Найденова Н.С., Османова О.С.

## КАЧЕСТВО СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ

**Смирнова Галина Егоровна**, к.х.н., доцент кафедры стандартизации и инженерно-компьютерной графики,  
**Найденова Надежда Сергеевна**, магистрант 1 курса факультета инженерной химии (ФИХ); e-mail:  
nnaidenova94@mail.ru,

**Османова Ольга Сергеевна**, студент 4 курса факультета инженерной химии (ФИХ);  
Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия  
125047, Москва, Миусская площадь, дом 9

*Прочность, устойчивость и долговечность определяют качество и безопасность аэродромных покрытий. Эти показатели, зависят, в том числе, от состава и качества используемых при строительстве, ремонте и реконструкции материалов. Качество исходных строительных материалов и готовых цементобетонных и асфальтобетонных конструкций аэродромных покрытий регламентируется стандартами и определяется в испытательных лабораториях, имеющих соответствующую область аккредитации.*

**Ключевые слова:** качество строительных материалов, аэродромные покрытия.

## QUALITY OF BUILDING MATERIALS FOR AERODROME COATINGS

Smirnova G.E., Naydenova N.S., Osmanova O.S.

D.I. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

*Strength, stability and durability determine the quality and safety of aerodrome coatings. These indicators depend on the composition and quality used in the construction, repair and reconstruction of materials. The quality of the initial building materials and finished cement-concrete and asphalt-concrete structures of aerodrome coatings is regulated by standards and is determined in testing laboratories that have a corresponding area of accreditation.*

**Keywords:** quality of building materials, aerodrome coatings.

Одним из условий экономического роста страны, конкурентоспособности национальной экономики является развитие транспортной инфраструктуры.

Федеральный закон от 9.02.2007 г. № 16-ФЗ «О транспортной безопасности» (ред. от 6.07.2016 г.) определяет объекты транспортной инфраструктуры как технологические комплексы, включающие в себя, в том числе, «аэродромы, аэропорты, объекты систем связи, навигации и управления движением транспортных средств».

В Федеральном законе указывается, что требования к транспортной безопасности объектов транспортной инфраструктуры, формируются, в том числе, на этапе их проектирования и строительства и подлежат нормативно-правовому регулированию в сфере строительства, архитектуры, градостроительства.

Современный аэродром является сложным комплексом инженерных сооружений, включающим искусственные покрытия, служебно-техническую территорию, коммуникации, радиотехническое и светосигнальное оборудование. Основной элемент аэродрома - взлетно-посадочные полосы (далее ВПП) с искусственными покрытиями [1].

Перед началом строительства ВПП снимают грунт и удаляют рыхлую породу, заменяя её на более прочные материалы. Таким образом, подготавливают необходимое основание в форме «корыта», в которое укладывают геотекстиль, а сверху насыпают песок. Затем следует ещё один

слой геотекстиля с расположенным на нём щебнем. Поверх щебня укладывается бетон толщиной до 25 см. Финишным слоем является слой прочного марочного бетона толщиной в 40 см. Между слоями бетона располагают геомембрану. Такая сложная конструкция значительно увеличивает срок службы ВПП, предотвращая её деформацию и проникновение влаги, и позволяет воспринимать и выдерживать значительные нагрузки от воздушного транспорта [2].

В своде правил, СП 121.13330.2012 «Аэродромы. Актуализированная редакция СНиП 32-03-96», аэродромные покрытия определяются как конструкции, воспринимающие нагрузки и воздействия от воздушных судов, эксплуатационных и природных факторов.

Аэродромные покрытия состоят из верхнего и нижнего слоев, которые, в свою очередь, могут быть многослойными. Верхние слои непосредственно воспринимают нагрузки от колес воздушных судов, воздействия природных факторов (переменного температурно-влажностного режима, многократного замораживания и оттаивания, влияния солнечной радиации, ветровой эрозии), тепловые и механические воздействия газоздушных струй авиационных двигателей и механизмов, предназначенных для эксплуатации аэродрома, а также воздействие антигололедных химических средств. Нижние слои (искусственные и грунтовые основания), обеспечивают совместно с покрытием

передачу нагрузок на грунтовое основание, а также могут выполнять дренажные, противозаиливающие, термоизолирующие, противопучинные, гидроизолирующие и другие функции [3].

Прочность, устойчивость и долговечность, в зависимости от гидрогеологических условий эксплуатации, определяют качество и безопасность аэродромных покрытий. Эти показатели, зависят, в том числе, от состава и качества используемых при строительстве, ремонте и реконструкции материалов.

Например, авторы публикации Каргин Р.В. и др. отмечают, что для обеспечения долговечности асфальтобетонных покрытий и слоев усиления, применительно к аэродромам, необходимо осуществить подбор оптимального состава и толщины асфальтобетона [4].

Со временем в процессе эксплуатации на аэродромном покрытии могут возникнуть такие дефекты как:

- шелушение поверхности из-за периодических механических нагрузок и многократных циклов замораживания и оттаивания;
- раковины и выбоины вследствие

динамических нагрузок газоздушных струй от двигателей воздушных судов;

- трещины из-за воздействия сульфатов и щелочно-силикатной реакции;
- разрушение бетонных плит в результате силовых нагрузок;
- просадки и проломы плит из-за потери несущей способности грунта основания.

Известно, что срок службы асфальтобетонного покрытия взлетно-посадочных полос и других элементов аэродрома составляет 10 лет, цементобетонного - 20-25 лет [5].

Основные положения Федеральных законов «О техническом регулировании», «О радиационной безопасности населения», Технических регламентов о безопасности зданий и сооружений и требованиях пожарной безопасности, стандартов, сводов правил и других документов, в частях, регламентирующих безопасность строительных материалов, рассмотрены авторами настоящей статьи в предыдущих публикациях [6,7,8].

В таблице 1 представлен перечень некоторых действующих стандартов на материалы различных марок, используемые при сооружении аэродромных покрытий.

**Таблица 1. Перечень действующих стандартов на материалы различных марок.**

Номер государственного стандарта	Название стандарта
ГОСТ 10178-85	«Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия».
ГОСТ 30515-2013	«Цементы. Общие технические условия».
ГОСТ 8736-2014; ГОСТ 8735-88	«Песок для строительных работ. Технические условия»; «Песок для строительных работ. Методы испытаний».
ГОСТ 5180-2015; ГОСТ 25584-90	«Грунты. Методы определения физических характеристик»; «Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации».
ГОСТ 8269.0-97 ГОСТ 8267-93	«Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний»; «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия».
ГОСТ 26633-2015; ГОСТ 10180-2012; ГОСТ 18105-2010; ГОСТ 28570-90	«Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия»; «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам»; «Бетоны. Правила контроля и оценки прочности»; «Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобраным из конструкций».
ГОСТ 9128-2009	«Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия».

Постановлением Правительства РФ от 01.12.2009 г. № 982 установлено, что большинство видов цемента (портландцемент, цемент глиноземистый, цемент шлаковый, цемент суперсульфатный и аналогичные гидравлические цементы, неокрашенные или окрашенные, готовые или в форме клинкеров) подлежат подтверждению соответствия в виде обязательной сертификации. Для строительных материалов, не вошедших в перечни [9], на каждую партию оформляются документы о качестве, содержащие результаты приемосдаточных испытаний [7].

Подтверждение соответствия строительных

материалов, используемых в аэродромных покрытиях, требованиям стандартов проводят в испытательных лабораториях, аккредитованных на техническую компетентность в соответствии с требованиями ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий» и СДА-15-2009 «Требования к испытательным лабораториям». СДА-15-2009 (действует до февраля 2018 г.) устанавливает требования к испытательным лабораториям (ИЛ), которые проходят аккредитацию в Единой системе оценки соответствия в области промышленной,

экологической безопасности в энергетике и строительстве.

Такие испытательные лаборатории проводят испытания не только строительных материалов непосредственно в начале строительных работ, но и осуществляют контроль качества уже готовых конструкций, например, цементобетонных и асфальтобетонных конструкций аэродромных покрытий.

Методы испытаний в этих лабораториях позволяют определять, например:

- тонкость помола сыпучих материалов;
- предел прочности при изгибе и сжатии для готовых изделий из цемента;
- зерновой состав, содержание пылевидных и глинистых частиц, влажность, плотность, химический состав для песка;
- зерновой состав, содержание пылевидных и глинистых частиц, дробимость, содержание слабых пород, пористость, водопоглощение, сопротивление удару для щебня;
- плотность, влажность, водопоглощение, пористость, морозостойкость, прочность по образцам, отобранным из конструкции бетона;
- состав асфальтобетона.

По результатам испытаний выдается документ «Протокол испытания». Протоколы испытаний являются основанием для оформления документов подтверждения соответствия.

Без оценки качества и безопасности строительных материалов мы рискуем получить некачественный продукт, имеющий скрытые, не идентифицированные дефекты, которые в последствие становятся «бомбой» замедленного действия и могут привести как к экономическим проблемам, так и к проблемам, связанным непосредственно с жизнью и здоровьем людей. Взлётные массы современных самолётов могут превышать 250 тонн, но ещё более значительные нагрузки создаются при посадке воздушных судов с массой более 150 тонн. При такой значительной грузонапряженности свойства покрытий взлётно-посадочных полос должны соответствовать заданным характеристикам, так как даже незначительные изменения в них могут привести к непроизвольному отклонению траектории движения воздушного судна от заданной, что с учетом скорости движения на взлёте и посадке (приблизительно 250 км/ч) неизбежно приведёт к авиационному происшествию.

Фрагменты некачественных аэродромных покрытий в виде мелких камней при движении воздушных судов могут засасываться в газоздушный тракт двигателей, что приводит к их повреждению и значительным экономическим издержкам (задержка рейса, досрочная замена двигателя, локальный ремонт).

Контроль качества строительных материалов достигается при разработке и осуществлении комплекса взаимосвязанных мероприятий, подкрепленного требованиями, содержащимися в соответствующей нормативной документации. Качественные строительные материалы обеспечивают длительную и безопасную эксплуатацию строительных объектов различного назначения.

#### Список литературы

1. Кульчицкий В.А., Макагонов В.А., Васильев Н.Б. Аэродромные покрытия. Современный взгляд. М.: Физматлит, 2002. - 525 с.
2. Строительство аэродромов. Взлетно-посадочная полоса. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://timenerud.ru/stati/stroitelstvo\\_aerodroma\\_vpp/](http://timenerud.ru/stati/stroitelstvo_aerodroma_vpp/) (дата обращения: 13.05.17).
3. СП 121.13330.2012. Аэродромы. Актуализированная редакция СНиП 32-03-96. Введ. 2013-01-01. М.: Минрегион России, 2012.
4. Каргин Р.В., Каргина Д.Р., Чернецкая С.В. Сравнительный анализ нормативных требований к асфальтобетонным покрытиям автомобильных дорог и аэродромов // Интернет-журнал «Науковедение», том 8, №6 (2016). URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/72TVN616.pdf> (дата обращения: 13.05.17).
5. Борзова А.С., Железная И.П., Анализ состояния инфраструктуры аэропортов московского авиационного узла // Научный Вестник МГТУ ГА.- 2013 г. - № 197 - с.107-110.
6. Смирнова Г.Е., Найденова Н.С., Невмятулина Х.А. Техническое регулирование в области строительных материалов // Научный, производственно-экономический журнал «Экономика строительства». – 2017 г. - №2 (44) март-апрель. - с. 68-75.
7. Смирнова Г.Е. Османова О.С. Техническое регулирование в строительстве аэродромных сооружений // Сборник научных трудов «Успехи в химии и химической технологии». - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2017.
8. Смирнова Г.Е., Найденова Н.С. Радиационная безопасность строительных материалов // 2-я Международная научно-практическая конференция молодых ученых по проблемам техносферной безопасности.: материалы конференции.- М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2017.
9. Постановление Правительства РФ от 01.12.2009 № 982 (ред. от 26.09.2016) «Об утверждении единого перечня продукции, подлежащей обязательной сертификации, и единого перечня продукции, подтверждение соответствия которой осуществляется в форме принятия декларации о соответствии».

УДК: 006.015.5: 628.161.1

Горбик П.А., Захаров С.Л.

## ПОДГОТОВКА ТЕХНОЛОГИИ К ВКЛЮЧЕНИЮ В СПРАВОЧНИК НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ. ОЧИСТКА ВОДЫ МЕТОДОМ УЛЬТРОФИЛЬТРАЦИИ И МИКРОФИЛЬТРАЦИИ В СОЧЕТАНИИ С ОБРАТНЫМ ОСМОСОМ

**Горбик Полина Александровна**, студентка 1 курса магистратуры, факультета инженерной химии, e-mail [elaiza08@mail.ru](mailto:elaiza08@mail.ru);

**Захаров Станислав Леонидович**, д.т.н., доцент, профессор кафедры стандартизации и инженерно-компьютерной графики, [staszaharov@yandex.ru](mailto:staszaharov@yandex.ru)

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия 125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

*Проблема очистки сточных вод, на сегодняшний день, так или иначе, стоит практически во всех областях человеческой деятельности. Особенно остро она выражена в энергетике, химической промышленности, пищевой промышленности, и хозяйственно-питьевом сегменте водоснабжения. Стабильность работы мембранных установок по получению чистой воды зависят во многом от качества предподготовки воды перед стадией обратного осмоса (ОО). Микрофильтрация (МФ) и ультрафильтрация (УФ) позволяют ускорить и упростить стадию предварительной очистки, в результате чего стоимость эксплуатации установки снижается. В сравнении с традиционными методами предочистки, МФ и УФ более экономичны и эргономичны, что позволяет говорить о включении данной технологии в справочник наилучших доступных технологий (НДТ).*

**Ключевые слова:**наилучшие доступные технологии, обратный осмос, нанофильтрация, нанопористые мембраны.

## THE TRAINING TECHNOLOGY TO INCLUDE IN THE BREF. WATER PURIFICATION METHOD OF ULTRAFILTRATION AND MICROFILTRATION IN COMBINATION WITH REVERSE OSMOSIS

Gorbik P.A., Zaharov S.L.

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

*The problems of purification of water media are today present in practically all spheres of human activity. They are the most critical in power engineering, chemical industry, food industry, and utility and potable water supply. Resistibility and stability of operation of membrane units for getting depend largely on the quality of preconditioning of the water before stage reverse osmosis (ro). Microfiltration (MF) and ultrafiltrate (UF) can accelerate and simplify the pre-treatment stage, resulting in the cost of exploitation of the installation is reduced. In comparison with the traditional methods of pre-treatment, MF and UF are more economical and more ergonomic, which suggests the inclusion of this technology in the guide of best available technologies (BAT).*

**Keywords:** best available technology, reverse Osmos, nanofiltration, nanoporous membrane.

### Введение

В рамках включения технологии в справочник наилучших доступных технологий стоит задача приведения технологии к соответствующим требованиям[1-3].

Наилучшая доступная технология (НДТ) - «технология производства продукции (товаров), выполнения работ, оказания услуг, определяемая на основе современных достижений науки и техники, и наилучшего сочетания критериев достижения целей охраны окружающей среды, при условии наличия технической возможности её применения»[4].

Наилучшие доступные технологии, в контексте нормативно-правовых актов ЕС, призваны стать элементом более качественного и экономически обоснованного контроля и предотвращения эксплуатации; негативного воздействия на окружающую среду с учетом особенностей конкретной отрасли методов; промышленности.

Справочник НДТ является документом по стандартизации, разработанным в результате

анализа технологических, технических и управленческих решений, применяемых при очистке вод.

При определении технологических процессов, оборудования, технических способов, методов в качестве наилучшей доступной технологии их проверяют на соответствие следующим критериям:

-наименьший уровень негативного воздействия на окружающую среду в расчете на единицу времени или объем производимой продукции (товара), выполняемой работы, оказываемой услуги либо соответствие другим показателям воздействия на окружающую среду, предусмотренным международными договорами РФ;

-экономическая эффективность внедрения и

-применение ресурсо- и энергосберегающих

-период внедрения;

-промышленное внедрение технологических процессов, оборудования, технических способов,

методов на двух и более объектах в РФ, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду[5].

Предлагаемая нами технология удовлетворяет требованиям НДТ, и может войти в соответствующий справочник.

В мировой практике, в последние годы, на некоторых крупных установках стали применяться так называемые интегрированные мембранные системы (IMS), которые сочетают в себе микрофильтрацию (МФ) или ультрафильтрацию (УФ) с обратным осмосом (ОО) или нанофильтрацией (НФ). С их помощью достигается более высокая степень очистки входящего водного потока. Такие установки позволяют отфильтровывать отдельные молекулы загрязняющих веществ. Это позволяет получать воду более высокой степени очистки. Таким образом, появляется возможность работы с более совершенными установками, при сниженных удельных издержках. С помощью обратного осмоса можно удалять следы солей и растворенных органических веществ, которые остаются в воде, подвергнутой традиционной обработке (физико-химической, биологической или адсорбционной). Например, в США путем применения обратного осмоса к сточным водам, подвергнутым биологической очистке с предварительной физико-химической очисткой, была доказана возможность использования этой воды для пополнения водоисточников, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения. В подобных случаях степень очистки может превосходить 92% по остаточной ХПК, 95% по фосфатам и 90% по нитратам при полной дезинфекции этой воды. При этом очень важно, чтобы обрабатываемая вода подвергалась надежной и интенсивной предварительной физико-химической очистке.

УФ и МФ мембраны широко используются в связи с их высокой химической и физической стойкостью, но для заключительной стадии очистки такие мембраны не подходят, в связи с крупным размером пор. При этом существует возможность их очистки и использования в рецикле, что делает их более эффективными, чем традиционные методы очистки (двойная фильтрация, осаждение). Замена классической схемы предочистки воды на

предлагаемую – непрерывную предварительную УФ или МФ в сочетании с ОО – позволит исключить использование химических реагентов, снизить капитальные и эксплуатационные затраты, автоматизировать процесс, повысить срок эксплуатации[2].

Стоимость внедрения подобной схемы не мала, однако, в перспективе, процесс, организованный следующим образом, оправдан экономически.

Все вышеперечисленное позволяет говорить о включении предлагаемой схемы предочистки воды в справочник наилучших доступных технологий по воде.

#### Материалы и методы исследований

Непрерывная предварительная МФ или УФ позволяет снизить потребность в мембранах для ОО установки на 20%, а так же существенно упростить процесс предварительной очистки воды, попутно снижая эксплуатационные расходы. Как было установлено, непрерывная предварительная МФ или УФ более экономична, чем традиционные методы предочистки в течение всего срока службы, особенно когда входящий поток сильно загрязнен взвешенными твердыми веществами и коллоидами. В настоящее время в промышленности применяются два метода фильтрации жидкостей с использованием мембранной технологии:

- тупиковая фильтрация без промывки;
- фильтрация в проточном режиме.

Тупиковая фильтрация, в свою очередь, эргономична, но ресурс ее фильтрующего элемента невелик.

Поточная фильтрация обеспечивает значительно больший срок работы элемента, но и большую энергоемкость.

Логично было бы попробовать создать процесс, объединяющий плюсы обоих типов очистки.

В результате проведенных исследований был разработан такой фильтрующий элемент и технология его применения, позволяющая получать не менее 95% очищенной воды из исходного потока, при этом 5% фильтрата используются для гидродинамической регенерации фильтра.

В таблице 1 представлены результаты работы элемента на основе трековой мембраны (1 мкм) по очистке проточной воды.

Таблица 1. Результаты испытаний фильтрующего элемента «Трековая мембрана», 1 мкм

Рабочее давление, атм	Количество полученного фильтрата, л	Производительность до промывки, л/ч	Производительность после промывки, л/ч	Мутность исходной воды, мг/л по каолину	Селективность по мутности, %
1,0	2000	209	242	1,52	83,8
1,0	3000	211	254	1,61	92,4
1,5	4000	175	264	0,98	89,6
1,5	5000	187	211	1,05	88,2
1,0	6000	178	264	1,14	90,1
1,5	7000	197	253	1,28	86,2
1,0	8000	187	234	1,32	82,9
1,0	9000	199	276	1,01	90,4

На пилотной установке было получено 9м3 фильтрата (при эффективной поверхности мембраны 1м2), после этого элемент был вскрыт и осмотрен для определения количества загрязнений на поверхности мембраны. Были обнаружены незначительные следы загрязнений.

Как непрерывная МФ, так и УФ способствовали снижению мутности воды более, чем на 90-92%, в то время как с использованием традиционных методов предварительной очистки, рекомендуемых в справочнике НДТ, эта цифра составляет примерно 84%.

Так, непрерывные МФ и УФ приводят к снижению уровня загрязнения входящего потока взвешенными частицами и бактериями до уровня, при котором эксплуатация НФ системы становилась непрерывной в течение 3-5 дней между химическими очистками. Для пилотной установки, также, потребовалось на 25% меньше площади, чем для высокоэффективной традиционной системы, и в будущем, эта разница должна увеличиться на 30-40%. Предлагаемая установка соответствует требованиям эргономичности.

Современные стандарты устанавливают минимальные требования к качеству воды на достаточно высоком уровне, что обуславливает высокую сложность, стоимость и длительность процесса. В связи с этим довольно часто получается так, что в попытке сократить издержки, на установки ОО подается недостаточно очищенная вода, что приводит к частому загрязнению мембраны. Или, от процессов ОО и НФ отказываются вообще, в попытке достичь требуемой степени очистки иными путями, не всегда оправданными экономически или технологически.

Для некоторых стоков, инвестиционные расходы и усложненная процедура делают практически неосуществимой или непрактичной предварительную очистку исходных потоков НФ и ОО системы с применением традиционных процессов, такими, как их рекомендует соответствующий справочник НДТ.

Полученная нами в результате использования предложенной схемы очищенная вода соответствует требованиям Российских законодательных актов, а так же СанПин 2.1.4.1074-01 «Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества»

Использование технологии интегральной мембранной системы позволяет решить каждую конкретную задачу на каждом предприятии индивидуально, поскольку в зависимости от среднего размера загрязняющих частиц в фильтрующем элементе на стадии предочистки применяется либо МФ мембрана с заданным размером пор, либо УФ мембрана с определенным порогом задержания органических веществ. Это является несомненным преимуществом предлагаемой технологии.

#### Выводы

Метод предварительной УФ или МФ в сочетании с ОО позволяют снизить стоимость очистки. По сравнению с традиционными методами очистки, предложенная технология показывает более высокую производительность.

Установка обладает высоким показателем эргономичности. Так же снижены временные затраты на технологическое обслуживание. Реже требуется замена фильтрующего элемента ОО.

Полученная в результате такой очистки вода соответствует всем требованиям по безопасности.

Все вышеперечисленное позволяет предположить скорое внесение данной технологии в справочник наилучших доступных технологий.

#### Список литературы

1. Redondo J.A. Brackish-, sea- and waste- water desalination – Desalination №138 (2001) p.29-40.
2. Предподготовка воды в энергетике. / В.Г. Дзюбенко, А.И. Бон, Н.И. Солодихин, В.П. Дубяга / Мембраны – 2004, Тезисы Всероссийской научной конференции. – М.: Владимир, 2004 – С. 52
3. Метод подготовки воды при помощи ультра- и микрофльтрации. / И.М. Савков, С.Л. Захаров / Природообустройство 4'2016. – М.: Москва, 2016 – С. 26
4. ФЗ от 21 июля 2014 года № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон Об охране окружающей среды».
5. Постановление Правительства РФ от 23.12.2014 N 1458 "О порядке определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям"

УДК: 006.015

Горбик П.А., Захаров С.Л.

## СТАНДАРТИЗАЦИЯ В ОБЛАСТИ ОБЪЕКТОВ НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗДЕЛЕНИЯ

**Горбик Полина Александровна**, студентка 1 курса магистратуры, факультета инженерной химии, e-mail [elaiza08@mail.ru](mailto:elaiza08@mail.ru);

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия 125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

**Захаров Станислав Леонидович**, д.т.н., доцент, профессор кафедры стандартизации и инженерно-компьютерной графики, [staszaharov@yandex.ru](mailto:staszaharov@yandex.ru)

*Исследование показало, что задачи стандартизации стояли на всех этапах становления отечественных объектов нанотехнологического разделения (ОНТР), сопутствуя развитию нового научного направления. Основная проблема заключалась в том, что развитие нанотехнологии разделения сдерживалось долгим отсутствием перспектив получения стабильных экспериментальных данных. И, поэтому, достижение стабильных характеристик ОНТР, и, соответственно, возможность их стандартизировать, лежало в основе открытия нового отечественного научного направления. Стандарты по ОНТР разрабатывались и разрабатываются на основе стабильно-надежных функциональных данных и передового опыта. Они создавались как на материальную составляющую (продукцию, образцы веществ), так и на нормы и правила. При этом вектор развития нового направления определялся в совокупности со стабильноориентированными, поддающимися стандартизации экспериментальными данными.*

**Ключевые слова:** стандартизация, нанотехнологии, развитие научного направления.

## STANDARTIZATION IN THE FIELD OF NANOTECHNOLOGY DIVISION

Gorbik P.A., Zaharov S.L.

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

*The study showed that the task of standardization was standing at all stages of the formation of domestic objects nanotechnology division waiting on the development of a new scientific direction. The main problem was that the development of the region was constrained by the long absence of prospects of obtaining stable experimental data. And achievement of stable characteristics and the ability to standardize was the basis of the opening of new domestic research areas. The standards were designed and developed on the basis of stable-reliable functional data and best practices. They were created for the material component on the rules and regulations. The vector of development new direction amenable to standardization of experimental data.*

**Keywords:** standardization, nanotechnologies, development of a scientific direction.

Задачи стандартизации стояли на всех этапах становления отечественных объектов нанотехнологического разделения (ОНТР), сопутствуя развитию нового научного направления. [1-3].

Применительно к ОНТР, стандартизация развивалась и продолжает развиваться по следующим направлениям:

- традиционная стандартизация (организуется и осуществляется в России в соответствии с конституцией РФ (ст. 71), законом РФ «о стандартизации» от 1 июля 2016г) – устанавливает правовые обязательные для всех предприятий и предпринимателей, и определяет меры государственной защиты потребителей посредством разработки и применения нормативных документов по стандартизации.

- образовательная (организуется и осуществляется в России в соответствии со ст. 43

Конституции и федеральными законами «Об образовании», «О высшем и послевузовском профессиональном образовании»);

- медицинская (организуется и осуществляется в исполнении федерального закона «О государственной системе здравоохранения»).

Поскольку стандартизация устанавливает и применяет нормы и правила с целью упорядоченной деятельности в определенной области ОНТР на пользу и при участии всех заинтересованных сторон, то, соответственно, она основывается на объединенных достижениях науки в области процессов разделения и передового опыта. Это определяет вектор не только настоящего, но и будущего развития научного направления.

Так как стандартизация является плановой деятельностью по установлению обязательных правил, норм и требований, выполнение которых обеспечивает оптимальное качество продукции,

повышение эффективности труда и использования ресурсов при соблюдении требований безопасности. И, поэтому, достижение стабильных характеристик ОНТР, и, соответственно, возможность их стандартизации, лежит в основе открытия нового отечественного научного направления.

Стандарты по ОНТР разрабатывались и разрабатываются на основе функционально-связанных, но в тоже время стабильных данных. Они разрабатывались как на материальную составляющую (продукцию, образцы веществ), так и на нормы и правила.

Цели и задачи, стоящие перед стандартизацией в области процессов нанотехнологического разделения, следующие: повышение качества продукции и работ и удержание его на оптимальном уровне; увязка требований к продукции с запросами оборонной промышленности страны; создание условий для экспорта высококачественных товаров; обеспечение взаимозаменяемости продукции; обеспечение охраны здоровья населения, охраны природы, а также повышение эффективности использования природных ресурсов.

Так как одной из основных задач национальной системы стандартизации является разработка мер по повышению эффективности и улучшение качества продукции, экономичности ее производства при комплексной и опережающей стандартизации, то выполнение этих задач с точки зрения ОНТР сопровождалось скорейшему признанию нового научного направления и его развития.

В силу специфики отрасли ОНТР руководство стандартизацией осуществлялось совместно с базовыми организациями, выделяемыми из ведущих научно-исследовательских, проектно-конструкторских организаций и предприятий, научно-исследовательских и конструкторских отделов по стандартизации в НИИ, КБ при ВУЗах.

Объектом исследования стандартизации процессов нанотехнологического разделения была конкретная продукция или конкретный производственный процесс.

Конкретная продукция характеризуется определенными конструктивно-технологическими решениями, конкретными значениями нормируемых показателей, а так же конкретными показателями уровней качества. Конкретный производственный процесс в ОНТР это процесс, используемый для производства или восстановления конкретной продукции, к примеру, воды.

В различных ситуациях возникает необходимость идентификации конкретного объекта, например, схема ультрафильтрации или установка обратного осмоса. Так, для решения задач материально-технического обеспечения необходимо получить информацию о конкретных марках,

полностью их идентифицирующую, что позволит сделать рациональный выбор и принять решение о производстве той или иной продукции ОНТР. Идентификация объектов осуществлялась как с помощью уникальных наименований, так и с использованием цифровых обозначений. Основным сдерживающим фактором в развитии отечественной нанотехнологии разделения являлось именно долгое отсутствие перспектив в осуществлении единой классификации продукции.

Для классификации объектов использовались иерархический и фасетный методы.

Иерархический метод характеризуется последовательным разделением исходного множества на подмножества. Так, для ОНТР разделение происходит в следующей последовательности:

-определяется множество полупроницаемых объектов, которое необходимо классифицировать для решения конкретных задач;

-выделяются основные показатели, по которым будет осуществлено разделение на подмножества (в данном случае - размер пор);

- выбирается порядок следования признаков.

Фасетный метод классифицируется тем, что основное множество объектов делится на независимые множества, обладающие определенными заданными признаками, необходимыми для решения конкретных задач. Особенность метода состоит в том, что он формируется от «частного к общему», и его основным преимуществом является гибкость, которая позволила систематизировать объекты ОНТР по необходимому набору признаков.

Однако, специфика ОНТР делала не простым процесс систематизации и кодирования объектов.

Нами был сделан вывод, что преимущество иерархической классификации заключается в ее логичности и высокой приспособленности для ручной обработки информации. Однако, ей присуща малая гибкость структуры. И, такой метод нам подходит в большей степени чем фасетный, в связи с большим разнообразием объектов классификации.

### Список литературы

1. Стандартизация, метрология и сертификация: Учебник. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Юрайт-Издат. 2005. — 345 с.
2. Дыгнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. Часть 2. Массообменные процессы и аппараты Учебник для вузов. Изд. 2-е. В 2-х кн. М.: Химия, 1995.—368 с.: ил.
3. ФЗ РФ № 162 «О стандартизации» от 1 июля 2016г

УДК 66 – 93

Шумакова А.Д., Моргунова Е.П., Гартман Т.Н., Дмитриев Е.А.

**ВЛИЯНИЕ БРЫЗГОУНОСА НА РАБОТУ РЕКТИФИКАЦИОННЫХ КОЛОНН С СИТЧАТЫМИ ТАРЕЛКАМИ**

Шумакова Анастасия Дмитриевна\*, студентка кафедры информатики и компьютерного проектирования, e-mail: anastasiashum1@yandex.ru

Моргунова Елена Павловна, профессор, к.т.н., декан факультета инженерной химии

Гартман Томаш Николаевич, профессор, д.т.н., заведующий кафедрой информатики и компьютерного проектирования

Дмитриев Евгений Александрович, профессор, д.т.н., заведующий кафедрой процессов и аппаратов химической технологии

Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева, Москва, Россия

125047, Москва, Миусская пл. д. 9

В работе проведен расчет числа ситчатых тарелок ректификационной колонны с помощью программы, разработанной на кафедре процессов и аппаратов Российского химико-технологического университета имени Дмитрия Ивановича Менделеева при различных значениях брызгоуноса. Оценено влияние брызгоуноса на эффективность работы колонны.

**Ключевые слова:** ректификация, ситчатые тарелки, эффективность ступени по Мэрффри, обратное перемешивание, брызгоунос.

**INFLUENCE OF THE SPARGER ON THE WORK OF RECTIFICATION COLUMN WITH SIEVE TRAYS**

Shumakova A. D.\*, Morgunova E. P., Gartman T. N., Dmitriev E. A.

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

In this work we have the calculation of the number of sieve plates distillation column that was done by using the program developed by the Department of processes and apparatus MUCTR at various values of brythons. Established the effect of brythonic on the efficiency of the column.

**Keywords:** rectification, sieve plates, efficiency of the stage on Merfrie, reverse interfusion, brythonic.

В работе была проведена оценка влияния брызгоуноса жидкости на высоту тарельчатой ректификационной колонны с ситчатыми тарелками. Оценка проводилась на примере расчета разделения бинарной смеси метилацетат-бензол, производительность по исходной смеси 2,25 кг/с, содержание легкого компонента в исходной смеси – 35 % массовых, в дистилляте 98 % и в кубовом остатке 0,8 %. Давление в колонне 760 мм.рт.ст.

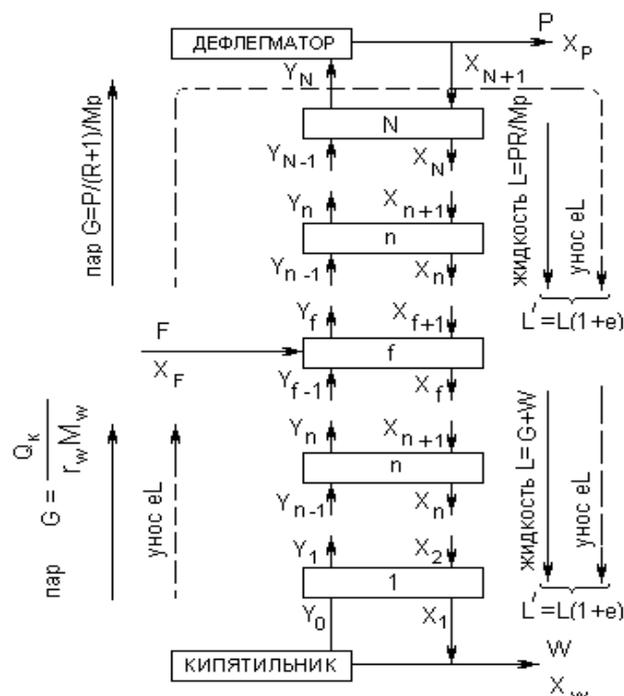
Расчет числа тарелок и положение тарелки питания проводился методом потарельчатого расчета – путем последовательного определения состава пара и жидкости, уходящих со всех тарелок, начиная с нижней (первой) тарелки. При расчете использовалась компьютерная программа, разработанная на кафедре Процессов и аппаратов химической технологии доцентом Ю. Н. Ковалевым [1]. Модель ректификационной колонны, положенная в основу расчетов приведена на рис.1.

При расчете принимались допущения:

1. Постоянство мольных расходов пара и жидкости для каждой части колонны.

2. Брызгоунос жидкости постоянен для каждой части колонны. Предполагалось, что над верхней тарелкой вся уносимая жидкость отделяется от пара и возвращается в колонну, при этом расход жидкости, стекающей с тарелки на тарелку увеличивается на величину  $eL$ , где  $L$  - мольный

расход жидкости в отсутствие уноса;  $e$  – величина уноса в кмоль/кмоль расхода жидкости.



**Рис. 1. Модель тарельчатой ректификационной колонны:  $G$  и  $L$  - мольные расходы пара и жидкости, соответственно,  $y_n$  и  $x_n$  - мольные доли более летучего компонента, соответственно, в паре и жидкости, выходящих с  $n$ -ой тарелки.**

3. Влияние уноса на работу колонны оценивалось по методу Кольбуна [2] в соответствии с которым увеличение расхода жидкости за счет уноса в уравнениях материального баланса не учитывается, но вводится поправка в величину эффективности тарелок в соответствии с уравнением:

$$E'_{MY} = \frac{E_{MY}}{1 + eE_{MY}}, (1)$$

4. Эффективность тарелок  $E_{MY}$  рассчитывалась на основе модели идеального вытеснения для паровой фазы и диффузионной модели для жидкой фазы.

5. Для укрепляющей части использовалось уравнение:

$$x_{n+1} = \frac{G}{L} y_n - \frac{x_p}{R}, (2)$$

Для исчерпывающей

$$x_{n+1} = \frac{G}{L} y_n - \frac{x_w}{1 + R_1}, (3)$$

где  $R_1$  – нижнее (паровое) флегмовое число, равное отношению мольного расхода пара в исчерпывающей части колонны к мольному расходу куб. остатка,  $x_p$ ,  $x_w$  -- мольные доли более летучего компонента в дистилляте и кубовом остатке.

Ордината точки пересечения рабочих линий опер равна:

$$y_{пер} = \frac{Rx_w + (1 + R_1)x_p}{1 + R + R_1}, (4)$$

6. Плотность пара  $\rho_y$  на всех тарелках рассчитывается по уравнению Клапейрона-Менделеева при составе пара, поступающего на тарелку:

$$\rho_y = \frac{pM}{RT}$$

7. Вязкость пара  $\mu_y$  рассчитывается для состава пара, поступающего на данную тарелку по уравнению [2]:

$$\mu_y = \frac{y\mu_1}{y + (1 - y)\Phi_1} + \frac{(1 - y)\mu_2}{(1 - y) + y\Phi_2}, (5)$$

где  $\mu_1$  и  $\mu_2$  - вязкости, соответственно, более и менее летучего компонента при средней температуре в данной части колонны;  $y$  – мольная доля более летучего компонента в паре

$$\Phi_1 = \frac{\left[1 + \sqrt{\frac{\mu_1 \sqrt{\mu_2}}{\mu_2 \sqrt{\mu_1}}}\right]}{\sqrt{8 \left(1 + \frac{M_1}{M_2}\right)}}, (6) \quad \Phi_2 = \Phi_1 \frac{M_1 \mu_2}{M_2 \mu_1}, (7)$$

где  $M_1$  и  $M_2$  – молекулярные массы более и менее летучего компонента.

Плотности жидкой фазы  $\rho_x$  принимались постоянными в пределах укрепляющей или исчерпывающей частей колонны, а коэффициенты диффузии, как для паровой, так и жидкой фазы одинаковыми для всей колонны.

8. Состав пара, поступающего на нижнюю тарелку и состав жидкости, стекающей с нижней тарелки, принимаются одинаковыми с составом кубового остатка.

В результате предварительного расчета была выбрана ситчатая тарелка ТС-Р, со стандартным диаметром 1,4 м. Расчет составов пара и жидкости на каждой тарелке включал в себя:

- 1) Расчет равновесной концентрации  $y^*(x_n)$
- 2) Расчет эффективности тарелки по Мерффри, выраженной по паровой фазе  $E'_{MY}$
- 3) Расчет состава пара, уходящего с данной тарелки:

$$y_n = y_{n-1} + E'_{MY} [y^*(x_n) - y_{n-1}], (8)$$

- 4) Для всех тарелок, кроме последней, рассчитывался состав поступающей на нее жидкости по уравнению (2) или (3).

Расчет числа тарелок проводился при различных значениях брызгоуноса от 0 до 0,5. Результаты расчетов для тарелки питания приведены в таблице 1.

Таблица 1. Влияние брызгоуноса на параметры работы ректификационной колонны с ситчатыми тарелками

$e$	0	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$n_{0Y}$	1,0620	1,0843	1,1205	1,1652	1,2264	1,2829	1,3413
$E'_{MY}$	0,8480	0,8215	0,7884	0,7424	0,6967	0,6549	0,6186
Требуемое число тарелок	22	23	24	25	27	28	30

Как следует из представленных данных, увеличение обратного перемешивания (брызгоуноса) приводит к снижению движущей силы и следовательно к увеличению общего числа единиц переноса по паровой фазе  $n_{0Y}$ , а  $E'_{MY}$  уменьшается.

Показано, что увеличение брызгоуноса отрицательно сказывается на работе тарельчатой колонны, эффективность понижается, что приводит

к необходимости увеличивать число контактных устройств.

#### Список литературы

1. Борисов Г.С., Брыков В.П. и др. под редакцией Дытнерского Ю.И., Процессы и аппараты химической технологии // Пособие по проектированию. Химия, - 1983 - 701с.
2. Шервуд Т, Пикфорд Р.Л., Уилки У. Массопередача, пер. с англ., Химия, - 1982.

УДК 621.577

Хоменков А.С., Ильина С.И.

**ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ПРОЦЕССАХ РЕКТИФИКАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ****Хоменков Алексей Сергеевич**, студент 1 курса магистратуры факультета инженерной химии РХТУ им. Д.И. Менделеева;**Ильина Светлана Игоревна**, к.т.н., доцент кафедры процессов и аппаратов химической технологии РХТУ им. Д.И. Менделеева, e-mail: [electis@yandex.ru](mailto:electis@yandex.ru);

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия 125047, Москва, Миусская пл. 9

*Рассмотрены различные варианты технологических схем с применением тепловых насосов в ректификационных установках. Сделан вывод о необходимости пересчета и оценки эффективности с учетом современных цен на энергоносители и оборудование.*

**Ключевые слова:** энергосбережение в процессах ректификации, тепловой насос.

**ENERGY SAVING IN DISTILLATION PROCESS WITH HEAT PUMP**

Khomenkov A.S., Il'ina S.I.

D. I. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

*The paper considers different variants of technological schemes with application of heat pumps in distillation units. The conclusion about the necessity of recalculating and evaluating effectiveness in light of modern energy prices and equipment.*

**Keywords:** energy saving in the processes of rectification, heat pump.

С каждым годом возрастает внимание к проблемам, связанным с экологией и охраной природного наследия, так в России 2017 год объявлен годом экологии (указ Президента РФ от 5 января 2016 г. N 7). Одним из решений возникших проблем является уменьшение потребления полезных ископаемых, что одновременно позволит и сохранить природные ресурсы, и снизить загрязнение атмосферы продуктами сжигания органического топлива. Этот аспект лежит в основе развития энергетики, экономики, экологической защиты отдельно взятой страны и мира в целом. Особое внимание приковано к химической промышленности, как к крупному потребителю данных ресурсов, к таким энергоемким процессам как сушка, выпарка, ректификация и т.д.

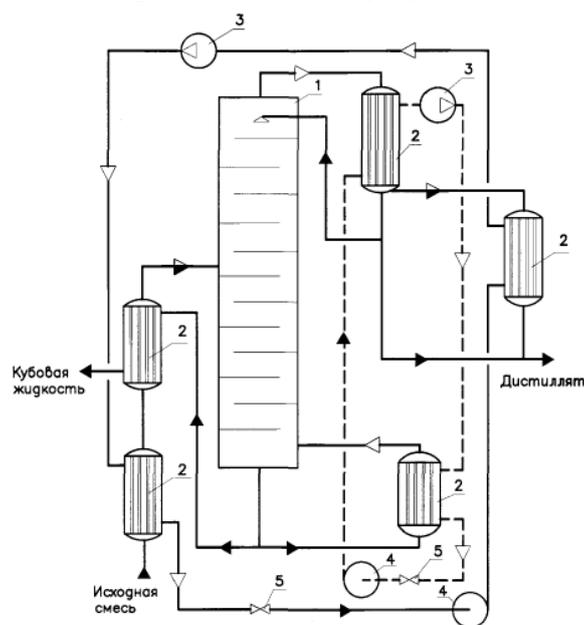
Во всех развитых странах мира разрабатываются различные схемы с использованием эффективного энергосберегающего оборудования для данных процессов. Так широкое применение в химической промышленности нашли технологии с использованием тепловых насосов.

Одним из энергоемких процессов является ректификация. В данном процессе с целью рекуперации энергии и повышения энергоэффективности, преимущественно применяют схемы с тепловыми насосами, где источником низкопотенциального тепла выступают пары дистиллята [1].

Существует несколько различных схем ректификационных установок с тепловыми

насосами. Главное их различие в максимально допустимой разнице температур между верхом и низом колонны и необходимостью использования промежуточного теплоносителя.

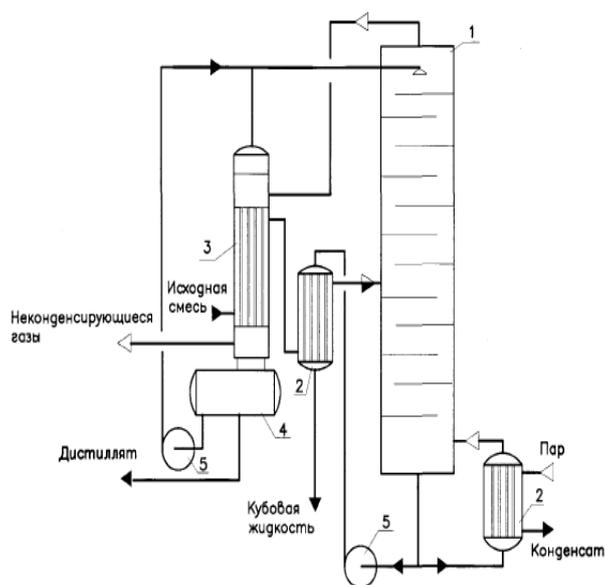
Наиболее простой в исполнении и с минимальными капитальными затратами является установка, представленная на рисунке 1.



**Рис.1.** Ректификационная установка с тепловым насосом без промежуточного теплоносителя [1]:  
1 – ректификационная колонна, 2 – теплообменник, 3 – компрессор, 4 – насос, 5 – дроссель

Для обеспечения нагрева куба колонны тепловой насос использует низкопотенциальное тепло паров дистиллята. Особенностью данного варианта является отсутствие промежуточного теплоносителя и возможность использования только при незначительной разности температур низа и верха ректификационной колонны (не более 15–20°C).

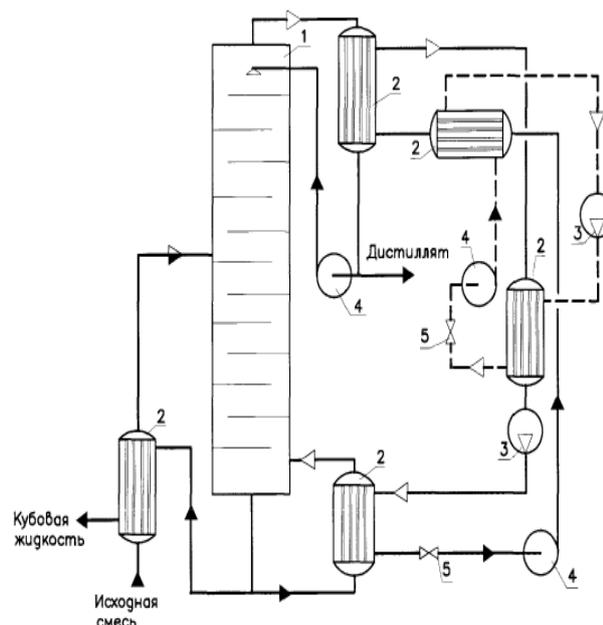
Существенно снизить энергопотребление позволяет схема с использованием двух тепловых насосов, приведенная на рисунке 2. Такое исполнение позволяет более полно утилизировать тепловую энергию дистиллята, используя ее для нагрева куба ректификационной колонны и разделяемой исходной смеси.



**Рис.2. Ректификационная установка с применением промежуточного теплоносителя [1]:** 1 – ректификационная колонна, 2 – теплообменник, 3 – компрессор, 4 – насос, 5 – дроссель

Упростить аппаратное оформление ректификационной установки, снизить капитальные затраты на установку, повысить ее надежность позволяет применение жидкостно-газового (парового) эжектора в качестве компрессора для повышения теплового потенциала паров дистиллята (рис.3).

При этом эжектор одновременно является дефлегматором паров дистиллята и подогревателем исходной смеси. Нагрев кубовой жидкости в данной схеме также может осуществляться с помощью трубчатой печи, что позволяет использовать данную схему в высокотемпературных процессах разделения применяемых в нефтепереработке.



**Рис.3. Ректификационная установка использующая жидкостно-газовый эжектор [1]:** 1 – ректификационная колонна, 2 – теплообменник, 3 – многосопловый эжектор, 4 – сепаратор, 5 – насос

Самой распространенной схемой по своей простоте и стоимости реализации является схема с использованием одного парокompрессионного теплового насоса (рис.4). Сверху колонны пары подаются на линию всасывания компрессора 3, где сжимаются примерно в 1,7-2 раза, при этом температура паров повышается на 30–40°C, что позволяет использовать эту теплоту для нагрева куба колонны. После прохождения куба поток охлаждается в холодильнике оборотной водой и дросселируется до значения давления вверх колонны, при этом температура его снижается. Часть жидкости подается насосом на орошение колонны, а часть в виде дистиллята отправляется в хранилище [2].

Согласно [1] на данной установке возможно получение разности температур между низом и верхом колонны в 25–35°C при высоком термическом КПД тепловых насосов. Основная проблема при проектировании этой схемы состоит в правильном подборе промежуточных теплоносителей [1]. Но как показывают рассчитанные полученные данные в источниках [2,3] максимальная разность температур, при которой колонна остается экономически эффективной 10–16°C.

При этом анализ параметров и технико-экономических показателей данной схемы на примере разделения смеси пропилен-пропан [3] показал, что экономия эксплуатационных затрат для схемы с тепловым насосом по сравнению с традиционной для производительности 288 тыс.тонн/год составляет 75-77%, при этом срок окупаемости составляет 1,08 и 0,83 года для схем при P=1,9 МПа и 0,86 МПа соответственно. Оптимальная температура верха и низа колонны принимается равной 24°C и 14°C соответственно.

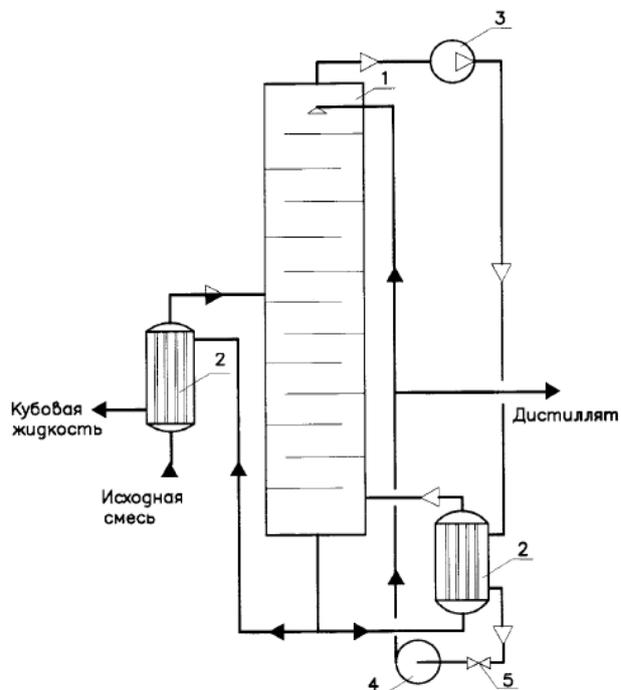


Рис. 4. Ректификационная установка с последовательным включением тепловых насосов [1]:  
1 – ректификационная колонна, 2 – теплообменник, 3 – компрессор, 4 – насос, 5 – дроссель

При моделировании разделения с применением теплового насоса этой же смеси с помощью программы HYSIS [2] производительностью 240 тыс. т/год также были определены оптимальные технологические параметры: давление в колонне — 0,94 МПа, температура сверху колонны — 16,1°C, внизу — 33,2°C. Результаты моделирования процесса ректификации с использованием компрессионного теплового насоса показали, что по сравнению с базовым вариантом тепловая нагрузка на конденсатор-холодильник снизилась в 5,5 раза, нагрузка на кипятильник — на 18%, удельные эксплуатационные затраты — более чем в 2 раза. Окупаемость данного решения составит менее 1,7 года.

На основании данных литературных источников был сделан вывод о том, что в качестве наиболее общего критерия, ограничивающего область применения технологических схем с применением тепловых насосов в ректификации, отмечается максимальная разность температур верха и низа ректификационной колонны, равная 30°C. Для высокопроизводительных установок разделения близкокипящих компонентов смеси, эта цифра обычно принимается не более 10°C [2,3,4].

По нашему мнению данное утверждение носит временной характер. Приведенные расчеты были сделаны более 30-ти лет назад, следовательно, ввиду изменяющихся цен на энергоносители, они требуют перепроверки. Кроме того, помимо разности температур в верхней и нижней части колонны, на стоимость оказывает непосредственное влияние производительность. Для окончательной оценки эффективности работы установки с тепловым насосом требуется технико-экономический анализ, учитывающий все виды затрат [5].

### Список литературы

1. Ящук В. М., Залипаева О. А., Филимонова Д. С. Применение тепловых насосов в ректификационных установках // ИЗВЕСТИЯ ВолгГТУ. - 2014. - №1(128). - С 133-136.
2. Лебедев Ю. Н., Александров И. А., Зайцева Т. М. Ректификация смесей близкокипящих компонентов с использованием тепловых насосов// Химия и технология топлив и масел. - 2010. - №4(560). - С 10-13.
3. Александров И.А., Ефремов Г.И., Брюзгинов Е.В. Энергосберегающие технологии и оборудование. Применение теплового насоса в процессах ректификации // Энергосбережение и водоподготовка. - 2007. - №1(45). - С 33-36.
4. Александров И.А. Перегонка и ректификация в нефтепереработке. - М.: Химия, 1981 – с 304.
5. Бродянский В.М. Эксергетический метод термодинамического анализа. – М.: Энергия, 1973. - 298с.

УДК 735.29.(32)

Козлова О.А., Харитонов А.О.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАССЕВА ПРИ СОРТИРОВКЕ АЛМАЗНОГО СЫРЬЯ

**Козлова Оксана Александровна\***, студентка 1 курса магистратуры факультета Инженерной химии РХТУ им. Д. И. Менделеева, Россия, г. Москва. \* e-mail: ksushka-supper@mail.ru

**Харитонов Александр Олегович**, профессор, д. т. н, заведующий кафедрой Стандартизации и инженерно-компьютерной графики РХТУ им. Д. И. Менделеева, г. Москва.

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

*В работе представлена методика определения оптимальных параметров работы вибрационного ситового грохота при осуществлении процесса сортировки алмазного сырья. Методика основана на использовании метода математического планирования экспериментов, при этом в качестве варьируемых параметров принимали амплитуду колебания сита и вес партии алмазов при отсеивании, а функцией отклика являлось время, затраченное на выполнение процесса сортировки. Выполнен анализ влияния варьируемых параметров на изменение продолжительности технологического процесса.*

**Ключевые слова:** рассев, сортировка, вибрационный грохот, математическое планирование экспериментов.

## DETERMINATION OF THE PARAMETERS OF THE SCREENING WHEN SORTING ROUGH DIAMONDS

Kozlova O.A., Kharitonov A.O.\*

\*D.I. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia.

*The paper presents the method of determining the optimum working parameters of vibrating sieve screen in the process of sorting of diamond raw materials. The technique is based on the method of mathematical planning of experiments. As variable parameters were taken the amplitude of the sieve and the weight of a batch of diamonds at the screening. The response function was the time it took to complete the sorting process. The analysis of the impact of varied parameters on the change in the length of the process.*

**Keywords:** sieving, sorting, vibrating screen, mathematical planning of experiments

Предварительная подготовка сырья в горнорудной, металлургической, химической и других отраслях промышленности включает в себя разделение всего объема сыпучего материала на фракции по величине геометрического размера частиц. В случаях, когда безусловным требованием является отсутствие в надрешётном продукте подрешетного, применение вибрационных ситовых грохотов среди сухих способов сортировки наиболее распространено. Конструктивное исполнение промышленных вибрационных ситовых грохотов позволяет в качестве управляющего параметра использовать только величину амплитуды колебаний просеивающей поверхности сита. Использование преобразователей для изменения частоты колебаний является экономически нецелесообразным, так как приводит к резкому увеличению потерь в электрических цепях. При больших объемах производства сокращение времени на подготовку сырья может привести к существенному уменьшению затрат и повышению экономической эффективности всего производства. Поэтому вопрос определения оптимальной величины амплитуды колебания просеивающей поверхности виброгрохота является актуальным и

составляет предмет исследования, результаты которого представлены в данной работе.

При заданной влажности сырья и его температуре очевидной является зависимость времени, необходимого для осуществления полного отсеивания порции сыпучего материала от величины амплитуды колебания просеивающей поверхности виброгрохота и размеров частиц материала. Технологически еще одним фактором, влияющим на временные затраты, является масса порции материала принятого к отсеиванию. Таким образом, в терминах метода математического планирования экспериментов процесс сортировки сыпучего материала на виброгрохотах в рамках данной работы характеризовали двумя варьируемыми параметрами – величиной амплитуды  $A$  колебаний просеивающей поверхности и массой  $Q$  порции материала, при этом функцией отклика является время  $T$  отсеивания.

Методика определения значений варьируемых параметров  $A$  и  $Q$ , при которых функция отклика  $T$  достигала бы своего минимума, была реализована применительно к изучению процесса сортировки алмазного сырья на вибрационном ситовом грохоте «Анализетте 3». Технологическая инструкция Гохрана России регламентирует процесс отсеивания алмазного сырья следующими условиями. Для

алмазного сырья условно-ситовых классов (-12+11), (-11+9), (-9+7), (-7+6), (-6+5), (-5+4), (-4+3), (-3+2), (-2+1), (-1+0,5), (-0,5) отклонение массы навески, предназначенной для сортировки на вибрационном ситовом грохоте «Анализетте 3» не должно превышать 5% от массы навески. На этом виброгрохоте можно провести сортировку крупных и мелких материалов. К крупным материалам относится алмазное сырье следующих условно-ситовых классов: (-12+11), (-11+9), (-9+7), (-7+6), (-6+5), (-5+4), (-4+3). Масса навески алмазного сырья для сортировки в этом случае составляет 300 карат (60 граммов). К мелким материалам относится алмазное сырье таких условно-ситовых классов, как: (-3+2), (-2+1), (-1+0,5), (-0,5). Масса навески АС для сортировки составляет 700 карат (140 граммов). Порцию алмазного сырья определенного условно-ситового класса насыпают на верхнее сито из мерного стакана. Мерный стакан заполняют алмазным сырьем на 0,5 массы навески, предназначенной для сортировки. Учитывая отклонение в 5%, масса порции (в граммах) для мелкого материала может колебаться в пределах от 28,5 до 31,5, а для крупного - от 66,5 до 73,5. Возможные затраты времени на рассев в зависимости от размеров частиц материала, величины амплитуды колебаний просеивающей поверхности виброгрохота и массы порции алмазного сырья в представлении в таблице 1.

Таблица 1. Параметры рассева алмазного сырья

Параметры рассева	Мелкий материал	Крупный материал
Время рассева, мин	15-20	10-20
Амплитуда колебаний, мм	1,5-2,5	2,5-3
Значения массы порции алмазного сырья, г	28,5; 28,8; 30,0; 30,2; 30,4; 30,6; 31,0; 31,5	66,5; 67,5; 68,5; 69,5; 70,0; 71,5; 72,5; 73,5

Практика эксплуатации вибрационного ситового грохота «Анализетте 3» для сортировки алмазного сырья позволила установить, что продолжительность рассева находится в примерной пропорции со значением массы алмазного сырья при расसेве. Влияние величины амплитуды колебаний просеивающей поверхности на время рассева более сложное и поэтому оно устанавливалось прямым измерением в опытах.

Статистический анализ приведенных данных, выполненный с использованием программы Statistica, позволил получить в форме квадратичного уравнения регрессии (1) зависимость времени рассева  $T$  от величины амплитуды  $A$  колебаний просеивающей поверхности и массы  $Q$  порции материала:

$$T=715,5834-15,1725Q-149,0397A+0,0854Q^2+1,5212Q*A+7,7106A^2, (1)$$

где  $T$  - время рассева, мин;

$Q$  - масса порции алмазного сырья, г;

$A$  - величина амплитуды колебаний просеивающей поверхности виброгрохота, мм.

Анализ полученного уравнения свидетельствует о десятикратном превышении влияния на время  $T$  рассева величина амплитуды колебаний  $A$  просеивающей поверхности виброгрохота по сравнению с влиянием величины массы  $Q$  порции алмазного сырья. Последнее объясняется тем, что изменения массы порции алмазного сырья незначительны и не превышают 5%, определенных технологической инструкцией.

Условный минимум поверхности функции отклика смещается в направлении больших значений амплитуды  $A$  колебаний просеивающей поверхности и меньших масс  $Q$  порций алмазного сырья (рис. 1).

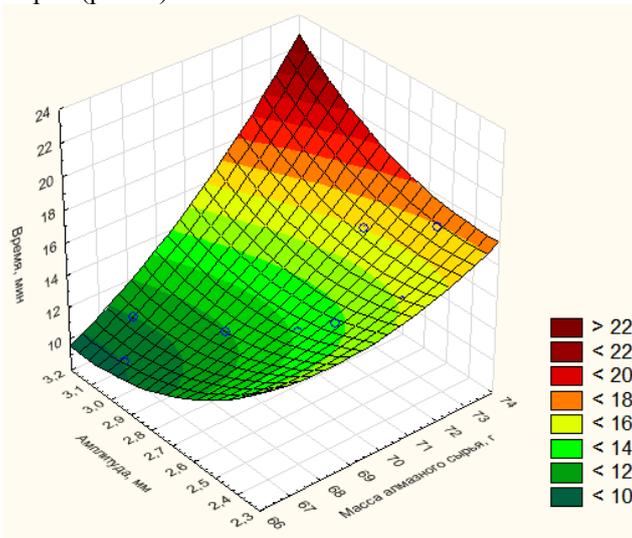


Рис.1. Поверхность функции отклика

Использование предложенной методики определения параметров рассева при сортировке сыпучих материалов позволит уменьшить время технологического процесса и сократить тем самым расходы на подготовку сырья.

УДК 65.011.56

Козлова О.А., Харитонов А.О.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ПРОДУКЦИИ ПОСРЕДСТВОМ СОЗДАНИЯ ХРАНИЛИЩА ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

**Козлова Оксана Александровна**, студентка 1 курса магистратуры факультета Инженерной химии РХТУ им. Д. И. Менделеева, Россия, г. Москва. e-mail: [ksushka-suppper@mail.ru](mailto:ksushka-suppper@mail.ru);

**Харитонов Александр Олегович**, профессор, д. т. н, заведующий кафедрой Стандартизации и инженерно-компьютерной графики РХТУ им. Д. И. Менделеева, г. Москва,

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

*В работе представлен один из способов автоматизации управления жизненным циклом продукции, а именно создание хранилища электронной технической документации предприятия. Данный процесс был осуществлен и проиллюстрирован в работе на примере Федерального казенного учреждения «Государственное учреждение по формированию Государственного фонда драгоценных металлов и драгоценных камней Российской Федерации, хранению, отпуску и использованию драгоценных металлов и драгоценных камней (Гохран России) при Министерстве финансов Российской Федерации». Создание электронной технической документации выполняли с помощью компьютерной системы управления данными об изделии PDM STEP Suite.*

**Ключевые слова:** автоматизация; жизненный цикл продукции; база данных; компьютерная система; изделие; вибрационный ситовой грохот; алмазное сырье.

## AUTOMATION OF LIFE CYCLE MANAGEMENT BY THE CREATION OF THE ELECTRONIC TECHNICAL DOCUMENTATION OF THE ENTERPRISE

Kozlova O. A., Kharitonov A.O.

D.I. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia.

*The paper presents one of the ways to automate the management of the product life cycle, namely the creation of a repository of electronic technical documentation of the enterprise. This process was carried out and illustrated in the work on the example of the Federal state institution "State institution for the formation of the State Fund for Precious Metals and Precious Stones of the Russian Federation, storage, release and use of precious metals and precious stones (Gokhran of Russia) under the Ministry of Finance of the Russian Federation". Creation of electronic technical documentation was carried out using the computer data management system PDM STEP Suite.*

**Keywords:** automation; product life cycle; database; computer system; product; vibrating sieve roar; diamond raw materials.

Наличие жесткой конкуренции на мировом рынке предполагает внедрение оптимальных методов создания продукции, использование новых технологий, включение в научно-техническую и экономическую сферы всего интеллектуального потенциала персонала предприятия. Результатом деятельности любого предприятия является продукция и услуги, производимые за счет реализации определенных процедур и отдельных операций, позволяющих решить некоторую задачу и обеспечить достижение коммерческой прибыли.

Жизненный цикл продукции (далее ЖЦП) – это совокупность процессов, выполняемых в течение реального времени от момента выявления потребностей общества в определенной продукции до момента удовлетворения этих потребностей и утилизации продукции [1]. В современном мире обеспечивается информационная поддержка ЖЦП в рамках создания единого информационного пространства (ЕИП), что создает условия для свободного информационного обмена сведениями о

продукции как внутри предприятия, так и вне его. ЕИП должно создавать условия для выработки, распределения, передачи, обработки, хранения и использования информации по всем необходимым направлениям ее функционального назначения.

В данной работе описывается автоматизация управления ЖЦП посредством хранилища электронной технической документации Федерального казенного учреждения «Государственное учреждение по формированию Государственного фонда драгоценных металлов и драгоценных камней Российской Федерации, хранению, отпуску и использованию драгоценных металлов и драгоценных камней (Гохран России) при Министерстве финансов Российской Федерации» (далее Гохран России). Создание электронной технической документации выполняли с помощью компьютерной системы управления данными об изделии PDM STEP Suite (PSS). В качестве изделия был взят вибрационный ситовой грохот Анализетте 3» (далее виброгрохот),

предназначенный для сортировки алмазного сырья (далее АС) по ситовым классам.

Основными видами деятельности Гохрана России является: 1) формирование Государственного фонда Российской Федерации (далее Госфонд России) драгоценными металлами (золото, серебро, платина и металлы платиновой группы), драгоценными камнями (природные алмазы, изумруды, рубины, сапфиры и александриты, природный жемчуг и уникальные янтарные образования), изделиями из драгоценных металлов и драгоценных камней, их ломом; 2) хранение, учет и обеспечение сохранности Госфонда России.

PDM STEP Suite – это компьютерная система управления данными об изделии, главной целью которой является сбор всей информации об изделии в интегрированной базе данных (далее БД) и обеспечение совместного использования и эксплуатации [2]. Интегрированная БД PSS предназначена для решения различных задач, связанных с обработкой данных об изделии. Содержание этих задач при их решении предполагает множество точек зрения ввиду различных ролей сотрудников предприятия,

например, для инженера-конструктора изделия и для рабочего эксплуатирующего данное изделие. Каждая из групп пользователей работает со своими наборами данных, логически увязанными в PSS. В основе PDM STEP Suite лежит международный стандарт ISO 10303 «Стандарт для компьютерного представления и обмена данными о продукте (изделии)». В Российской Федерации действует ГОСТ Р ИСО 10303, который определяет схему данных в БД, набор информационных объектов, необходимых для описания изделия.

Последовательность выполнения работы в программе PDM STEP Suite (PSS) выглядит следующим образом:

1. Сначала необходимо создать категорию изделия, его подкатегории (составные части создаваемого изделия) и дать им обозначения, наименования и описания. В качестве примера на рисунке 1 представлено создание категории изделия (виброгрохот) и такой подкатегории, как сита.

2. Далее необходимо создать само изделие, а также внести требуемую в программе информацию о нем. В качестве примера на рисунке 2 представлено создание такого изделия, как сита.

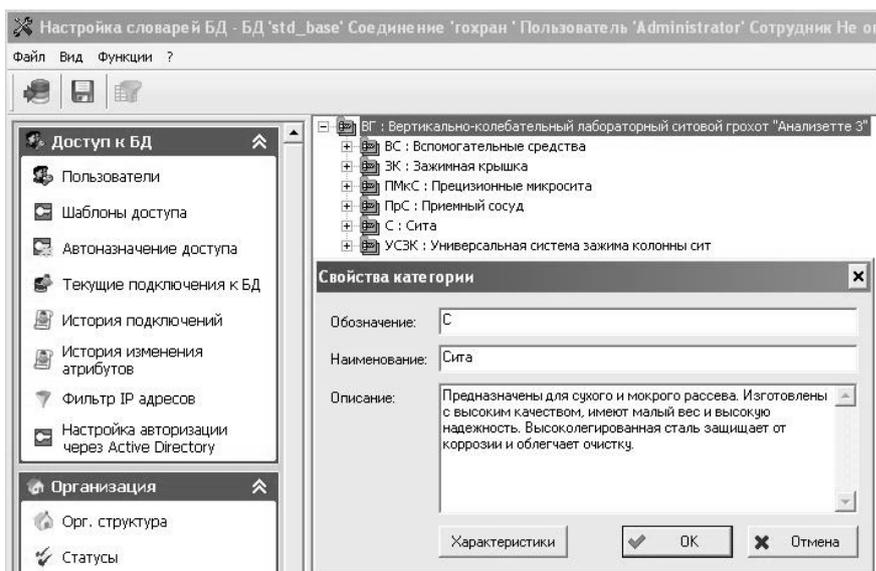


Рисунок 1 – Создание категории и подкатегории изделия

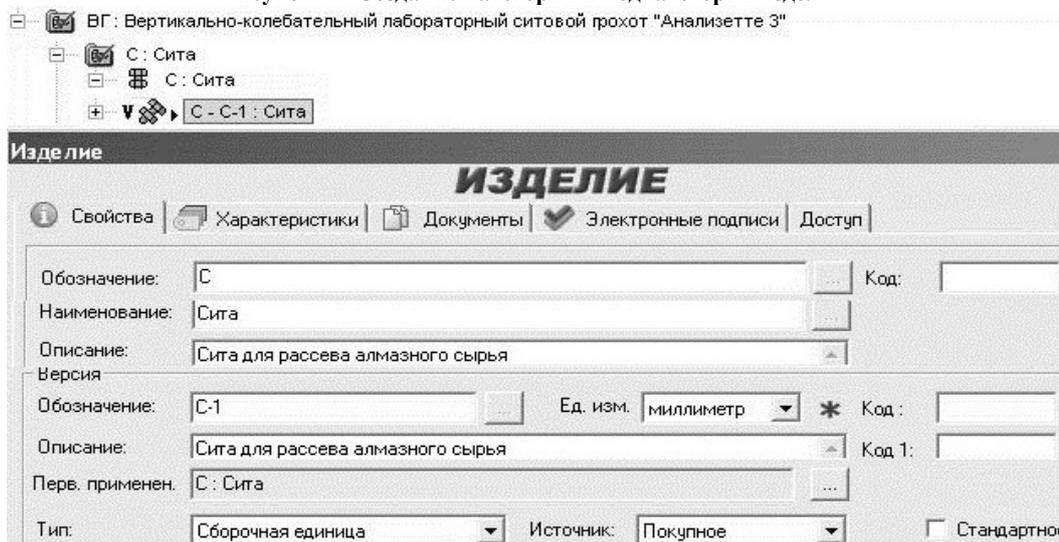


Рисунок 2 – Создание сита

3. Далее нужно внести все характеристики изделия, которые Вы знаете (технические, экономические и т.д.). В качестве примера на рисунке 3 представлены характеристики виброгрохота.

4. Последним шагом является внесение нормативной технической документации в модель создаваемого изделия. В качестве примера на рисунке 4 представлен документ к сортировке АС на виброгрохоте.

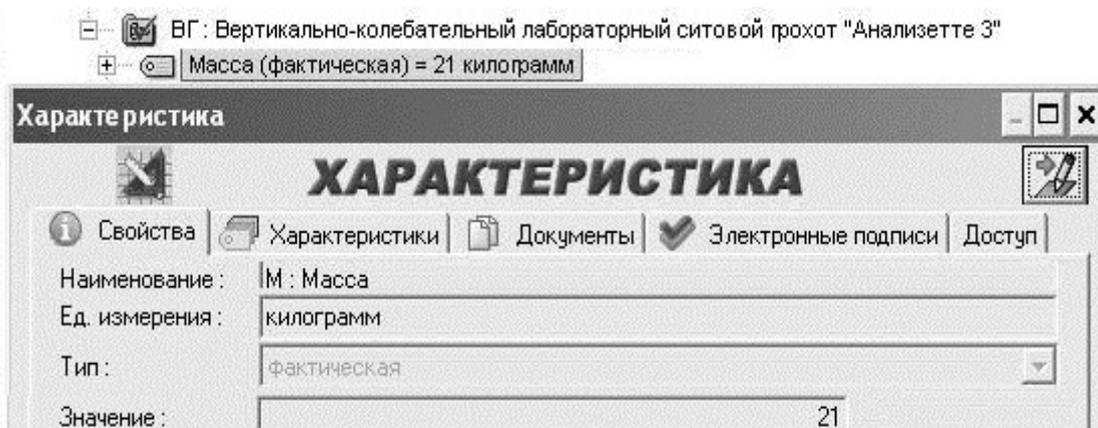


Рисунок 3 – Внесение характеристик виброгрохота в программу

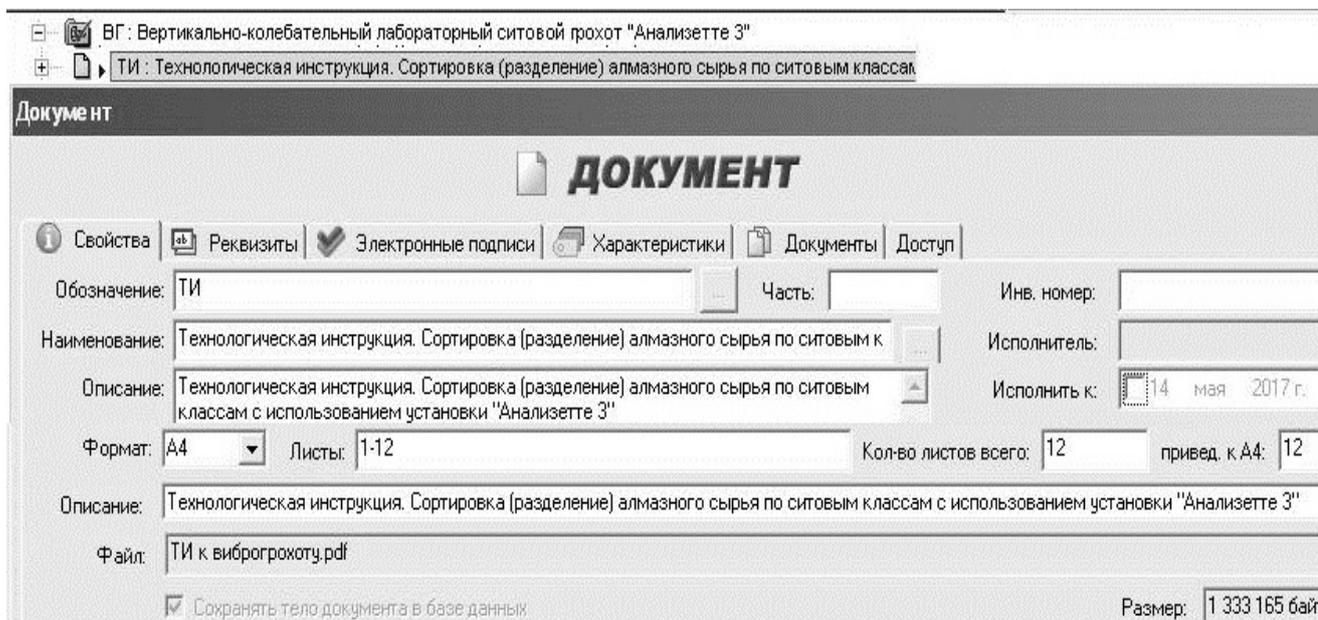


Рисунок 4 – Внесение документации к виброгрохоту в программу

Таким образом внедрение программы PDM STEP Suite для поддержания ЖЦП позволит за счет компьютерного моделирования процессов создать конечную продукцию за минимальное время и количество этапов. Это благоприятно повлияет на работоспособность сотрудников и как следствие на производительность труда. Также с помощью этой программы можно сохранить конкурентное преимущество посредством оптимизации процессов на основе внедрения автоматизированной системы управления производственной деятельности предприятия.

#### Список литературы

1. Автоматизация управления жизненным циклом продукции: конспект лекций/ В.Н. Агеев; Моск. гос. ун-т печати имени Ивана Федорова – М.: МГУП имени Ивана Федорова, 2015. – 100 с.
2. PDM STEP Suite. Настройка системы. Руководство пользователя. Часть 1/ АНО НИЦ CALS – технологий. Прикладная логистика – М.: АНО НИЦ CALS – технологий. Прикладная логистика, 2009. – 80 с.

УДК 620.1.052.4

Столыга И.А., Комарова С.Г.

## ПРОЦЕДУРА СОЗДАНИЯ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА НА ПРЕДПРИЯТИИ

**Столыга Ирина Андреевна**, магистр первого курса факультета инженерной химии, группа МТ-12, e-mail: [irkosc@yandex.ru](mailto:irkosc@yandex.ru);

**Комарова Светлана Григорьевна**, доцент, к.т.н.;

Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Москва, Россия  
125047 г. Москва, Миусская пл., д.9

*В современном мире, определяющую роль в работе любого предприятия играет качество выпускаемой продукции. Для контроля и мониторинга качества, и, соответственно, производственного процесса необходимо проводить испытания продукции. Одной из ключевых особенностей контроля качества на машиностроительных предприятиях является проведение стендовых испытаний продукции.*

**Ключевые слова:** качество, испытания, испытательный стенд, стендовые испытания, метрология, шаблон процесса.

## PROCEDURE FOR CREATING A TEST STAND ON ENTERPRISES

Stolyga I.A., Komarova S.G.

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

*In modern world, the quality of products plays a decisive role in the work of any enterprise. To control and monitor quality, and, accordingly, the production process, it is necessary to conduct product tests. One of the key features of quality control at machine-building enterprises is the holding of bench tests of products.*

**Keywords:** quality, testing, test stand, bench tests, metrology, process template.

Согласно ГОСТ 16504-81 «Система Государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения»: «Испытание - экспериментальное определение количественных или качественных характеристик свойств объекта испытаний как результата воздействия на него, при его функционировании, при моделировании объекта или воздействии» [1]. Определение включает оценивание и контроль как параметров, воздействующих на объект, так и изменения качественных и количественных свойств самого объекта.

В большинстве случаев для проведения испытаний необходимо специальное оборудование. Испытательное оборудование- средство испытаний, представляющее собой техническое устройство для воспроизведения условий испытаний. В «испытательное оборудование» включают и такое понятие как «испытательный стенд». При стендовых испытаниях объекты подвергаются воздействию нагрузок, приближенных или превышающих нагрузки в реальных условиях эксплуатации. Целью подобных испытаний является выяснение реакции объекта на нагрузки и определение их допустимых значений. Условия испытаний могут быть как близкими к реальным условиям эксплуатации продукции, так и специфическими. Преимуществом испытаний на стенде перед другими видами испытаний является возможность оценки реакции образца на определённый тип и величину нагрузки при прочих фиксированных параметрах, что

позволяет выявить скрытые конструктивные недостатки. Кроме того, стендовые испытания в большинстве случаев являются менее затратными в финансовом плане.

Структурно испытательный стенд представляет собой совокупность рабочего поля (плиты, станины или другого устройства для закрепления тестируемого объекта), подсистемы нагрузки образца (например, вибрационную или электрическую в зависимости от типа испытаний) и контрольно-измерительной аппаратуры, предназначенной для снятия показателей реакции образца на нагрузку.

Обычно, процесс создания испытательного стенда на предприятии происходит в следующем порядке. На основе Технического паспорта, Государственного стандарта или Технических условий на выпускаемую продукцию конструктора предприятия разрабатывают монтажную, электрическую, гидравлическую и другие схемы испытательного стенда. Основным эксплуатационным документом на испытательный стенд является его паспорт, который пишется одновременно с конструкторской документацией на испытательный стенд. Согласно ГОСТ 2.601-2013 «Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы»: «Паспорт - это документ, содержащий сведения, удостоверяющие гарантии изготовителя, значения основных параметров и характеристик изделия, а также сведения о сертификации и утилизации изделия» [2].

Совместно с руководителями цехов, принимающими участие в производстве продукции, составляется спецификация средств измерений, необходимых для размещения на испытательном стенде для контроля условий испытаний и реакции объекта на них. Затем, эксперт технического бюро на стадии проектирования испытательного стенда проводит метрологическую экспертизу конструкторской, технологической и проектной документации. Метрологическая экспертиза технической документации - это анализ и оценивание технических решений в части метрологического обеспечения. Одним из основных вспомогательных документов для проведения данной процедуры является Методическая инструкция 2267-200 «Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Метрологическая экспертиза технической документации». Задача эксперта - выявить ошибочные или недостаточно обоснованные решения и выработать наиболее рациональные по конкретным вопросам метрологического обеспечения. Эксперт должен иметь в виду следующие вопросы метрологического обеспечения любого объекта: что измерять, с какой точностью, какими средствами и по каким методикам. Для ответа на данные вопросы на предприятии существует Альбом применяемых средств измерений с указанием марок и технических характеристик.

Детали и узлы стенда изготавливаются на предприятии или покупаются на стороне. После сборки, опробования и проведения приемосдаточных испытаний стенда Отдел метрологии или другое уполномоченное подразделение пишет методику и программу аттестации испытательного стенда и отправляет данные документы на экспертизу в уполномоченный на это орган: Центр стандартизации для гражданских объектов или Государственный научно-исследовательский институт ГНИИ-32- для военных.

После утверждения всех сопутствующих документов проводится первичная аттестация испытательного стенда по ГОСТ Р 8.568-97 "Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения". Целью первичной аттестации является определения действительных значений характеристик испытательного оборудования, их соответствия требованиям нормативных документов, установления пригодности стенда к воспроизведению условий испытаний в пределах допускаемых отклонений и использования испытательного оборудования в соответствии с его назначением [3]. В состав комиссии обязательно входит представитель организации, уполномоченной на проведение первичной аттестации, в частности для Московской области - представитель ФБУ «Ростест - Москва». Первичная аттестация испытательного стенда включает в себя следующие

операции: проверка технической документации; проверка правильности выбора средств измерений; внешний осмотр; проверка выполнения требований безопасности; контроль параметров, характеризующих условия проведения аттестации; опробование; определение точностных характеристик стенда. При положительных результатах первичной аттестации оформляют аттестат. Его подписывает руководитель предприятия, в подразделении которого проводилась первичная аттестация испытательного оборудования.

Затем, устанавливается периодичность аттестации в ходе эксплуатации стенда. Периодическую аттестацию проводят сотрудники подразделения, в котором установлено оборудование, уполномоченные руководителем подразделения для выполнения этой работы, и представители метрологической службы предприятия. При положительных результатах периодической аттестации в паспорте на испытательное оборудование делают соответствующую отметку, а на стенд прикрепляют бирку с указанием даты проведенной аттестации и срока последующей аттестации. При отрицательных результатах в протоколе указывают мероприятия, необходимые для доведения технических характеристик испытательного оборудования до требуемых значений. Повторной аттестации испытательное оборудование подвергают в связи с выявлением причин, которые могут вызвать изменения характеристик воспроизведения условий испытаний.

Шаблон процесса создания испытательного стенда с применением CALS-технологий (Continuous Acquisition and Lifecycle Support - непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла изделий) проиллюстрирован на рисунке 1 при помощи электронной базы данных PDM STEP Suite.

На рисунке 1 присутствуют следующие составные элементы: точка входа (треугольник), с которой возможно начало выполнения процесса; точка завершения (треугольник), в которой возможно завершение процесса; отдельные этапы процесса (прямоугольники), которые выполняются определенными сотрудниками и имеют уникальное обозначение; «переходы» (стрелки) - элементы формализованного описания процесса, указывающие на последовательность выполнения действий.

PDM STEP Suite – это компьютерная система управления данными о машиностроительном изделии. Данная программа позволяет собрать всю информацию об изделии в интегрированной базе данных и обеспечить совместное использование этой информации в процессах проектирования, производства и эксплуатации. Одной из возможностей программы является создание шаблона процесса на производстве. С помощью этой функции мы наглядно продемонстрировали последовательность создания испытательного стенда и определили ответственных лиц за каждую стадию.

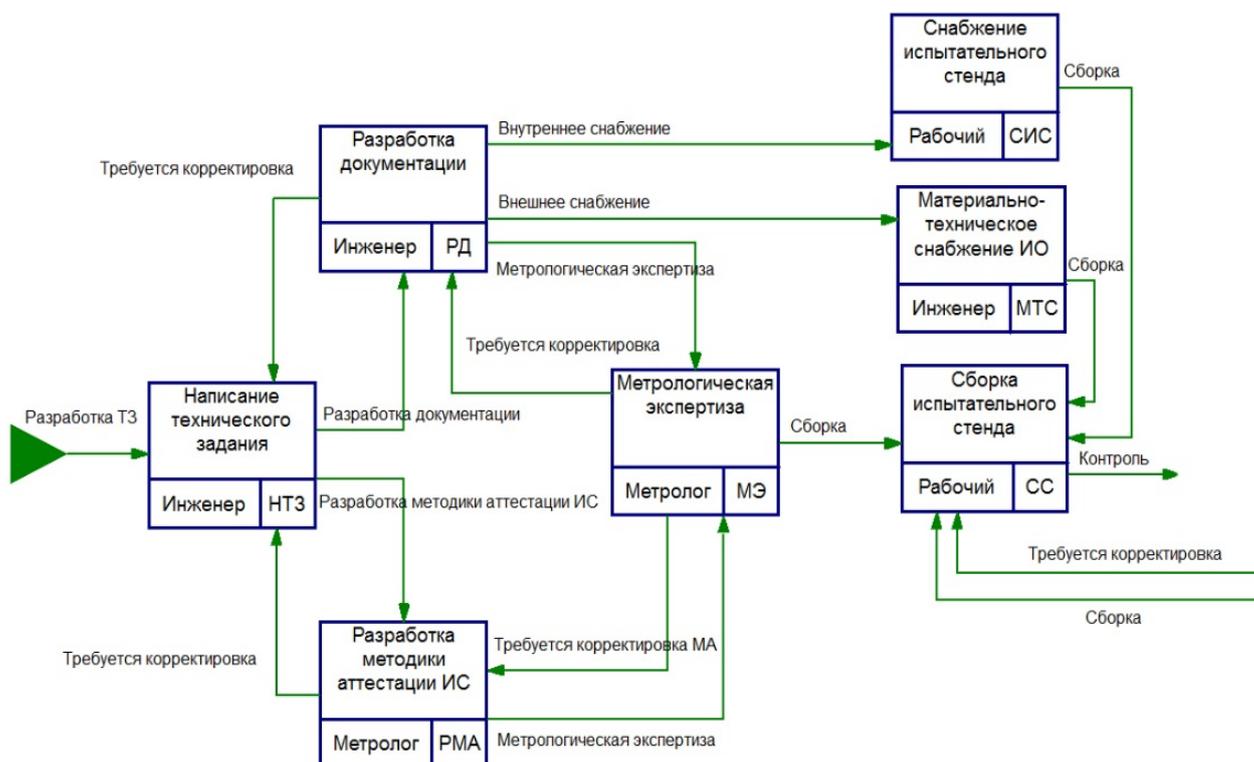


Рисунок 1 – Шаблон процесса создания испытательного стенда

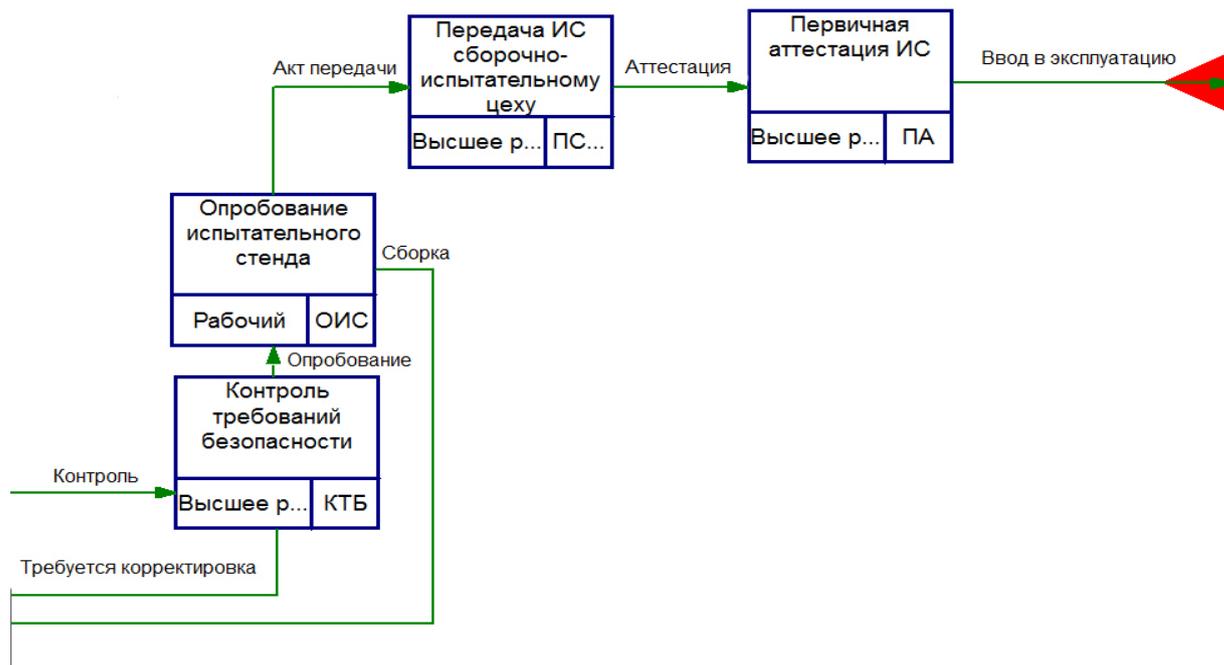


Рисунок 1 – Шаблон процесса создания испытательного стенда (продолжение)

### Список литературы

- ГОСТ 16504-81 Система Государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения. [Текст] – Введ. 1982-01-01, Переиздание Март 1991 – М.: Издательство стандартов, 1991 – 48с.
- ГОСТ 2.601-2013 Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные

документы. [Текст]. – Введ. 2014-06-01-М.: Стандартиформ, 2014 – 58с.

- ГОСТ Р 8.568-97 Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения. [Текст] – Введ. 1998-07-01 - М.: Стандартиформ, 1998 – 6с.

4. PDM STEP Suite. Настройка системы. Руководство пользователя. Часть 1 [Текст] – М.: НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика» - 82с.

УДК 006.86

Циркунова Н.А., Полякова Л.В.

## АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ИЗМЕНЧИВОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ СОГЛАСНО ГОСТ Р ИСО 5725-3-2002

Циркунова Наталья Андреевна, магистрант 1 курса факультета инженерной химии (ФИХ)

e-mail: [tsyrkunovanata@mail.ru](mailto:tsyrkunovanata@mail.ru);

Полякова Людмила Васильевна, к.т.н., доцент кафедры стандартизации и инженерно-компьютерной графики

e-mail: [polyakova@muctr.ru](mailto:polyakova@muctr.ru);

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

*Исследование факторов, которые оказывают влияние на изменчивость результатов измерений является приоритетным направлением современной метрологии. В настоящей работе рассмотрены факторы: время, оборудование, калибровка и оператор. В результате работы были приведены формулы расчета результатов измерений с учетом систематической и случайной погрешностей.*

**Ключевые слова:** изменчивость результатов измерений, точность, метрология, ГОСТ Р ИСО 5725-3-2002.

## ANALYSIS OF FACTORS, INFLUENCE ON VARIABILITY OF RESULTS OF MEASUREMENTS ACCORDING TO ГОСТ Р ИСО 5725-3-2002

Tsyrkunova N.A., Polyakova L.V.

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

*Investigation of factors influencing the variability of measurement results is a priority area of modern metrology. In this paper, we consider factors: time, equipment, calibration and operator. As a result of the work, calculations of the measurement results were obtained taking into account systematic and accidental errors.*

**Keywords:** Variability of measurement results, accuracy, metrology, ГОСТ Р ИСО 5725-3-2002.

Целью разработки стандарта ГОСТ Р ИСО 5725-3-2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Промежуточные показатели прецизионности стандартного метода измерений» [1] является применение в практической деятельности по метрологии, в целях подтверждения соответствия, оценки компетентности испытательных лабораторий и т.д.

Как видно из названия точность это совместное существование правильности и прецизионности, их определения приведены в последующем тексте.

Когда испытания или измерения приходится выполнять в разных лабораториях, то встает необходимость учитывать такие понятия как «сходимость» и «воспроизводимость». Но чтобы раскрыть эти понятия нужно ввести термин «прецизионность», степень близости результатов измерений друг к другу. Это определение стало ключевым в ГОСТ Р ИСО 5725, так как до этого стандарта этот термин не использовался в отечественной метрологии и у него нет аналогов. Тем не менее он очень наглядно показывает, что «прецизионность» относится к самому измерению, а не к средству измерений. В ГОСТ Р ИСО 5725-1 [2] даны следующие понятия:

*Правильность (trueness):* степень близости среднего значения, полученного на основании большой серии результатов измерений к принятому опорному значению.

*Прецизионность (precision):* степень близости друг к другу независимых результатов измерений, полученных в конкретных регламентированных условиях.

*Повторяемость (сходимость) (repeatability):* прецизионность в условиях повторяемости, при которых независимые результаты измерений (или испытаний) получаются одним и тем же методом на идентичных объектах испытаний, в одной и той же лаборатории, одним и тем же оператором, с использованием одного и того же оборудования, в пределах короткого промежутка времени.

*Воспроизводимость (reproducibility):* Прецизионность в условиях, при которых результаты измерений (или испытаний) получают одним и тем же методом, на идентичных объектах испытаний, в разных лабораториях, разными операторами, с использованием различного оборудования.

Два последних определения полностью противопоставлены друг другу, единственное что их объединяет это идентичные объекты испытаний и метод. С другой стороны достижение этих двух условий необходимо для проведения межлабораторных испытаний. «Сходимость» и «воспроизводимость» являются подтверждением истинности результатов измерений. Термин «повторяемость» тоже введен впервые, но ему соответствует слово «сходимость» в государственных стандартах.

Приведенные выше условия обеспечивают правильность и точность методов и результатов измерений[3]. Но существуют факторы, которые с наибольшей вероятностью могут оказывать влияние на прецизионность метода измерений:

А) время – является ли интервал времени между следующими одно за другим измерениями короткими или длительными?;

Б) калибровка – подвергается ли или нет одно и то же оборудование перекалибровке между следующими одна за другой группами измерений?;

В) оператор – выполняет ли следующие одно за другим измерения один и тот же оператор или разные операторы?

Г) оборудование – используется ли при измерениях одно и то же или различное оборудование (либо реактивы из одних и тех же партий, либо из разных партий)?

Вышеизложенные факторы представляют собой промежуточные показатели прецизионности. Их называют промежуточными по той причине, что их численные значения располагаются между двумя экстремальными показателями прецизионности метода измерений: значениями стандартных отклонений повторяемости и воспроизводимости.

Эти показатели прежде всего используют, в случаях, когда их оценка является частью программы (процедуры), разработки, стандартизации или внутрилабораторного контроля точности метода измерений. Даже если оператор, проводящий измерение, будет задавать себе такие вопросы, то результаты могут быть удивительными. Даже без количественной оценки основных факторов можно заметить, что изменчивость результатов измерений намного ниже, когда его проводит один оператор за одним и тем же оборудованием (что можно назвать сходимостью). Но с другой стороны проведение исследований при различных факторов не менее важно, лабораторная практика должна добиваться прецизионных измерений в условиях воспроизводимости. Каким же способом этого добиться?

Для учета изменения выполнения условий измерений (время, калибровка, оператор и оборудование) необходимо ввести следующие промежуточные условия прецизионности с числом изменяющихся факторов  $M$  ( $M=1,2,3$  или  $4$ ):

- 1) Только один из четырех факторов изменяется ( $M=1$ );
- 2) Два из четырех факторов изменяются ( $M=2$ );
- 3) Три из четырех факторов изменяются ( $M=3$ );
- 4) Все четыре фактора изменяются ( $M=4$ ).

В первом случае только один из четырех факторов изменяется, остальные остаются прежними, он самый информативный, так как есть возможность проследить источник возникновения неточности измерения. Возможно самый неоднозначный случай, когда изменяется такой фактор как оператор, потому что способности и характеристики каждого человека индивидуальны, он не представляет собой механизм, который можно изучить. Как показывает практика результаты

измерений во многом зависят от времени их проведения, к примеру измерения проведенные в разные дни могут отличаться друг от друга. На это влияет атмосферное давление, относительная влажность или температура, при этом еще накладывается огромное количество факторов.

Как правило, стандартное отклонение результатов измерений в условиях повторяемости гораздо *меньше*, чем в промежуточных условиях прецизионности. Это объясняется тем, что в промежуточных условиях прецизионности существует большое число факторов, которые оказывают воздействие на конечный результат измерения.

Каждый результат измерения представляют в виде суммы трех составляющих:

$$Y=m+B+e \quad (1)$$

Где  $m$  – общее среднее значение (математическое ожидание);

$B$  – лабораторная составляющая систематической погрешности конкретной методики выполнения измерений в условиях повторяемости в пределах лаборатории;

$e$  – случайная погрешность результата каждого измерения в условиях повторяемости.

Далее рассмотрим каждую из этих составляющих.

Общее среднее значение  $m$  представляет собой среднее значение по совокупности результатов измерений. Значение  $m$  зависит исключительно от «истинного значения» и метода измерений и не зависит от лаборатории, оборудования, времени или оператора, при которых был получен любой результат измерения.

$$m = \mu + \delta \quad (2)$$

Где  $\delta$  – систематическая погрешность (может не оказывать никакого влияния на расхождения между результатами измерений, полученными данным методом, и ее можно пренебречь, если только она не зависит от значения измеряемой характеристики).

Составляющая  $B$  является слагаемым, представляющим отклонение результата лаборатории от  $m$  по какой-либо одной или большому числу причин, независимо от случайной погрешности  $e$ , имеющей место в каждом результате измерений. Для одной лаборатории и конкретного метода измерения в условиях повторяемости  $B$  называют «лабораторной составляющей систематической погрешности конкретного метода измерений (МВИ)».  $B$  представляет собой совокупность влияющих факторов, присутствующих в каждом измерении, таких как температура, давление, смена оператора, недостаточная влажность и т.д.

$$B = B_0 + B_{(1)} + B_{(2)} \quad (3)$$

В промежуточных условиях прецизионности  $B_0$  представляет собой величину, вызванную влияющими факторами, остающимися без изменения, в то время как  $B_{(1)}$ ,  $B_{(2)}$  представляют

собой случайные величины, вызванные изменениями влияющих факторов.

Влияющие эффекты, вызванные применением разного оборудования, обусловлены различиями в местах установки оборудования, особенно флуктуациями показаний (т.е. любое случайное отклонение величины). Некоторые из таких эффектов могут быть скорректированы точной калибровкой. Влияющие эффекты, обусловленные временем, могут быть вызваны различиями в условиях окружающей среды, таких как температура или влажность. (стандартизация условий сводит к минимуму данные эффекты. Влияние квалификации или усталости оператора может рассматриваться как взаимодействие факторов оператора и времени [4].

Составляющая  $E$  представляет случайную погрешность, имеющую место в каждом результате измерений. Выражается как внутрилабораторная дисперсия:

$$\text{Var}(e) = \sigma_w^2 \quad (4)$$

Где  $\sigma_w^2$  – внутрилабораторная дисперсия.

Вышеприведенная формула, которая представляет собой статистическую модель, далее может применяться во внутрилабораторных и межлабораторных исследованиях.

Простейший метод оценки стандартного отклонения [5] промежуточной прецизионности в пределах одной лаборатории (внутрилабораторные исследования) состоит в отборе одной пробы и выполнении серии из  $n$  измерений с изменением факторов между ними. При выполнении этого метода нужно фиксировать выбросы и строить график для наглядности. Хотя этот метод и самый простой он помогает выявить грубые ошибки и промахи.

Смысл проведения межлабораторных испытаний заключается в подтверждении, что влияние отдельного фактора одинаково во всех лабораториях, к примеру одновременная замена МВИ в нескольких лабораториях вызывает одинаковый эффект. Межлабораторные испытания проводят до того момента, когда будет достигнута сходимость результатов измерений. Существует простейший, вложенный, полностью вложенный и ступенчато вложенный эксперименты.

Все эти эксперименты рекомендовано проводить в лабораториях для оценки изменчивости результатов измерений. Потому что для современной метрологии очень важно не просто достижение повторяемости и воспроизводимости, а с помощью чего и какими способами это было достигнуто.

Межлабораторные и внутрилабораторные испытания дают уверенность испытательным и другим лабораториям в своих

собственных исследованиях и результатах измерений. Также существуют предрассудки в сходимости и внутрилабораторных исследованиях. Даже если измерения проводились на одном и том же оборудовании, одним оператором, но в разное время, это еще не значит, что результаты измерений будут иметь тенденцию к повторяемости. Именно с целью увеличения прецизионности была введена серия стандартов ГОСТ Р ИСО 5725-2002.

Предлагаемый подход к изучению проблемы повышения точности результатов измерений используется на международном уровне [6], стандарт рассмотренный в данной статье представляет собой перевод стандарта, разработанного Международной организацией по стандартизации (ИСО). Следует обратить внимание на то, что выполнения рекомендаций, установленных в ГОСТ Р ИСО 5725-3-2002 недостаточно, так как этот стандарт только третья часть из серии ГОСТ Р ИСО 5725. Для поддержания точности методов и результатов измерений на высоком уровне стоит использовать всю серию. Тема данной статьи будет полезна к рассмотрению лабораториям, которые непосредственно занимаются измерениями, а также метрологическим службам.

#### Список литературы

1. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 3. Промежуточные показатели прецизионности стандартного метода измерений [Текст]: ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002. – Введ. 2002 -23-04. –М.: Изд-во стандартов, 2002., 28 с.: ил.
2. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Основные положения и определения [Текст]: ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002. – Введ. 2002 -23-04. –М.: Изд-во стандартов, 2002., 35 с.: ил.
3. Об обеспечении единства измерений [Текст]: федер. закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ//Рос.газета. – 2008. – 18 июня. –С. 18.
4. Метрология, стандартизация и сертификация: Учеб. Пособие/ А.Д. Никифоров, Т.А. Бакиев. – 3-е изд. Испр. – М.: Высш.шк., 2005.-422 с.: ил. ISBN 5-06-004078-X
5. Метрология, стандартизация и сертификация: учебное пособие / Н.П. Пикула; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 185 с.
6. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий [Текст]: ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025 – 2009. – Введ. 2012- 01 -01. М.: Изд-во стандартов, 2011., 36 с

УДК 681.2.089

Циркунова Н.А., Полякова Л.В.

## СОЗДАНИЕ ШАБЛОНА ПРОЦЕССА (ОКАЗАНИЕ УСЛУГ В ОБЛАСТИ МЕТРОЛОГИИ) С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ PDM STEP SUITE (PSS)

**Циркунова Наталья Андреевна**, магистрант 1 курса факультета инженерной химии (ФИХ)

e-mail: [tsyrcunovanata@mail.ru](mailto:tsyrcunovanata@mail.ru);

**Полякова Людмила Васильевна**, к.т.н., доцент кафедры стандартизации и инженерно-компьютерной графики

e-mail: [polyakova@muctr.ru](mailto:polyakova@muctr.ru);

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

*В настоящей работе представлен шаблон процесса предоставления услуг (поверка, калибровка, ремонт) метрологической службой, разработанный в программе PDM STEP suite. Шаблон позволяет наблюдать за состоянием процесса и имеет практическое применение.*

**Ключевые слова:** поверка, калибровка, метрологическая служба, PDM STEP suite.

## CREATING A WORKFLOW TEMPLATE (RENDERING SERVICES IN THE FIELD OF METROLOGY) USING PDM PROGRAM STEP SUITE (PSS)

Tsyrcunova N.A., Polyakova L.V.

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

*In this paper, we presented a process template (calibration, repair) of metrological service, developed by PDM program STEP suite. The template allows you to monitor the status of the process and has a practical application.*

**Keywords:** calibration, metrology service, PDM STEP suite.

PDM STEP Suite [1] – это компьютерная система управления данными о изделии (услуги). Назначение PDM Step Suite – собрать всю информацию об изделии в интегрированной базе данных и обеспечить совместное использование этой информации в процессах проектирования, производства и эксплуатации.

Система PSS имеет встроенный модуль управления потоками работ (WorkFlow), относящийся к классу систем автоматизации процессов на предприятии. Для описания систем подобного класса существуют некоторые определения и термины:

*Шаблон процесса* – формализованное описание делового процесса, состоящее из описания скоординированной последовательности действий, а также критериев, определяющих начало и завершение процесса.

*Действие* – выделенный логический шаг внутри процесса, вносящий вклад в достижение поставленной цели. Действие является наименьшим элементом, позволяющим составить формализованное описание процесса на выбранном уровне декомпозиции.

С помощью этого модуля (WorkFlow) можно построить всевозможные блок-схемы технологических процессов, разработки продукции и предоставления услуг.

В данном случае был разработан шаблон процесса оказания услуг в область метрологии. Был взят реальный процесс оказания услуг поверки [2],

калибровки и ремонта (объекты) в Метрологической службе (МС) в конкретном научно-исследовательском центре (НИЦ). Работой МС является метрологическое обеспечение средств измерений всех подразделений научно-исследовательского центра.

Роли в шаблоне процесса (рисунок 1) предоставления услуг МС:

- 1) Заказчик;
- 2) Главный метролог;
- 3) Сторонняя организация;
- 4) Начальник группы;
- 5) Поверитель;
- 6) Ремонтник.

Шаблон процесса состоит из последовательности действий и связей. В программу можно добавлять действия, в которых присваивают название данному действию, его описание, обозначение, длительность, исполнителей и координаторов. А связи – это стрелочки между действиями, их тоже можно описать, дать название и статус.

Как видно из рисунка 1 сначала заказчик (любое подразделение) составляет «Заявку на предоставление услуг поверки, калибровки или ремонта». МС вправе отказать в предоставлении услуг, если область аккредитации не включает данную область [3]. В этом случае МС заключает контракт со сторонней организацией, которая может провести поверку (калибровку).

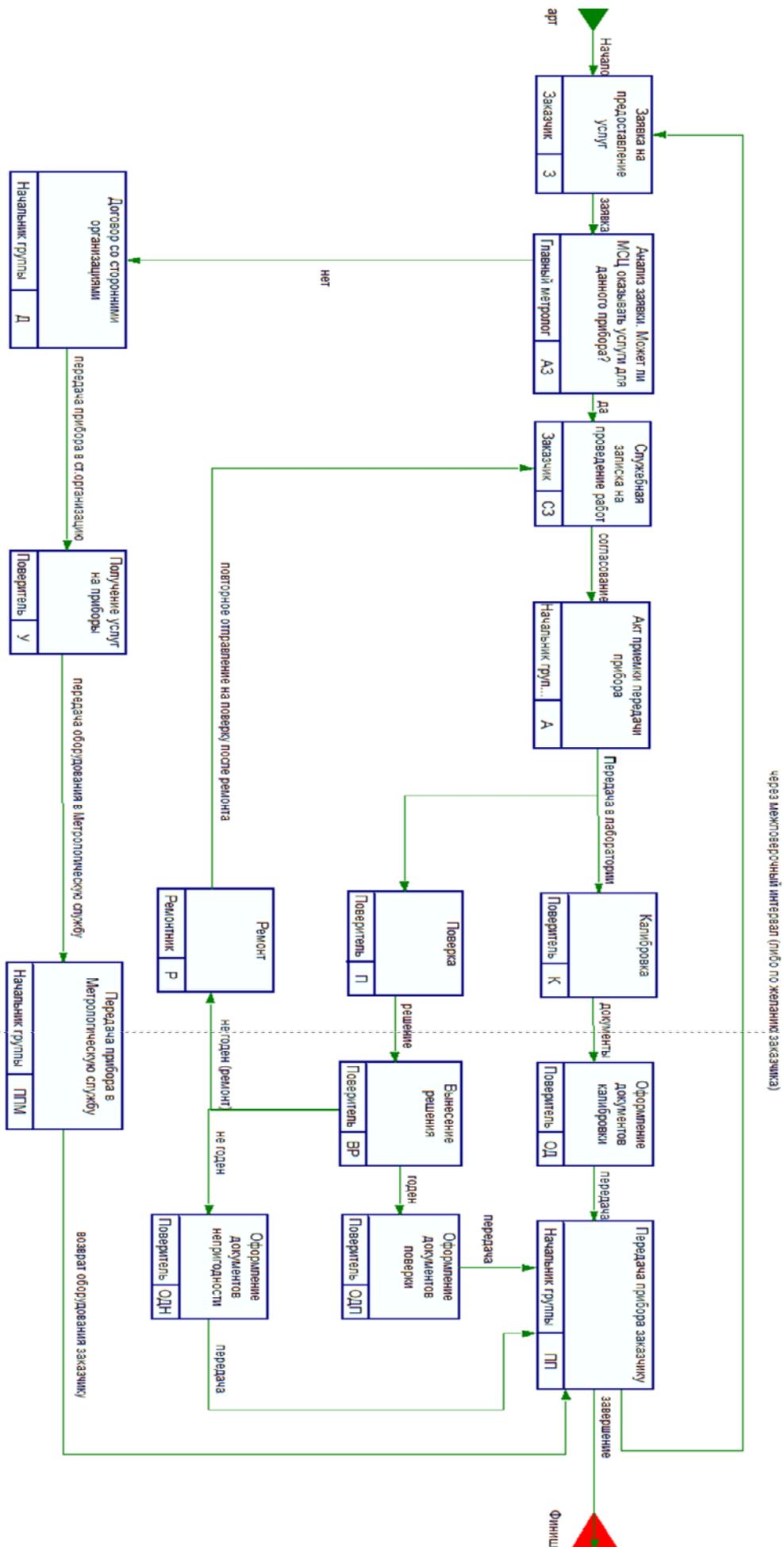


Рисунок 1 - Шаблон процесса предоставления услуг Метрологической службой

Если область аккредитации включает поверку (калибровку) данного средства измерений, то МС предоставляет услугу. Для того, чтобы оборудование было передано в МС, необходимо оформить акт приема передачи оборудования. Этот документ фиксирует дату и время отдачи оборудования в МС, а также сроки выполнения работ, его цель – предотвращение путаницы.

Когда измерительные средства попадают в МС «Начальник группы» распределяет их по лабораториям. В МС существует несколько лабораторий:

- 1) Поверки средств измерений ионизирующих излучений;
- 2) Поверки общетехнических средств измерений;
  - Поверки радиотехнических и электрических средств измерений;
  - Поверки средств измерения давления;
  - Поверки средств измерения температуры.

Когда СИ уже находится в нужной лаборатории, необходимо решить какую работу выполняет «Поверитель». Чаще всего в заявке «Заказчик» прописывает необходимую услугу (поверка или калибровка). Но СИ утвержденного типа, занесенные в Госреестр СИ подлежат и поверке и калибровке. Тогда как СИ неутвержденного типа могут проходить только калибровку. После этого «Поверитель» приступает к работе.

Поверка (калибровка) самый длительный этап данного процесса, она занимает разное время, такие данные можно найти во внутренних документах МС. «Поверитель» при работе руководствуется нормативными документами, методиками поверки, руководствами по эксплуатации и другими документами на оборудование [4].

1) Калибровка средств измерений - совокупность операций, выполняемых в целях определения действительных значений метрологических характеристик средств измерений.

По окончанию калибровки «Поверитель» составляет протокол калибровки, на котором указаны действительные значения СИ, личная подпись поверителя и калибровочное клеймо. А также сертификат калибровки, в котором указывают дату проведения, название СИ, диапазон измерений на котором она проводилась, калибровочное клеймо, личная подпись «Начальника группы» и «Поверителя».

2) Поверка средств измерений - совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия средств измерений метрологическим требованиям.

По окончанию поверки «Поверитель» составляет протокол поверки, на котором указаны действительные значения СИ, значения эталонного СИ, отклонение или погрешность СИ, заключение о пригодности СИ, а также личная подпись

поверителя и поверочное клеймо. Если СИ прошло поверку, то выписывается свидетельство о поверке, в котором указывают дату проведения поверки (и дата следующей), название СИ, диапазон измерений на котором она проводилась, поверочное клеймо, личная подпись «Начальника группы» и «Поверителя». В случае, когда СИ не соответствует метрологическим требованиям, составляется извещение о непригодности либо СИ отправляют на ремонт. После успешного прохождения ремонта, прибор повторно отправляют на поверку.

Когда оборудование прошло поверку (калибровку) «Начальник группы» возвращает заказчику СИ (с выписанными «Поверителем» документами). Следующее оказание услуг происходит через межповерочный интервал, который указывают в технической документации на СИ [5].

Практическая значимость данной статьи заключается в возможности внедрения разработанного шаблона на предприятиях в целях автоматизации процесса предоставления услуг (поверка, калибровка и т.д.). Создание блок-схемы оказания услуг в области метрологии дает следующие преимущества:

- 1) Контроль оборота документации между «Заказчиком» и метрологической службой;
- 2) Контроль сроков выполнения услуг метрологической службой;
- 3) Доступность и открытость процедуры предоставления услуг в области метрологии;
- 4) Наблюдение за текущим состоянием предоставления услуги.

### Список литературы

1. НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика». Руководство пользователя. Часть 3. Система PSS Workflow [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://pss.cals.ru/DOC/PSS\\_UG\\_P3.pdf](http://pss.cals.ru/DOC/PSS_UG_P3.pdf) (дата обращения 24.05.2017).
2. Об обеспечении единства измерений [Текст]: федер. закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ//Рос.газета. – 2008. – 18 июня. – С. 18.
3. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий [Текст]: ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025 – 2009. – Введ. 2012- 01 -01. М.: Изд-во стандартов, 2011., 36 с.
4. Метрология, стандартизация и сертификация: Учеб. Пособие/ А.Д. Никифоров, Т.А. Бакиев. – 3-е изд. Испр. – М.: Высш.шк., 2005.-422 с.: ил.
5. Метрология, стандартизация и сертификация: учебное пособие / Н.П. Пикула; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 185 с.

УДК 628.162.1(043)

Аверина Ю.М., Зверева О.В.

## ОЦЕНКА ПРОЦЕССА РЕГЕНЕРАЦИИ КЕРАМИЧЕСКИХ МЕМБРАН НА ДЕЙСТВУЮЩЕМ ПРЕДПРИЯТИИ

**Аверина Юлия Михайловна** – доцент кафедры инновационных материалов и защиты от коррозии,  
e-mail: averinajm@mail.ru

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия  
125190, Москва, Миусская пл., 9

**Зверева Ольга Владимировна** – заведующий лабораторией,  
ООО «БИНАКОР-ХТ», Россия, Москва.

*В работе рассматривается процесс регенерации керамических мембран на примере рабочей станции водоподготовки. Приведена последовательность очистки и принцип действия. Представлены экспериментальные данные по реагентной и безреагентной регенерации. В результате найден простой и экологически рациональный метод регенерации с оптимальными результатами.*

**Ключевые слова:** обезжелезивание, керамическая мембрана, фильтрационная установка

## EVALUATION OF THE REGENERATION PROCESS OF CERAMIC MEMBRANES AT THE OPERATING ENTERPRISE

Averina Y.M., Zvereva O.V.

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

LLC "BINACOR-CHT", Moscow, Russia.

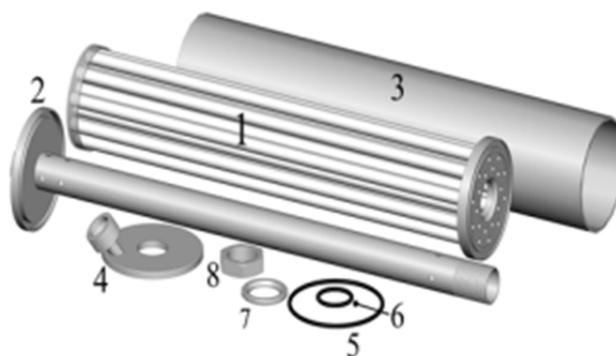
*In this paper, the process of regeneration of ceramic membranes is considered using the example of a water treatment work station. The purification sequence and the principle of action are given. Experimental data on reagent and nonreagent regeneration are presented. As a result, a simple and ecologically rational method of regeneration with optimal results was found.*

**Key words:** removal of iron, ceramic membrane, filtration plant.

Мировое сообщество столкнулось с глобальной проблемой нехватки чистой питьевой воды. Проблема возникла, как следствие агрессивного воздействия человека на природу. Поверхностные и подземные источники пресной воды загрязнены и заражены химическими и биологическими продуктами, производными от промышленной и физиологической деятельности человека. Во многих регионах планеты вода является основным источником распространения инфекционных заболеваний и непригодна для питья. Под обезжелезиванием или деферризацией понимают процесс извлечения из подземных и поверхностных вод железа, присутствующего в воде в виде сложных органических и минеральных соединений, растворов двухвалентного железа, карбонатов и бикарбонатов железа, коллоидных и тонкодисперсных взвесей гидроксидов и сульфитов железа и др. [1,2].

В настоящее время в промышленности и в быту активно применяются в качестве фильтрующих и диспергирующих устройств в процессе барботаж керамические фильтрующие мембраны. Они мелкопористые (размером пор 0,07...0,2 мкм), механически прочные, обладают довольно высокой воздухопроницаемостью в широком диапазоне рабочего давления (от 1 до 10 атм по воде). Поэтому

применение таких мембран в аэраторах и для фильтрации наиболее эффективный и наименее затратный способ насытить воду кислородом и удалить окисленные формы железа (рис. 1) [3].

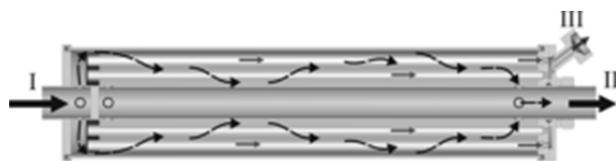


1.Керамический мембранный блок,  
2.Центральная распределительная труба с доннышком,  
3.Корпус, 4.Крышка, 5, 6.Резиновая прокладка, 7.Шайба,  
8.Гайка.

Рис. 1. Фильтровальный аппарат в разобранном состоянии.

**Принцип работы.** Исходная вода подается в штуцер I, проходит через отверстия в центральной

распределительной трубе и поступает в межтрубное пространство (рис. 2). Под действием давления в водопроводной сети часть воды отфильтровывается через керамические мембраны, образуя при этом фильтрат. Фильтрат выводится через штуцер III. Непрошедшая через керамические мембраны вода выводится из фильтра через штуцер II и используется в обычном режиме (мытьё посуды, овощей и т.д.).



I - вход исходной воды, II - выход исходной воды, III - выход чистой воды (фильтрата)

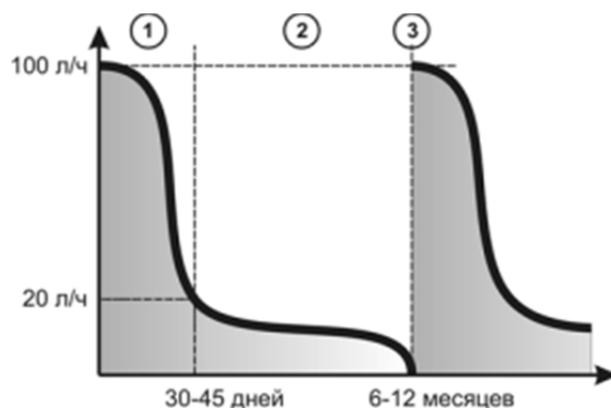
Рис. 2. Принцип действия фильтра

При эксплуатации любых мембран на поверхности образуется тонкий слой загрязнений, снижающий производительность фильтра, поэтому при использовании обязательно встаёт вопрос поиска наиболее оптимального метода регенерации фильтрующего элемента. Основной задачей в данной работе было оценить возможность применения методов регенерации трубчатых керамических мембран после процесса обезжелезивания воды исследованных в работах [4,5] на действующем предприятии, в качестве которого, была использована готовая станция водоподготовки на ЗАО «Орионис» (рис. 3) (Московская область, Солнечногорский район, д Ложки). В данных работах были исследованы как безрегентный метод регенерации керамических трубчатых мембран, так и регентный метод.



Рис. 3. Фильтры на станции водоподготовки

Производитель данных трубчатых керамических мембран, в зависимости от качества исходной воды, рекомендует проводить регенерацию раз в 6 -12 месяцев (рис. 4).



1-Период выхода на нормальный режим, 2-Нормальный режим, 3-Регенерация.

Рис. 4. График зависимости производительности от времени использования фильтра

**Экспериментальная часть.** Эксперименты по безрегентной регенерации, которые заключались в обратной продувке воздухом, были спланированы так, что постепенно увеличивались потребляемая энергия компрессора и объем промывных вод до тех пор, пока не были достигнуты ожидаемые результаты. Тем самым найдены оптимальные технологические параметры проведения процесса регенерации, соответствующие минимальным затратам:

- давление подачи воздуха - 5 атм;
- время регенерации - 20 минут;
- частота регенерации – каждые 600 минут;
- объем промывных вод – 120 л/сутки;
- потребляемая энергия компрессора – 396 кВт/сутки.

Построенная зависимость (рис. 5) удельной производительности от продолжительности процесса фильтрации, позволяет наглядно увидеть, что предложенный метод безрегентной регенерации восстанавливает эффективность мембраны на 90% от первоначальной.

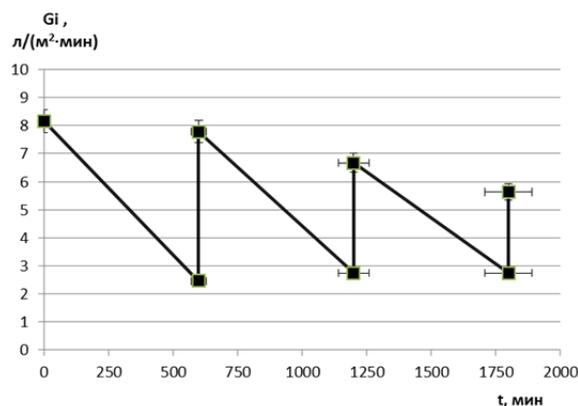


Рис. 5. Зависимость удельной производительности от продолжительности процесса фильтрации

Реагентная регенерация применяется для более глубокого восстановления фильтрующих свойств мембраны. Для экспериментов были выбраны в качестве реагентов раствор 10%-ной уксусной кислоты и гипохлорит натрия с добавлением ПАВ. В первом случае фильтр поместили в 10%-ным раствор уксусной кислоты на 24 часа, после чего, удельная производительность мембран увеличилась на 71, 9%. Во втором случае, была проведена регенерация фильтра с механической очисткой гипохлоритом натрия с добавлением ПАВ в течение 5 мин. Производительность мембран после регенерации увеличилась на 79,3%. Из данных экспериментов можно сделать вывод, что регенерация с механической очисткой требует меньше времени и является эффективней.

### Выводы

- 1) Была проведена оценка процесса регенерации керамических мембран, на действующем предприятии;
- 2) Подобран безреагентный метод регенерации керамических трубчатых мембран, который заключается в обратной продувке воздухом. Найдены оптимальные технологические параметры проведения процесса регенерации, соответствующие минимальным затратам;
- 3) Рекомендована для ППР реагентная регенерация с механической очисткой. Реагентом является гипохлорит натрия с добавлением ПАВ для

быстрого восстановления фильтровальных свойств мембраны, время воздействия 5 минут.

### Список литературы

1. Дытнерский Ю.И., Каграманов Г.Г. Моделирование процесса фильтрации с помощью керамических мембран: Учебн. пособие / Рос. хим.-технол. ун-т им. Д.И. Менделеева.- М.,2001.-52 с.
2. Терпугов Г.В. Мынин В.Н., Комягин Е.А., Тарасова Т.А. Традиционные методы обработки воды и бытовые устройства водоочистки/ учебное пособие/РХТУ им. Д.И. Менделеева. М.: Изд-во РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2008. 60с.
3. Аверина Ю.М., Меньшиков В.В. Практическое изучение основ технологии обезжелезивания природных вод до питьевого качества различными режимами фильтрации с применением керамических мелкопористых трубчатых мембран// Успехи в химии и химической технологии: сб. науч. тр. Том. XXIX, №1 (160) – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. - С. 82-85.
4. Аверина Ю.М. Интенсификация процесса аэрации при удалении ионов железа из воды Автореф. дис. канд. техн. наук. – Москва 2016. – с.12-15.
5. Аверина Ю.М., Аверина О.М., Зверева О.В., Шумова В.С. Методика регенерации керамических мембран // Евразийское Научное Объединение: Том: 1, № 1 (23) .– Москва 2017г. – с.18-20

УДК 542.97

Григоренко Р.И., Давидханова М.Г., Грунский В.Н.

## ИССЛЕДОВАНИЕ АКТИВНОСТИ БЛОЧНЫХ КОБАЛЬТОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ПРИМЕРЕ ОКИСЛЕНИЯ МОНООКСИДА УГЛЕРОДА

Григоренко Роман Игоревич, студент 2 курса магистратуры факультета инженерной химии, e-mail: roman.grigorenko2016@yandex.ru;

Давидханова Мария Григорьевна, к.т.н., доцент РХТУ им. Д.И. Менделеева;

Грунский Владимир Николаевич, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой общей химической технологии, РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия  
125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

*Синтез и исследование свойств кобальтовых металлооксидных и металлических катализаторов окисления оксида углерода (II), промотированные CeO<sub>2</sub>. Исследованы каталитические свойства синтезированных катализаторов и определены кинетические параметры низкотемпературного окисления CO.*

**Ключевые слова:** блочные катализаторы, окисление монооксида углерода, газофазный катализ.

## INVESTIGATION OF ACTIVITY OF BLOCK COBALT CATALYSTS ON THE EXAMPLE OF OXIDATION OF CARBON MONOXIDE

Grigorenko R.I., Davidkhanova M.G., Grunsky V.N.

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

*Synthesis and study of the properties of cobalt metal oxide and metal catalysts for the oxidation of carbon monoxide (II) promoted by CeO<sub>2</sub>. The catalytic properties of synthesized catalysts are studied and the kinetic parameters of low-temperature oxidation of CO.*

**Keywords:** block catalysts, oxidation of carbon monoxide, gas phase catalysis.

В настоящее время разработано большое количество методов детоксикации от оксида углерода (II). Наиболее совершенными катализаторами окисления оксида углерода (II) являются катализаторы на основе благородных металлов [1]. Актуальной задачей является замена каталитической системы на основе благородных металлов на более дешевые оксидные катализаторы, в частности оксидные катализаторы на основе переходных металлов переменной валентности.

Катализаторы окисления оксида углерода (II) отличаются многообразием состава и используемых исходных соединений. Дискутируется вопрос о природе активного компонента катализаторов, а также механизме каталитической реакции [2].

Целью работы является исследование кинетики окисления оксида углерода (II) на катализаторах, полученных методом пропитки и химического осаждения, в зависимости от условий ведения процесса (температуры, состава газовой смеси, объемной скорости газа).

Результаты многочисленных исследований показали, что каталитические системы на основе кобальта, меди, марганца, церия и др., обладающие каталитической активностью, обеспечивают конверсию оксида углерода (II) при низких температурах [1].

В качестве промотирующей добавки большой интерес представляет оксид церия. Как известно, этот материал может аккумулировать кислород. Другими словами, он способен «отдавать» кислород

при его недостатке в окружающей среде и, наоборот, присоединять, когда кислород в избытке. Это связано с тем, что оксид церия легко меняет степень окисления (Ce<sup>4+</sup>/Ce<sup>3+</sup>) и количество кислорода в кристаллической решетке в зависимости от содержания кислорода в окружающей среде. Оксид церия как компонент каталитических систем с высокой ёмкостью по кислороду способен поддерживать парциальное давление кислорода в газовой фазе, он быстро дезактивируется [3].

Повысить стабильность и кислородную ёмкость Ce-содержащих катализаторов можно введением в их состав CoO и катионов различных металлов. Установлено, что при введении CoO в кристаллическую решетку диоксида церия увеличивается количество подвижного решоточного кислорода.

Цель исследования – синтез нанесенных блочных металлооксидных и металлических катализаторов ячеистой структуры для низкотемпературного окисления CO и сравнение их активности.

### Экспериментальная часть

Для получения металлооксидных катализаторов, высокопористый ячеистый носитель (ВПЯН) на корундовой основе с подложкой из алюмооксида, полученный по методике, изложенной в [4], погружали в 10 %-ный раствор нитрата церия при t = 21 °C, затем образец сушили при 120 °C в течение 3 часов. Далее образец погружали в раствор Co(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> при t = 22 °C. Затем пропитанные заготовки сушили при t = 100 °C

в течение часа. Далее обжигали в печи, где скорость нагрева при обжиге составила 180 °С/ч, максимальная температура обжига – 450 °С. При этой температуре производили выдержку в течение 2 часов, далее – охлаждение.

Микрофотография поверхности образца (рис. 1) методом сканирующей электронной микроскопии на аппарате JEOL марки JSM-6510LV.

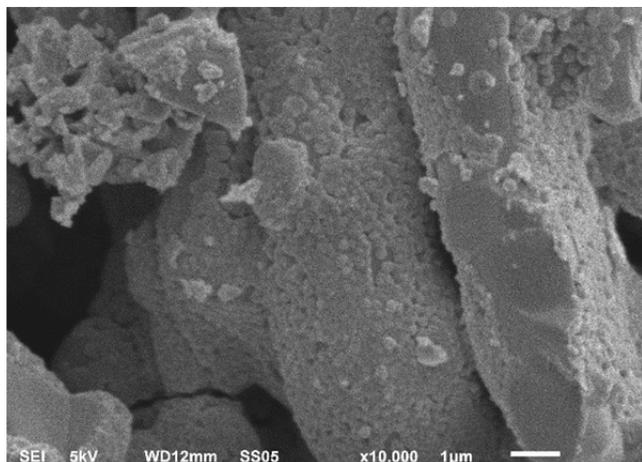


Рис. 1. Структура поверхности образца с металлооксидной каталитической подложкой на основе диоксида церия и оксида кобальта

Для получения металлического катализатора на кобальтовой основе использовали метод химического осаждения, предложенный в [5]. Процесс получения кобальтовых покрытий состоит из трех основных стадий: подготовка поверхности (обезжиривание и травление); получение электропроводного подслоя (сенсбилизация и активация); нанесение покрытий. Данный метод позволяет избежать стадию обжига.

На рис. 2 представлен снимок структуры образца методом химического кобальтирования.

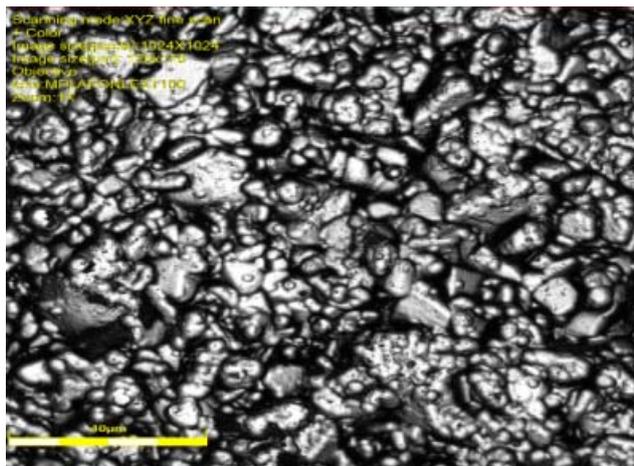


Рис. 2. Структура поверхности образца с металлизированным кобальтом

В реакции окисления СО металлооксидным катализатором активность исследовали на проточной установке: объемная скорость газовой смеси составила  $W = 3,51$  л/ч, время контакта 0,28 ч. Расчитаны кинетические параметры: степень превращения (X), константа скорости (K), скорость реакции (V), активность катализатора (A). По результатам исследований были получены следующие результаты (табл. 1).

В реакции окисления монооксида углерода металлическим катализатором, протекающей при объемной скорости газовой смеси, равной  $W = 3,49$  л/ч, время контакта 0,29 ч были получены результаты, представленные в (табл. 2).

Таблица 1. Кинетические параметры окисления СО металлооксидным катализатором

Расход	t, °С	$C_{нач}(CO),$ г/см <sup>3</sup>	$C_{кон}(CO),$ г/см <sup>3</sup>	X	K	V	A
10	100	7,37	7,33	0,005	0,017	0,017	0,003
	150	9,48	9,31	0,018	0,063	0,062	0,009
	200	10,15	7,46	0,265	1,062	0,781	0,116
	250	10,47	7,32	0,301	1,235	0,863	0,128

Таблица 2. Кинетические параметры окисления СО металлическим катализатором

Расход	t, °С	$C_{нач}(CO),$ г/см <sup>3</sup>	$C_{кон}(CO),$ г/см <sup>3</sup>	X	K	V	A
10	100	10,03	9,94	0,009	0,031	0,031	0,005
	150	9,61	9,19	0,042	0,148	0,142	0,023
	200	7,78	1,34	0,828	6,249	1,075	0,175
	250	10,95	0,79	0,928	9,077	0,654	0,107

В реакции окисления СО, протекающей в одинаковых условиях, активность катализатора, полученного методом химического осаждения больше чем металлооксидного (рис. 3).

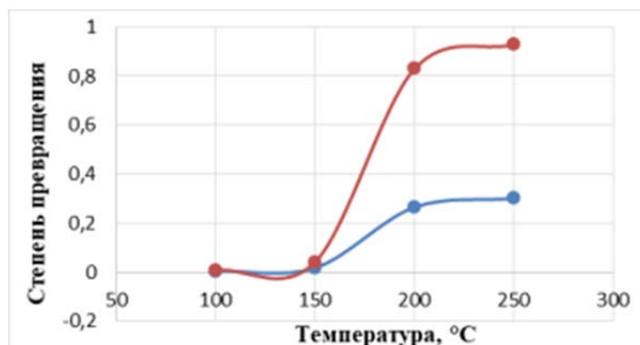


Рис. 3. Зависимость степени превращения от температуры

### Выводы

Создан носитель с подложкой из алюмозоля, модифицированный диоксидом церия. Синтезированные блочные металлические и металлооксидные катализаторы ячеистой структуры показали высокую активность при окислении оксида углерода (II) на проточной установке. Кинетические исследования показали, что металлический катализатор обладает большей активностью чем металлооксидный.

### Список литературы

1. Клеусов Б.С., Либерман Е.Ю., Михайличенко А.И. Наноструктурированные церийсодержащие катализаторы для процессов нейтрализации токсичных компонентов в газовых средах. — 2011. — Т. 25, № 11. — С. 7-11.
2. Ахмеров О.И. Кинетика окисления оксида углерода (II) на железооксидном катализаторе // Вестник Казанского технологического университета. — 2004. — №1. — С. 128-131.
3. Чуб О.В., Мокринский В.В., Решетников С.И. Кинетика окисления монооксида углерода на промышленном медьсодержащем катализаторе для кипящего слоя // Отечественные катализаторы. — 2013. — № 5. — С. 54-58.
4. Грунский В.Н. диссертация Малообъемные блочные высокопористые каталитические и сорбционные системы ячеистой структуры для очистки от вредных примесей в жидкофазных и газофазных процессах: дис. докт. техн. наук. — М., 2009. — С. 117-122 с.
5. Грилихес С.Я. Электролитические и химические покрытия: учеб. / Грилихес С.Я., Тихонов К.И. — Л.: Химия, 1990. — 378 с.

УДК 66.097.3:546.65

Дубко А.И., Юдин Н.В., Пинчук Ю.А., Обухов Е.О.

## ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОБЖИГА ПАЛЛАДИЕВОГО КАТАЛИЗАТОРА НА ЕГО АКТИВНОСТЬ В ПРОЦЕССЕ ГИДРИРОВАНИЯ П-НИТРОТОЛУОЛА ДО П-ТОЛУИДИНА

Дубко Алексей Игоревич, инженер I категории кафедры общей химической технологии, e-mail: alexeydubko1994@gmail.com;

Юдин Николай Владимирович, к.х.н., доцент кафедры химии и технологии органических соединений азота

Пинчук Юрий Анатольевич, ведущий инженер кафедры химии и технологии органических соединений азота

Обухов Евгений Олегович, аспирант второго года обучения кафедры общей химической технологии

Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева, Москва, Россия

125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

*Изучено влияние температуры обжига палладиевого катализатора на стадии нанесения активного компонента на его активность в процессе восстановления п-нитротолуола до п-толуидина. Получены значения оптимальных температур обжига катализатора для данной реакции.*

**Ключевые слова:** гетерогенный катализ; каталитическое гидрирование; палладиевый катализатор; стадия обжига; оксид редкоземельного элемента (ОРЗЭ)

## CALCINATION TEMPERATURE IMPACT ON THE ACTIVITY OF PALLADIUM CATALYST IN THE REACTION OF HYDROGENATION OF PARA-NITROTOLUENE

Dubko A.I.\*, Yudin N.V., Pinchuk Yu.A., Obuhov E.O.

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

*An impact of calcination temperature of the palladium catalyst after the active component was introduced on the activity in the hydrogenation process of para-nitrotoluene was investigated. Optimal temperature data for the calcination process for the catalyst of para-nitrotoluene hydrogenation was obtained.*

**Keywords:** heterogeneous catalysis; rare-earth element oxides; catalytic hydrogenation; palladium catalyst; calcinations process; rare-earth element oxide (REEO)

В [1] приведён общий обзор, связанный с палладиевыми катализаторами, отмечено, что синтез каталитических систем является «смесью» теоретических знаний, эмпирического опыта и интуиции в виду огромного количества параметров, изменяя которые можно регулировать активность этих самых систем.

Одним из параметров, представляющих интерес в виду его влияния на активность катализатора, является температура обжига катализатора после стадии нанесения палладия. В данной работе палладий наносился методом пропитки носителя раствором соли палладия. Использованные носители -  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  и 6%  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  /  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ , представляющий из себя  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  с нанесёнными 6%  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Последний ( $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) служит для повышения удельной поверхности. Носитель затем модифицировали 5% оксида тербия  $\text{Tb}_4\text{O}_7$ . Затем подложка пропитывалась раствором хлорпалладиевой кислоты  $\text{H}_2[\text{PdCl}_4]$  из расчёта 5% металлического палладия на катализаторе. После сушки при 110°C катализатор восстанавливается (перевод активного компонента в металлическую форму), обжигается в печи (металлический палладий окисляется), а затем снова восстанавливается до

металлической формы, проявляющей каталитические свойства в процессах гидрирования.

Варьируя условия стадии обжига, были получены восемь образцов:

- 1) 5% Pd/ 5%  $\text{Tb}_4\text{O}_7$  /  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  без обжига;
- 2) 5% Pd/ 5%  $\text{Tb}_4\text{O}_7$  /  $\alpha$ -  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , обжиг при температуре 550°C;
- 3) 5% Pd/ 5%  $\text{Tb}_4\text{O}_7$  /  $\alpha$ -  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , обжиг при температуре 650°C;
- 4) 5% Pd/ 5%  $\text{Tb}_4\text{O}_7$  /  $\alpha$ -  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , обжиг при температуре 750°C;
- 5) 5% Pd/ 5%  $\text{Tb}_4\text{O}_7$  / 6%  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  /  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  без обжига;
- 6) 5% Pd/ 5%  $\text{Tb}_4\text{O}_7$  / 6%  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  /  $\alpha$ -  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , обжиг при температуре 550°C;
- 7) 5% Pd/ 5%  $\text{Tb}_4\text{O}_7$  / 6%  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  /  $\alpha$ -  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , обжиг при температуре 650°C;
- 8) 5% Pd/ 5%  $\text{Tb}_4\text{O}_7$  / 6%  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  /  $\alpha$ -  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , обжиг при температуре 750°C;

Первый и пятый образцы сразу после сушки подвергались восстановлению, по окончании которого использовались в процессе гидрирования п-нитротолуола. Все образцы, подвергнутые обжигу, также проходили стадию восстановления оксида

палладия, нанесённого на подложку, до его металлической формы.

Условия реакции: температура в реакторе типа «автоклав» - 60°C, давление в аппарате – 10 МПа, скорость вращения мешалки – 1000 об/мин. Схема реакции восстановления изображена на рисунке 1.

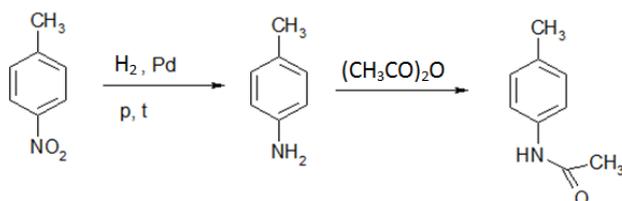


Рис. 1. Схема восстановления п-нитротолуола

Полученный продукт (п-толуидин) обрабатывался смесью уксусный ангидрид – бензол (1:6) для проведения ацильной защиты аминной группы с целью предотвращения её окисления.

Результаты изучения реакции восстановления п-нитротолуола с использованием полученных катализаторов представлены в таблице 1.

Табл. 1. Зависимость скорости поглощения водорода от температуры обжига

Катализатор	Темп. обж., °С	Нач. скор. погл., моль/с, 10 <sup>5</sup>
Pd/Tb <sub>4</sub> O <sub>7</sub> /α-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	без обжига	1.02
Pd/Tb <sub>4</sub> O <sub>7</sub> /α-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	550	1.79
Pd/Tb <sub>4</sub> O <sub>7</sub> /α-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	650	7.53
Pd/Tb <sub>4</sub> O <sub>7</sub> /α-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	750	4.55
Pd/Tb <sub>4</sub> O <sub>7</sub> /6% γ-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /α-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	без обжига	2.74
Pd/Tb <sub>4</sub> O <sub>7</sub> /6% γ-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /α-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	550	4.76
Pd/Tb <sub>4</sub> O <sub>7</sub> /6% γ-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /α-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	650	3.54
Pd/Tb <sub>4</sub> O <sub>7</sub> /6% γ-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /α-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	750	1.30

Из полученных экспериментальных данных видно, что, в случае α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> носителя, максимальная скорость поглощения наблюдается при обжиге при 650°C, а при использовании в качестве подложки 6%

γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – при 550°C. Дальнейшее повышение температуры обжига ведёт к снижению скорости поглощения водорода, и, следовательно, снижению скорости реакции гидрирования на обоих типах носителя.

Повышение активности катализатора при наличии обжига объясняется тем, что при повышенных температурах палладий начинает более равномерно распределяться по носителю, а также перекристаллизовываться, что ведёт к уменьшению частиц палладия на носителе. Что, в свою очередь, увеличивает площадь поверхности, которая может играть роль активных центров для адсорбции реагентов.

Причина падения скорости поглощения водорода при температурах обжига 650°C и 750°C заключается, по мнению учёных [2], в образовании алюмината тербия TbAlO<sub>3</sub>. По данным исследователей, он меняет физико-химические свойства поверхности катализатора (в частности, окислительно-восстановительные свойства), что негативно сказывается на активности каталитической системы.

Другой причиной, приводящей к падению активности с ростом температуры обжига, может являться процесс диффузии палладия вглубь носителя. Из-за этого снижается его содержание на поверхности, активных центров становится меньше, скорость реакции падает.

Методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) были получены микрофотографии поверхности следующих образцов катализаторов – носитель - α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, обжиг при 550°C (рисунок 3), носитель - α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, обжиг при 650°C (рисунок 4), носитель - 6% γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, не подвергавшийся обжигу (рисунок 5), носитель - 6% γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, обжиг при 550°C (рисунок 6).

Микрофотографии помогают оценить состояние поверхности в целом, а также палладия в частности (белые участки на микрофотографии). Видно (рисунки 3 и 4), что повышение температуры обжига приводит к более равномерному распределению по частице керамического носителя. Похожая картина наблюдается и на другом типе носителя (рисунки 5 и 6) – палладий на образце без обжига находится на носителе в виде достаточно больших агломератов, распределение его нельзя назвать равномерным. При обжиге 550°C палладий, как сказано выше, начинает распределяться по поверхности, а размер частиц уменьшается.

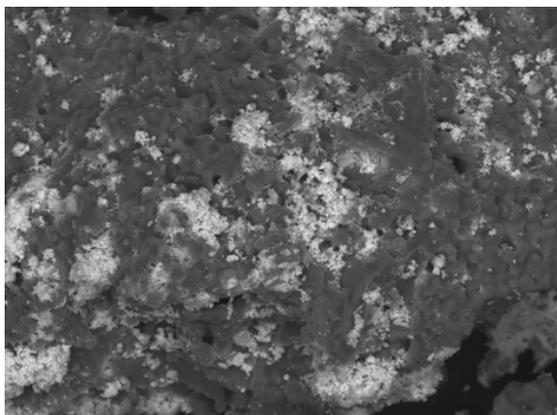


Рис. 3. Поверхность Pd/Tb<sub>4</sub>O<sub>7</sub>/α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, обжиг 550°C

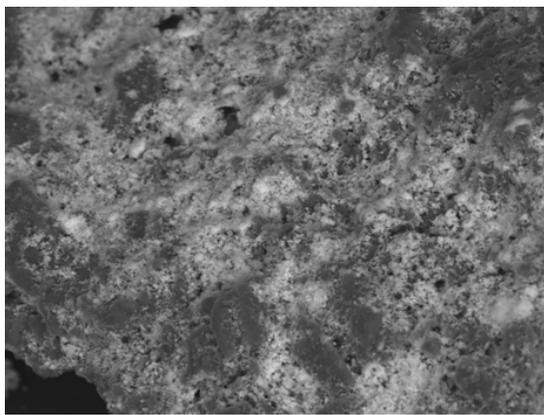


Рис. 4. Поверхность Pd/Tb<sub>4</sub>O<sub>7</sub>/α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, обжиг 650°C

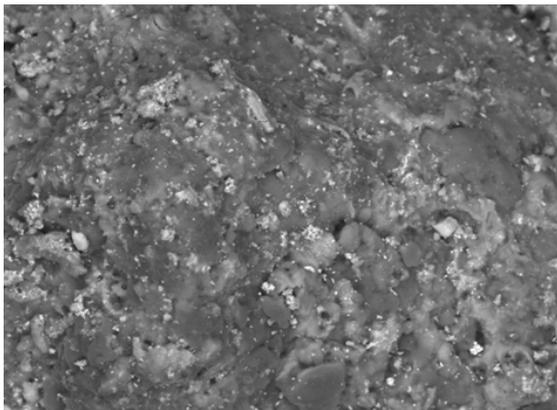


Рис. 5. Поверхность Pd/Tb<sub>4</sub>O<sub>7</sub>/6% γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> /α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> без обжига

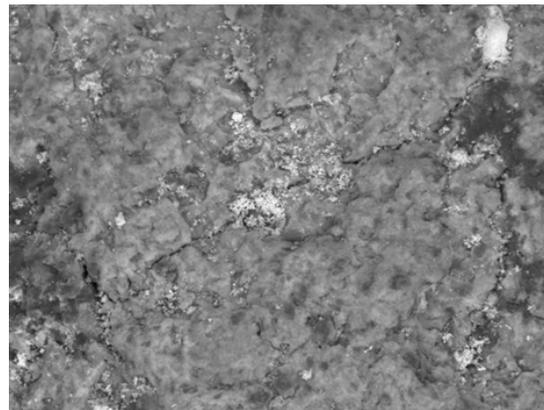


Рис. 6. Поверхность Pd/Tb<sub>4</sub>O<sub>7</sub>/6% γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> /α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, обжиг 550°C

Таким образом, изучена стадия обжига после нанесения палладия на подложку. Оптимальной температурой обжига является 650°C, если используется α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в качестве носителя, и 550°C, если подложка представляет собой 6% γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Дальнейшее повышение приводит к падению скорости гидрирования, что может быть связано как с образованием новых соединений (алюмината тербия), так и с диффузией активного компонента (палладия) вглубь носителя.

#### Литература

1. Лисицын А.С., Нармон В.Н., Дуплякин В.К., Лихолобов В.А. – Современные проблемы и перспективы развития исследований в области нанесённых палладиевых катализаторов // Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева – 2006. – Т. 50. – № 4. – С. 140-153.
2. Colussi S., Leitenburg C., Dolcetti G., Trovarelli A. The role of rare earth oxides as promoters and stabilizers in combustion catalysts // Journal of Alloys and Compounds. – 2004. - V. 373. – P. 387-392.

УДК 658.7.01

Сухоедова А.В., Богомолов Б.Б.

## АЛГОРИТМ ВЫБОРА ПОСТАВЩИКОВ СЫРЬЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТЕСТ-СИСТЕМ В БИОХИМИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ

Сухоедова Анастасия Владимировна, студентка 1 курса магистратуры факультета инженерной химии; Богомолов Борис Борисович, к.т.н., доцент, e-mail: [bb\\_ikt@muctr.ru](mailto:bb_ikt@muctr.ru); Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия 125047, Москва, Миусская пл., д.9

*Тема создания предприятий имеет важное место в мире в настоящее время, каждое предприятие имеет свои особенности. В данной работе рассмотрена методика создания малого инвестиционного предприятия на примере производства тест-систем в области биохимии и биотехнологии со своими особенностями. Предложен алгоритм выбора поставщиков сырья для такого рода предприятий.*

**Ключевые слова:** малое инвестиционное предприятие, поставщики, тест-системы, рейтинг.

## ALGORITHM FOR SELECTING SUPPLIERS OF RAW MATERIALS FOR PRODUCTION OF A TEST-SYSTEM IN A SMALL INVESTMENT ENTERPRISE

Sukhoedova A.V., Bogomolov B.B.\*

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

*The theme of creating enterprises has an important place in the world at present, each enterprise has its own characteristics. In this paper, the method of creating a small investment enterprise is considered, with the example of the production of test systems in the field of biochemistry and biotechnology with its own characteristics. An algorithm for selecting suppliers of raw materials for such enterprises is proposed.*

**Keywords:** small investment company, supplier, test-system, rating.

Многие биотехнологические производства реализуются в виде малых предприятий, что связано с небольшими объемами производимых продуктов и разнообразием технологических решений. Малое инвестиционное предприятие (МИП) – это коммерческие организации с численностью сотрудников до 100 человек, осуществляющие практическую реализацию технологий (продуктов), содержащих конфиденциальные сведения технического, экономического, административного, финансового или иного характера и получающие наибольшую долю доходов от производства и реализации инновационной продукции [1].

Рассматривая методику создания малого инвестиционного предприятия на примере производства тест-систем в биохимии, необходимо учитывать особенности объектов биотехнологии, каждая из которых играет немаловажную роль в процессе создания и функционирования предприятия. Начальными этапами создания МИП являются: анализ рынка; выбор организационно-правовой формы; государственная регистрация предприятия. После регистрации предприятия и набора соответствующего персонала начинаются работы по реализации проекта создания предприятия, включающие научные исследования, разработку спецификации продукта, выбор и оценку организационно-технологических ресурсов производства, технологический маркетинг и т.д.

Одной из важнейших задач при обеспечении ресурсами биотехнологического производства является задача поиска поставщиков сырья, что связано с особыми требованиями к качеству сырья, срокам и объемам поставки, принципам хранения и транспортировки [2].

Процесс выбора поставщика включает следующие этапы: – определение потребностей; – формирование требований; – решение «делать или покупать»; – определение типов закупки в зависимости от сроков и характера поставки (установившиеся закупки, модифицированные закупки, новые закупки); – выявление потенциальных поставщиков; – анализ возможных поставщиков; – оценка принципов доставки; – контроль поставок [3].

Для анализа качества поставщиков предлагается алгоритм расчета рейтинга, включающего различные ключевые параметры (надежность, цена, качество, время доставки и т.д.). Предложенный алгоритм выбора поставщиков универсален, но обязательно должен учитывать особенности поставляемых продуктов и потребляющей технологии.

В данной работе рассматривается создание МИП по производству тест-систем для иммуноферментного анализа (ИФА), где одними из основных сырьевых ресурсов для реагентов являются серная кислота и хлорид натрия [2]. В первую очередь необходимо выбрать критерии, по

которым будут оцениваться поставщики (ключевые параметры), после чего следует определить вес каждого из критериев и провести оценку итогового рейтинга (R), с учетом значимости каждого критерия для предприятия. Весовые критерии выбираются таким образом, чтобы их сумма была равна единице [3].

$$R = (T_{ц} \times B + T_{н.к.} \times C + T_{ср.з} \times T_{н.п.}) \times V_{п} \quad (1),$$

где B – показатель цены;

C – показатель качества товара;

T<sub>ср.з.</sub> – показатель средней задержки поставщика;

T<sub>ц</sub> – показатель средневзвешенного темпа роста цен;

T<sub>н.к.</sub> – показатель темпа роста поставок ненадлежащего качества по каждому поставщику;

T<sub>н.п.</sub> – показатель темпа роста среднего опоздания по каждому поставщику

V<sub>п</sub> – объем поставки.

Для каждого поставщика сырья определяются характеристики, включаемые в таблицу базы данных (таблица 1), используемую как исходная информация алгоритма выбора поставщиков. Источниками информации являются как нормативная информация о поставщиках, так и результаты мониторинга их деятельности.

Таблица 1. Фрагмент массива таблицы исходных данных.

ПОСТАВЩИК	МЕСЯЦ	ТОВАРЫ	ОБЪЕМ ПОСТАВКИ (V <sub>п</sub> ), КГ	ЦЕНА (B), РУБ.	ТОВАРЫ НЕНАДЛЕЖАЩЕГО КАЧЕСТВА (C)	СРЕДНЯЯ ЗАДЕРЖКА ОДНОЙ ПОСТАВКИ (T <sub>ср.з.</sub> ), ДНЕЙ
Трнаскемикл-экспресс	январь	Серная кислота	1000	11000	3	3
	Январь	Хлорид натрия	1000	17500		
Неокем	Январь	Серная кислота	1000	8500	4	3
	Январь	Хлорид натрия	1000	13700		
Арчиба	Январь	Серная кислота	1000	10500	4	3
	Январь	Хлорид натрия	1000	16500		
...	...	...	...	...	...	...
Трнаскемикл-экспресс	Февраль	Серная кислота	1000	10000	2	3
	Февраль	Хлорид натрия	1000	15500		
Неокем	Февраль	Серная кислота	1000	6500	4	4
	Февраль	Хлорид натрия	1000	13500		
Арчиба	Февраль	Серная кислота	1000	12500	5	3
	Февраль	Хлорид натрия	1000	16500		
...	...	...	...	...	...	...

Для расчёта рейтинга (1), учитывающего тенденцию изменения показателей, по которым производится оценка поставщиков, используются соотношения, представленные ниже.

1. Средневзвешенный тем роста цен (2):

$$T_u = \sum_{i=1}^n T_{ц_i} \times d_i, (2)$$

где  $T_{ц_i}$  - тем роста цены на  $i$ -ю разновидность поставляемого товара;

$d_i$  - доля  $i$ -ой разновидности товара в общем объеме поставок текущего периода;

$n$  - количество поставляемых разновидностей товаров. [3]

2. Темп роста цены на  $i$ -ю разновидность поставляемого товара (3):

$$T_{ц_i} = \frac{P_{i1}}{P_{i0}} \times 100, (3)$$

где  $P_{i1}$  - цена  $i$ -ой разновидности товара в текущем периоде;

$P_{i0}$  - цена  $i$ -ой разновидности товара в предшествующем периоде. [3]

1. Доля  $i$ -ой разновидности товара в общем объеме поставок (4):

$$d_i = \frac{S_i}{\sum S_i}, (4)$$

где  $S_i$  - сумма на стоимость товара  $i$ -ой разновидности в текущем периоде, руб. [3]

3. Темп роста поставок ненадлежащего качества по каждому поставщику (5):

$$T_{н.к.} = \frac{d_{н.к.1}}{d_{н.к.0}} \times 100, (5)$$

где  $d_{н.к.1}$  - доля товара ненадлежащего качества в общем объеме текущего периода;

$d_{н.к.0}$  - доля товара ненадлежащего качества в общем объеме поставок предшествующего периода. [1]

4. Темп роста среднего опоздания по каждому поставщику (6):

$$T_{н.п.} = \frac{O_{сп1}}{O_{сп0}} \times 100, (6)$$

где  $O_{сп1}$  - среднее опоздание на одну поставку в текущем периоде, дней;

$O_{сп0}$  - среднее опоздание в предшествующем периоде, дней. [3]

Весовые коэффициенты показателей цена, качество и надежность поставки равны соответственно: 0,5; 0,3; 0,2. Подобная методика расчета хороша тем, что можно менять вес каждого критерия в зависимости от желания лица, принимающего решение (директор, технолог, экономист и т.д.).

Таблица 2. Расчёт рейтинга поставщиков

Поставщик	Темп роста цен	Тем роста количества товаров ненадлежащего качества	Тем роста поставок	Рейтинг поставщика
Трнаскемикл-экспресс	89,49	66,67	100,00	84,74
Неокем	82,05	100	133,33	97,69
Арчиба	114,70	125	75,00	109,85
ХимПро	112,09	75	33,33	85,21
Профхим	104,59	100	75,00	97,30

Таким образом, предложенный алгоритм составления рейтинга позволяет решить такие задачи как: сопоставление поставщиков и выявление лучшего поставщика, оценка динамики улучшения качества, выявление и анализ проблем качества. Качество товара, как и конкурентоспособность, напрямую зависит от качества работы поставщиков. Некачественная продукция ведет либо к неоправданным затратам, либо к неудовлетворенности потребителей. И то, и другое сказывается на результатах деятельности предприятия. Поэтому задача выбора поставщика является достаточно сложной и непростой, а предложенный алгоритм позволяет её упростить. При составлении рейтинга поставщика только по ключевым критериям, мы получим недостаточно точную картину, поэтому важно использовать именно алгоритм расчета рейтинга, учитывающий

тенденции изменения показателей, предложенный в данной работе.

#### Список литературы

1. Меньшиков В.В., Аверина Ю.М., Зубарев А.М. Технологический маркетинг, коммерциализация и принципы реализации инноваций, Учеб. Пособие/ - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2017. - 140 с.
2. Сухоедова А.В., Меньшиков В.В. Технология использования антигенов в производстве тест-систем для иммуноферментного анализа. «Успехи в химии и химической технологии»: Сборник научных трудов. Том XXX, №2 - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2016. с. 75 - 76.
3. Ельдештейн Ю.М. Логистика: электронный учебно-методический комплекс. [Электронный ресурс] URL: [http://www.kgau.ru/distance/fub\\_03/eldeshtein/logistika/02\\_01\\_prakt.html](http://www.kgau.ru/distance/fub_03/eldeshtein/logistika/02_01_prakt.html) (дата обращения 15.05.2017).

УДК 620.197.2: 621.794.61

Волкова А. Э., Абрашов А. А., Григорян Н. С., Ваграмян Т.А.

## ПАССИВАЦИЯ ОЦИНКОВАННОЙ СТАЛИ В ТИ-СОДЕРЖАЩИХ РАСТВОРАХ

**Волкова Анастасия Эдуардовна**, студент 5 курса факультета инженерной химии;

**Абрашов Алексей Александрович**, к.т.н., доцент кафедры инновационных материалов и защиты от коррозии, e-mail: [abr-aleksey@yandex.ru](mailto:abr-aleksey@yandex.ru);

**Григорян Неля Сетраковна**, к.х.н., доцент кафедры инновационных материалов и защиты от коррозии

**Ваграмян Тигран Ашотович**, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой инновационных материалов и защиты от коррозии

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

125047, Москва, ул. Миусская площадь, д. 9

*Разработан процесс бесхроматной пассивации цинковых покрытий. Показано, что защитные титансодержащие покрытия на оцинкованных стальных деталях по защитным характеристикам сопоставимы с бесцветными хроматными покрытиями, а с дополнительной финишной обработкой «top-coat» - с радужными хроматными покрытиями. Выявлено, что разработанные покрытия выдерживают термошок без ухудшения характеристик*

**Ключевые слова:** оксидно-титановые покрытия, защита от коррозии, обработка поверхности, бесхроматная пассивация, конверсионные покрытия.

## PASSIVATION OF ZINC-PLATED STEEL IN TITANIUM-CONTAINING SOLUTIONS

Volkova A.E., Abrashov A.A., Grigoryan N.S., Vagramyan T.A.

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

*Process was developed for free-chromate passivation of zinc coatings. An optimal composition of the solution was developed. The homogeneous solid coatings are formed at a temperature 40°C and pH 2.5 on the surface of zinc-plated samples. It was shown that titanium-oxide passivating coatings on the zinc-plated steel articles compare well in corrosion resistance and protecting capacity with iridescent chromate coatings. It was revealed that, unlike chromate coatings, the developed cerium and silicon-containing coatings withstand the thermal shock without degrading of characteristics.*

**Keywords:** titanium-oxide coatings, corrosion protection, surface treatment, chromate-free pasivation, conversion coatings.

Известно, что растворы хроматирования весьма токсичны из-за входящих в их состав ионов шестивалентного хрома. Формирующиеся в них конверсионные покрытия также содержат до 200 мг/м<sup>2</sup> токсичных соединений Cr(VI). В 2000 г. была принята европейская Директива 2000/53/ЕС, ограничивающая присутствие соединений Cr(VI) в конверсионных покрытиях, а в 2002 г. принимается дополнение к указанной директиве, полностью запрещающее с июля 2007 г. присутствие Cr(VI) в конверсионных покрытиях, наносимых при изготовлении автомобилей [1]. Подобные директивы вступили в силу в Китае с 1 марта 2007, а Южной Кореи с 1 июля 2007 года.

В Российской Федерации аналогичные директивы не действуют, но проблема замены растворов, содержащих шестивалентный хром, стоит не менее остро, поскольку действующий СанПиН 2.1.5.980-00 регламентирует ПДК соединений Cr(VI) в сточных водах промышленных предприятий 0,02-0,05 мг/л, что на порядок ниже, чем в странах ЕС - 0,1-0,5 мг/л.

Существенным недостатком процессов хроматирования также является низкая термостойкость формирующихся покрытий при термошоке, т.е. нагревании до температур 120°C и более их защитная способность резко снижается, что недопустимо для деталей, работающих, например, в

подкапотном пространстве или других горячих точках автомобиля. Кроме того, в результате термошока хроматные пленки утрачивают способность самозалечиванию [2].

Возможной альтернативой хроматированию являются процессы пассивирования в церий-содержащих [3,4], кремний-содержащих [5,6] или кристаллического фосфатирования с последующей пропиткой покрытий ингибирующими композициями [7,8].

По мнению некоторых авторов наиболее перспективной заменой хроматных пленок являются конверсионные оксидноциркониевые и оксидтитановые покрытия [9,10]. В литературе имеются сведения об импортных технологиях нанесения данных конверсионных покрытий, однако, составы растворов и параметры процессов авторами не раскрываются. Отечественные публикации или патенты по указанным процессам в научно-технической литературе, а также в интернет ресурсах отсутствуют.

Настоящая работа посвящена разработке процесса нанесения защитных конверсионных титансодержащих покрытий на оцинкованные поверхности.

Был разработан раствор, содержащий гексафтортитановую кислоту H<sub>2</sub>TiF<sub>6</sub>, парамолибдат аммония (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub> и никель азотнокислый

$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .

Исследования показали, что допустимые значения pH растворов находятся в интервале 4,5-5,5 единиц, а рабочий диапазон температур 18-25°C.

Выявлено, что введение в раствор молибдата аммония в количестве до 0,4 г/л повышает защитную способность покрытий с 7 до 17 с [11].

Изучено влияние на процесс гидроксикарбоновых кислот таких, как лимонная, яблочная, винная, молочная и щавелевая. Установлено, что введение в раствор винной кислоты в количестве не менее 0,4 г/л повышает защитную способность получаемых покрытий с 17 до 36 с.

Установлено, что введение в рабочий раствор ионов  $\text{Mn}^{2+}$  способствует появлению у формирующихся защитных покрытий способности к самозалечиванию. Выявлено, что сеть царапин на титансодержащем покрытии через 20 часов испытаний в 0,003 М растворе NaCl полностью зарастает образующимся покрытием.

Для повышения защитной способности хромитных пассивирующих покрытий на цинке на практике применяют их дополнительную защиту или «sealer», представляющие собой тонкие органические или неорганические плёнки, которые наносятся как финишное покрытие.

В настоящей работе была разработана нетоксичная (4 класс опасности) композиция на

основе сложных эфиров галловой кислоты для формирования финишного «top-coat» на титансодержащих покрытиях, зашифрованная нами как ТЦ-1. Данное исследование позволило определить рабочий диапазон добавки ТЦ-1.

Определено, что защитная способность оксидно-титановых покрытий, пропитанных в течение 1-2 мин в водном растворе, содержащем 2,5 г/л добавки ТЦ-1 при температуре рабочего раствора 18-30 °С и температуре сушки получаемых покрытий 80-120 °С, возрастает более чем в 8 раз по сравнению с непропитанными оксидно-титановыми покрытиями и достигает значения 300 с.

Следует отметить, что по цвету и по внешнему виду оксидно-титановые покрытия практически не отличаются от бесцветных хроматных покрытий на цинке, а пропитывание оксидно-титановых покрытий финишной композицией изменяет цвет покрытия с бесцветного на радужный.

Из рис. 1 видно, что после пассивации оксидно-титанового покрытия в растворе ТЦ-1 на поверхности количество цинка уменьшилось, а титан вовсе отсутствует. По-видимому, это объясняется образованием в порах и на поверхности титансодержащего покрытия сложных комплексных соединений цинка с компонентами пропитывающего раствора, содержащего ТЦ-1, что косвенно подтверждается присутствием на поверхности образца групп  $-\text{CH}$  и  $-\text{COOH}$ .

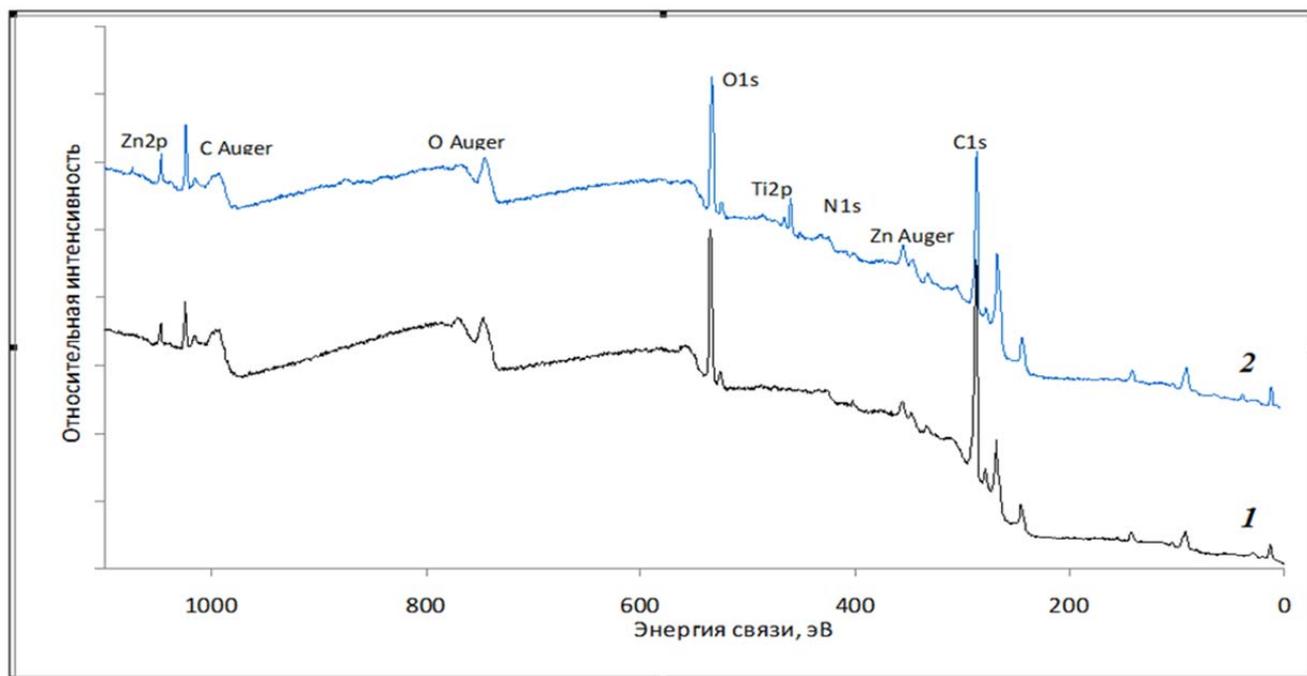


Рис.1. Обзорный РФЭ спектр образца до (1) и после (2) пропитывания в композиции ТЦ-1

Эллипсометрически установлено, что толщина оксидно-титановых слоёв составляет 60 нм, а после нанесения покрытия «top-coat» возрастает до 70-80 нм, что существенно меньше толщины хроматных покрытий на цинке (200-1000 нм).

С целью выявления возможности эксплуатации покрытий в условиях высоких температур образцы подвергались термошоку: прогревались в течение 1

часа при температуре 120°C. Было установлено, что защитная способность титансодержащих покрытий после нагревания не снижается, в то время как защитная способность хроматных покрытий, как и следовало ожидать, снизилась с 60 до 12 с.

С этими результатами коррелируют результаты коррозионных испытания (ASTM B117) в камере соляного тумана (рис. 2).

Время до появления первых очагов белой коррозии на титаносодержащих покрытиях составляет 36 ч, что превышает время, регламентированное для бесцветных хроматных покрытий на цинке (24 ч). Время до появления белой коррозии для титаносодержащих покрытий с top-coat

составляет 92 часа без термошока, что превышает время (72 часа), регламентируемые стандартом ИСО 9227:2012 для радужных хроматных покрытий, и 70 часов после термошока (для хроматных покрытий ИСО не регламентирует).

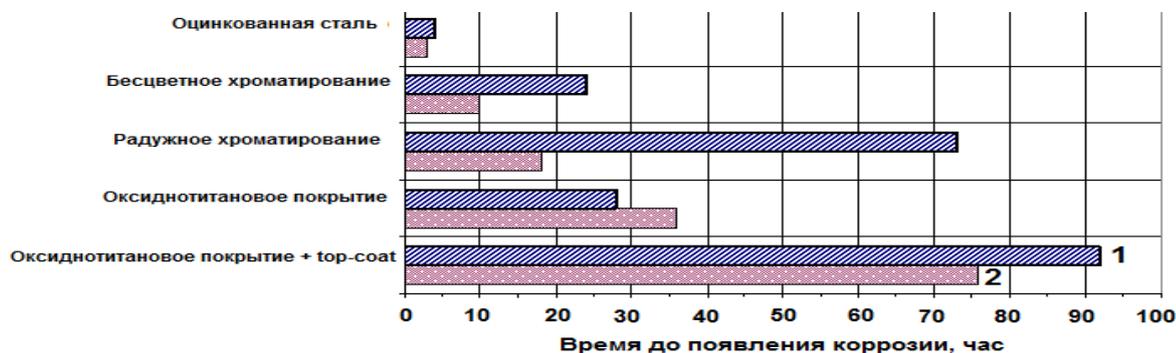


Рис.2. Результаты коррозионных испытаний покрытий в камере соляного тумана до (1) и после (2) термошока

Проведены коррозионные испытания оцинкованной стали с защитным покрытием по стандарту (ASTM D-2247-11) в камере влажности.

Выявлено, что первые очаги коррозии на оксидно-титановых покрытиях наблюдаются через 384 часа испытаний, а на хроматных через 360 часов испытаний.

В ходе экспериментов было обнаружено, что пропитывающая композиция обладает следующим недостатком: в процессе хранения раствора в нём начинает появляться плесень и происходит резкое снижение защитных характеристик покрытий.

Для устранения этого явления был исследован ряд пищевых консервантов. Установлено, что введение в пропитывающую композицию бензоата натрия в количестве не менее 0,1 г/л увеличивает срок службы раствора с 3-5 дней до нескольких месяцев, защитная способность покрытий при этом практически не снижается.

Т.о., разработанные титаносодержащие пассивирующие покрытия на оцинкованных стальных деталях по коррозионной стойкости и защитной способности сопоставимы с радужными хроматными покрытиями, и в отличие от последних, выдерживают термошок без ухудшения защитных характеристик.

### Список литературы

1. Replacement hexavalent chromium in automotive industry for ELV Directive. // Harris A. Bhatt, technical paper, Sur/Fin. 6/2002.
2. Гарднер А., Шарф Д. Эффективная замена хроматных растворов пассивирования гальванических покрытий цинком и его сплавами // Гальванотехника и обработка поверхности. – 2002. – Т. X. – №4. – С. 39.
3. Абрашов А.А., Григорян Н.С., Ваграмян Т.А., Желудкова Е.А. и др. Пассивация цинковых покрытий в церийсодержащих растворах // ЖПХ. –

2015. – Т. 88. – № 10. – С. 1409-1413.

4. Желудкова Е.А., Абрашов А.А., Григорян Н.С., Ваграмян Т.А. Пассивация цинковых покрытий в церий-содержащих растворах. // Успехи в химии и химической технологии. – 2015. – Т. 29. – № 2 (161). – С. 83-85.

5. Yuning FAN, Ping LIN, Shaodui SHI Silicate-Based Passivation Technique on Alkaline Electrodeposited Zinc Coatings // Advanced Materials Research. – 2011. – V. 154-155. – P. 433-436.

6. Yuning Fan, Yehua Jiang, Rong Zhou New Passivating Method to Galvanized Zn Coatings on Steel Substrate // Advanced Materials Research. – 2011. – V 163-167. – P. 4555-4558.

7. Mezhuev, Ya.O.; Korshak, Yu.V.; Vagramyan, T.A.; Abrashov, A.A. et. al. New anticorrosion coatings based on crosslinked copolymers of pyrrole and epoxy-containing compounds. // International Polymer Science & Technology. – 2014. – V. 41. № 4. – P. T53-T60.

8. Абрашов А.А., Розанова Д.И., Григорян Н.С., Ваграмян Т.А. и др. О возможности замены процессов хроматирования на процессы фосфатирования оцинкованной поверхности. // Коррозия: материалы, защита. – 2011. – № 11. – С. 44-48.

9. Yu-Te Tsai, Kung-Hsu Hou, Ching-Yuan Bai, Jeou-Long Lee et. al. The influence on immersion time of titanium conversion coatings on electrogalvanized steel. // Thin Solid Films. – 2010. – № 518. – P. 7541-7544.

10. Josiane Soares Costa, Raquel Dei Agnoli, Jane Zoppas Ferreira Corrosion behavior of a conversion coating based on zirconium and colorants on galvanized steel by electrodeposition. // Tecnol. Metal. Mater. Miner. – 2015. – Vol. 12. – №. 2. – P.167-175.

11. Волкова А.Э., Абрашов А.А., Григорян Н.С., Ваграмян Т.А. Защитные оксидно-титановые нанопокрyтия на оцинкованной стали // Успехи в химии и химической технологии. – 2016. – Т. 30. – № 2 (171). – С. 77-79.

УДК 620.197.2: 621.794.61

Желудкова Е.А., Абрашов А.А., Григорян Н.С., Ваграмян Т.А.

## РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССА БЕСХРОМАТНОЙ ПАССИВАЦИИ ЦИНКОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

**Желудкова Екатерина Александровна**, студент 6 курса факультета инженерной химии;

Абрашов Алексей Александрович, к.т.н., доцент кафедры инновационных материалов и защиты от коррозии, e-mail: [abr-aleksey@yandex.ru](mailto:abr-aleksey@yandex.ru);

**Григорян Неля Сетраковна**, к.х.н., доцент кафедры инновационных материалов и защиты от коррозии

**Ваграмян Тигран Ашотович**, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой инновационных материалов и защиты от коррозии

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия  
125047, Москва, ул. Миусская площадь, д. 9

*Разработаны процессы нанесения церий- и кремнийсодержащих покрытий на оцинкованную сталь. Установлено, что разработанные пассивирующие покрытия на оцинкованных стальных деталях по защитной способности сопоставимы с радужными хроматными покрытиями. Выявлено, что церийсодержащие покрытия, как и хроматные, обладают способностью к самозалечиванию. Показано, что, в отличие от хроматных покрытий, разработанные церий- и кремний-содержащие покрытия выдерживают термошок без ухудшения характеристик. Установлено, что толщина церийсодержащих покрытий составляет 65 нм, а кремнийсодержащих 50 нм.*

**Ключевые слова:** Защита от коррозии, конверсионные покрытия, церийсодержащие покрытия, кремнийсодержащие покрытия, обработка поверхности, бесхроматная пассивация.

## DEVELOPMENT OF CHROMATE-FREE PASSIVATION PROCESSES FOR GALVANIZED SURFACES

Zheludkova E.A., Abrashov A.A., Grigoryan N.S., Vagramyan T.A.

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

*The processes of applying cerium and silicon-containing coatings to galvanized steel have been developed. It is established that the developed passivation coatings applied on galvanized steel parts for corrosion resistance and protective ability are comparable with chromate coatings. It has been revealed that cerium-containing coatings, like chromate coatings, have the ability to self-heal. It was revealed that, unlike chromate coatings, the developed cerium and silicon-containing coatings withstand the thermal shock without degrading of characteristics. It was established that the thickness of cerium-containing coatings is about 65 nm, and that of silicon-containing coatings is about 50 nm.*

**Keywords:** corrosion protection, conversion coatings, cerium-containing coatings, silicon-containing coatings, surface treatment, chromate-free passivation.

Для повышения коррозионной стойкости гальванических цинковых защитных покрытий применяют процессы хроматирования. Образующиеся конверсионные хроматные пленки ингибируют коррозионные процессы на поверхности указанных металлов и, кроме того, обладают способностью к самозалечиванию при механических нарушениях целостности пленки.

Известно, что растворы хроматирования весьма токсичны из-за входящих в их состав ионов шестивалентного хрома. Проблема замены процессов хроматирования обострилась после принятия в 2000 г. европейской Директивы 2000/53/ЕС, ограничивающей присутствие соединений Cr(VI) в конверсионных покрытиях [1], а в 2002 г. дополнения к указанной директиве, полностью запрещающего с июля 2007 г. присутствие Cr(VI) в конверсионных покрытиях, наносимых при изготовлении автомобилей [2]. Подобные директивы вступили в силу в Китае с 1 марта 2007, а Южной Корее с 1 июля 2007 года. Кроме

того, директивы RoHS [3] и WEEE [4] запрещают присутствие Cr(VI) в металлических покрытиях электрического и электронного оборудования; использование Cr(VI) ограничивает и регламент REACH [5].

В литературе имеются сведения об импортных технологиях нанесения функциональных покрытий не содержащих в своем составе хрома, однако, составы растворов и параметры процессов авторами не раскрываются.

Возможной альтернативой хроматированию являются процессы пассивирования в церий- и кремний-содержащих растворах. В литературе имеются сведения об импортных технологиях нанесения данных конверсионных покрытий, однако, составы растворов и параметры процессов авторами не раскрываются. Отечественные публикации или патенты по указанным процессам в научно-технической литературе, а также в интернет ресурсах отсутствуют.

1 марта 2018 в Российской Федерации вступит в силу документ, запрещающий применение соединений хрома (VI) в компьютерах, холодильниках, стиральных машинах и других бытовых приборах. Это технический регламент Евразийского экономического союза «Об ограничении применения опасных веществ в изделиях электротехники и радиоэлектроники». Он будет действовать в странах ЕАЭС - в России, Белоруссии, Казахстане, Армении и Киргизии [6].

Наиболее перспективными процессами бесхроматной пассивации цинка являются процессы нанесения конверсионных церий или кремнийсодержащих покрытий.

Отечественные публикации или патенты по указанным процессам в научно-технической литературе, а также в интернет ресурсах отсутствуют, в связи с этим разработка технологии нанесения конверсионных церий и кремнийсодержащих покрытий является важной научно-прикладной задачей.

Таким образом, настоящая работа посвящена разработке процессов нанесения церий- и кремнийсодержащих покрытий в качестве альтернативы процессу хроматирования.

#### **Определение параметров процесса нанесения церийсодержащих покрытий**

Проведенные эксперименты позволили определить оптимальную область концентраций компонентов раствора, в которой формируются церийсодержащие покрытия. Установлено, что в интервале концентраций 10-25 г/л нитрата церия и 15-25 мл/л перекиси водорода в растворе на поверхности оцинкованных поверхностей формируются однородные сплошные покрытия с защитной способностью (ЗС) 30-35 с.

Исследования показали, что допустимые значения рН церийсодержащих растворов находятся в интервале 2,0-3,0 единицы.

Обзорные РФЭ спектры покрытий свидетельствуют о наличии в покрытии кислорода, церия, цинка и углерода. Выявлено, что церий присутствует в покрытии в трехвалентном и четырехвалентном состоянии, что согласуется с литературными данными.

Эксперименты показали, что при температуре раствора менее 40°C в нём формируются церийсодержащие покрытия неудовлетворительного качества с низкой защитной способностью, а при нагревании раствора свыше 60°C покрытия становятся не сплошными, их внешний вид ухудшается, защитная способность снижается. С учетом этих результатов за рабочий был выбран интервал температур раствора 40-60°C.

Было выявлено, что формирование покрытия при температуре 50°C и рН=2,5 единиц завершается в течение 45 с., ЗС покрытий в течение этого времени достигает максимума и далее почти не изменяется [7].

#### **Определение параметров процесса нанесения кремнийсодержащих покрытий**

Установлено, что в интервале концентраций 25-35 г/л метасиликата натрия пятиводного и 20-30 мл/л перекиси водорода в растворе на поверхности оцинкованных поверхностей формируются

однородные бесцветные с радужным отливом кремнийсодержащие покрытия с низкой защитной способностью 5-8 с.

Исследования показали, что допустимые значения рН кремнийсодержащих растворов находятся в интервале 2,0-2,5 единицы.

Экспериментально установлено, что формирование кремнийсодержащих слоев при температуре 20°C и рН=1,5-3 единиц завершается в течение 1,5-3 мин., при этом защитная способность покрытий достигает максимума (25 с).

Обзорные РФЭ спектры разработанных кремнийсодержащих покрытий выявили наличие в пленке соединений кремния, цинка, кислорода и водорода, что согласуется с литературными данными [8].

#### **Исследования получаемых покрытий**

Для сравнения характеристик и свойств покрытий, полученных из разработанных растворов, были выбраны хроматные покрытия полученные из раствора следующего состава: ЦКН-23 40-60 г/л, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1-5 мл/л; температура раствора 18-30 °С, рН раствора 1,5-2,0, продолжительность процесса 20-90 с.

Исследование морфологии покрытий с применением конфокального микроскопа LEXT-OSL 4100 позволило оценить структуру слоя, а также степень развития поверхности. Следует отметить, что хроматное и церийсодержащее покрытие обладает мелкокристаллической структурой слоя, при этом следует отметить, что размер кристаллитов хроматного покрытия гораздо больше. Кремнийсодержащее покрытие обладает аморфной структурой слоя, т.к. отсутствуют четкие очертания глобул, а поверхность весьма однородна. Выявлено, что церийсодержащее покрытие обладает высокой пористостью, глубина пор 100-300 нм. После высокотемпературной термообработки количество пор снижается.

С целью выявления возможности эксплуатации покрытий в условиях высоких температур (термошок) образцы прогревались в течение 1 часа при температуре 160°C. Защитная способность хроматных покрытий, как и следовало ожидать, резко снизилась до 12 с, в то время как защитная способность церийсодержащих покрытий не изменилась, а у кремнийсодержащих покрытий даже возросла с 35 до 40 с.

Проведенные коррозионные испытания в камере соляного тумана в соответствии со стандартом (ASTM B117) показали, что хроматные покрытия немного превосходят церийсодержащие покрытия и заметно уступают кремнийсодержащим покрытиям по защитной способности (рис. 1). Установлено, что время до появления первых очагов белой коррозии на церийсодержащих покрытиях составляет 72 часа, а на кремнийсодержащих 132 часа. Следует отметить, после термообработки защитная способность разработанных покрытий заметно выше чем у аналогов. Разработанные покрытия по защитной способности сопоставимы с хроматными и могут являться альтернативой последним.

Известно, что при наличии небольших повреждений хроматная пленка способна ко

вторичному пассивированию, так как имеющаяся на поверхности влага выщелачивает ионы хромовой кислоты, которые, попадая на оголенные места, вновь пассивируют цинк. С целью определения способности разрабатываемых покрытий к саморегенерации, на образцы с церий- и кремнийсодержащим покрытиями наносилась сетка поперечных надрезов и образцы помещались в 0,003 М раствор NaCl. Выявлено, что сеть царапин на церийсодержащем покрытии через 20 часов полностью зарастает образующимся покрытием (рис. 2). Следует отметить, что церийсодержащее термообработанное покрытие обладает более высокой склонностью к самозалечиванию (сеть царапин зарастает через 12 часов). Эффект самозалечивания у кремнийсодержащего покрытия не выявлен.

Эллипсометрическим методом была определена толщина церий- и кремнийсодержащих покрытий в сравнении с хроматными.

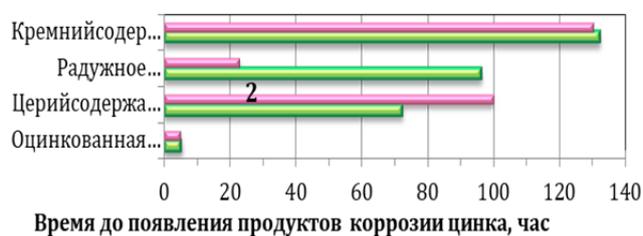


Рис.1. Результаты коррозионных испытаний покрытий в камере соляного тумана до (1) и после (2) термошока

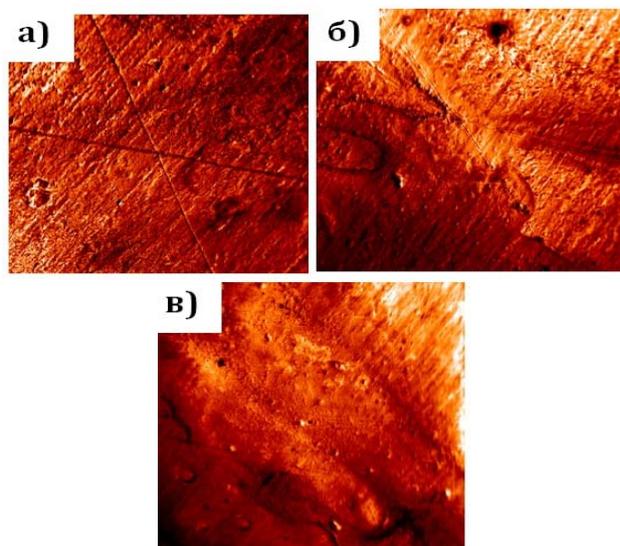


Рис.2. Анализ морфологии поверхности церийсодержащего покрытия для определения наличия эффекта «самозалечивания».

а) до начала испытания, б) 10 часов испытаний, в) 17 часов испытаний

Эллипсометрическим методом была определена толщина церий- и кремнийсодержащих покрытий в сравнении с хроматными.

Установлено, что толщина церий-содержащих покрытий составляет 65 нм, а кремнийсодержащих

50 нм. Следует особо отметить, что толщина данных покрытий заметно меньше толщины хроматных слоев (200-1000 нм).

Выявлено, что наибольшее количество цинка с оцинкованной стали стравливается в кремнийсодержащем растворе ( $2,65 \text{ г/м}^2$ ), что по видимому объясняется более низким значением pH. Следует отметить, что наименьшее количество цинка стравливается в церийсодержащем растворе ( $1,17 \text{ г/м}^2$ ). Определены значения удельной массы разработанных покрытий. Удельные массы церий- и кремнийсодержащих покрытий составляют  $0,85$  и  $0,83 \text{ г/м}^2$  соответственно, а масса хроматного покрытия  $1,3 \text{ г/м}^2$ .

Таким образом в результате выполненной работы показано, что разработанные церий- и кремнийсодержащие пассивирующие покрытия на оцинкованных стальных деталях по коррозионной стойкости и защитной способности сопоставимы с радужными хроматными покрытиями.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-03-00523\17.

#### Список литературы

1. Directive 2000/53/EC of the Parliament and the Council of Europe on September 18, 2000 "End-of-life-vehicles", Official Journal of the European Communities L269. – pp. 34-43.

2. Replacement hexavalent chromium in automotive industry for ELV Directive. // Harris A. Bhatt, technical paper, Sur/Fin. 6/2002.

3. Directive 2011/65 / EC (RoHS II) of the European Parliament and of the Council of 8 June 2011 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment.

4. Directive 2002/96 / EC of the European Parliament and of the Council of 27 January 2003 on waste electrical and electronic equipment.

5. Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 concerning the registration, assessment, authorization and limitation of chemicals (REACH), the establishment of the European Chemicals Agency.

6. Технический регламент Евразийского экономического союза «Об ограничении применения /опасных веществ в изделиях электротехники и радиоэлектроники» (ТР ЕАЭС 037/2016). Утвержден Советом Евразийской экономической комиссии 18.10.2016 (№113).

7. Абрашов А.А., Григорян Н.С., Ваграмян Т.А., Желудкова Е.А. и др. Пассивация цинковых покрытий в церийсодержащих растворах // ЖПХ. – 2015. – Т. 88. – № 10. – С. 1409-1413.

8. Желудкова Е.А., Абрашов А.А., Григорян Н.С., Ваграмян Т.А. Пассивация оцинкованной стали в Si-содержащих растворах. // Успехи в химии и химической технологии. – 2016. – Т. 30. – № 2 (171). – С. 80-82.

УДК 66.097.3:546.65

Дубко А.И., Юдин Н.В., Пинчук Ю.А., Обухов Е.О.

**ИССЛЕДОВАНИЕ АКТИВНОСТИ ПАЛЛАДИЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА КЕРАМИЧЕСКИХ НОСИТЕЛЯХ С ДОБАВКАМИ ОКСИДОВ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (ОРЗЭ)**

Дубко Алексей Игоревич, инженер I категории кафедры общей химической технологии, e-mail: alexeydubko1994@gmail.com;

Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева, Москва, Россия  
125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

Юдин Николай Владимирович, к.х.н., доцент кафедры химии и технологии органических соединений азота

Пинчук Юрий Анатольевич, ведущий инженер кафедры химии и технологии органических соединений азота

Обухов Евгений Олегович, аспирант второго года обучения кафедры общей химической технологии

*Изучена активность 5-ти % палладиевых катализаторов, модифицированных 5-ю % оксидов лантана, европия, гадолиния и тербия на двух типах керамических носителей –  $\alpha$ - $Al_2O_3$  и 6% $\gamma$ - $Al_2O_3$  /  $\alpha$ - $Al_2O_3$  в модельной реакции гидрирования п-нитротолуола. Изучено влияние модификатора на удельную поверхность частиц носителей и активность палладиевых катализаторов.***Ключевые слова:** гетерогенный катализ; оксид редкоземельных элементов (ОРЗЭ); каталитическое гидрирование; нитросоединения**RESEARCH OF PALLADIUM CATALYSTS ACTIVITY MADE ON CERAMICS MODIFIED WITH RARE-EARTH ELEMENT OXIDES**

Dubko A.I.\*, Yudin N.V., Pinchuk Yu.A., Obuhov E.O.

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

*The activity of 5% palladium catalysts modified with 5% of lanthanum, europium, gadolinium and terbium oxides on two types of ceramics -  $\alpha$ - $Al_2O_3$  and 6%  $\gamma$ - $Al_2O_3$  /  $\alpha$ - $Al_2O_3$  in the reaction of p-nitrotoluene hydrogenation was investigated. Modification impact on specific surface area of ceramics particles and activity of palladium catalysts was investigated.***Keywords:** heterogeneous catalysis; rare-earth element oxides (REEO); catalytic hydrogenation; nitrocompounds

В статье [1] отмечалось, что синтез катализатора является скорее «смесью» теоретических знаний, эмпирического опыта и интуиции в виду огромного числа факторов, влияющих на конечную каталитическую систему. Отмечено множество параметров, изменяя которые, можно грамотно подойти к созданию катализаторов. Одним из факторов, помогающим судить об активности катализатора, является величина удельной поверхности.

Для синтеза катализатора были выбраны два носителя -  $\alpha$ - $Al_2O_3$ , характеризующийся малой удельной поверхностью, и 6% $\gamma$ - $Al_2O_3$  /  $\alpha$ - $Al_2O_3$ . Второй носитель представляет собой  $\alpha$ - $Al_2O_3$ , обработанный золев  $\gamma$ - $Al_2O_3$  для развития удельной поверхности. В данной работе мы исследовали четыре ОРЗЭ – оксида лантана, европия, гадолиния и тербия. Содержание ОРЗЭ на исходном носителе составляло 5%.

В данной работе использовался пропиточный метод нанесения активного компонента (палладия) на поверхность носителя. Исходная керамическая подложка пропитывалась раствором хлорпалладиевой кислоты. Затем носитель сушился при 110°C и обжигался при 550°C.

Экспериментальная установка для изучения активности катализаторов изображена на рисунке 1.

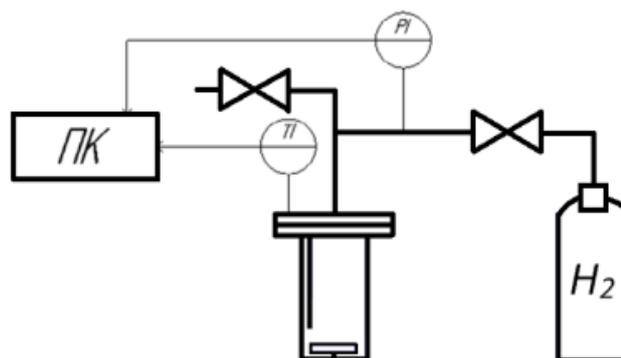


Рисунок 1. Экспериментальная установка для исследования активности катализаторов

Реактор представляет собой автоклав малого объема (100 см<sup>3</sup>), в который загружался исходный п-нитротолуол и исследуемый катализатор. Аппарат затем герметизировался, продувался водородом. После продувки в реактор нагнетается давление 10 МПа. Температура в автоклаве - 60°C поддерживалась электрической плиткой с подсоединенной термопарой, опущенной в специальный канал, сваренный в

аппарат. Давление и температура регистрировались датчиками, информация об этих параметрах записывалась на персональный компьютер (ПК). Перемешивание в аппарате обеспечивалось магнитной мешалкой, установленной на оси на расстоянии от днища автоклава для меньшего истирания исследуемых образцов катализаторов. Скорость перемешивания в аппарате (1000 об/мин) создавала оптимальные условия для кинетического режима протекания процесса, а значит диффузионные процессы, происходящие на катализаторе, имели крайне слабое влияние на полученные данные.

Чтобы иметь представление о влиянии модификатора на носитель, было проведено порометрическое исследование образцов, его результаты приведены в Таблице 1.

Как видно из полученных данных, добавление ОРЗЭ к  $6\% \gamma\text{-Al}_2\text{O}_3 / \alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  приводит к уменьшению удельной поверхности носителя, а к  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  - к её развитию. При этом оксид тербия в обоих случаях показал наилучшие результаты – в случае  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  увеличение величины удельной поверхности оказалось наибольшим ( $3.96 \text{ м}^2/\text{г}$  по сравнению с исходным  $0.20 \text{ м}^2/\text{г}$ ), а в случае  $6\% \gamma\text{-Al}_2\text{O}_3 / \alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  снижение было наименьшим в сравнении с остальными модификаторами ( $12.51 \text{ м}^2/\text{г}$  по сравнению с исходными  $19.04 \text{ м}^2/\text{г}$ , в то время, как значения для других модификаторов составляют более  $10 \text{ м}^2/\text{г}$ ).

Выводы об активности исследуемых катализаторов делались исходя из скорости поглощения водорода в модельной реакции гидрирования п-нитротолуола до п-толуидина. В табл. 2 приведены результаты опытов по гидрированию.

Таблица 1. Результаты порометрии исследуемых носителей

Носитель	Уд. пов-сть, БЭТ, $\text{м}^2/\text{г}$	Уд. пов-сть, Дубинин – Радужкевич, $\text{м}^2/\text{г}$	Уд. пов-сть, Дубинин – Астахов, $\text{м}^2/\text{г}$	Уд. пов-сть микропор, $\text{м}^2/\text{г}$	Размер пор с наиб. вкладом в уд. пов-сть, нм
$\text{La}_2\text{O}_3/6\% \gamma\text{-Al}_2\text{O}_3/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$	10.13	10.35	10.24	0.61	5.8 – 6.8
$\text{Eu}_2\text{O}_3/6\% \gamma\text{-Al}_2\text{O}_3/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$	10.90	11.26	11.15	0.93	5.8 – 6.8
$\text{Gd}_2\text{O}_3/6\% \gamma\text{-Al}_2\text{O}_3/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$	10.34	10.80	10.11	1.41	4.9 – 5.7
$\text{Tb}_4\text{O}_7/6\% \gamma\text{-Al}_2\text{O}_3/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$	12.51	12.66	11.77	0.83	5.7 – 6.7
$6\% \gamma\text{-Al}_2\text{O}_3/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$	19.04	19.58	19.01	2.31	5.7 – 6.7
$\text{La}_2\text{O}_3/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$	0.32	0.36	0.33	-----	23.9 – 32.3
$\text{Eu}_2\text{O}_3/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$	0.83	0.93	0.81	0.37	5.8 – 6.8
$\text{Gd}_2\text{O}_3/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$	1.64	1.84	1.72	0.63	4.5 – 5.1
$\text{Tb}_4\text{O}_7/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$	3.96	4.00	4.02	0.41	3.1 – 3.4
$\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$	0.20	0.24	0.26	0.07	1.7 - 1.8

Таблица 2. Активность образцов в реакции гидрирования п-нитротолуола

Катализатор	Время процесса, мин	Нач. скор. погл., моль/с, $10^5$
$\text{Pd}/\text{La}_2\text{O}_3/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$	4.5	4.61
$\text{Pd}/\text{Eu}_2\text{O}_3/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$	4.0	5.77
$\text{Pd}/\text{Gd}_2\text{O}_3/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$	11.0	2.84
$\text{Pd}/\text{Tb}_4\text{O}_7/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$	10.0	1.79
$\text{Pd}/\text{La}_2\text{O}_3/6\% \gamma\text{-Al}_2\text{O}_3/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$	3.5	6.15
$\text{Pd}/\text{Eu}_2\text{O}_3/6\% \gamma\text{-Al}_2\text{O}_3/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$	8.0	3.51
$\text{Pd}/\text{Gd}_2\text{O}_3/6\% \gamma\text{-Al}_2\text{O}_3/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$	7.5	5.23
$\text{Pd}/\text{Tb}_4\text{O}_7/6\% \gamma\text{-Al}_2\text{O}_3/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$	6.0	4.76
$\text{Pd}/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$	60.0	0.13
$\text{Pd}/6\% \gamma\text{-Al}_2\text{O}_3/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$	27.0	0.78

Промотирование исходной алюмооксидной керамики ОРЗЭ приводит к значительному росту скорости поглощения водорода в реакции гидрирования. Некоторые исследователи полагают [2], что сильное влияние на активность каталитической системы модификатора связано с кристаллами алюминатов РЗЭ, образующихся при обжиге на границе раздела фаз [2]. Ухудшение или улучшение работы промотированного катализатора зависит от электронной структуры и природы наносимого РЗЭ [3].

#### Литература

1. Лисицын А.С., Нармон В.Н., Дуплякин В.К., Лихолобов В.А. – Современные проблемы и перспективы развития исследований в области нанесённых палладиевых катализаторов // Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева – 2006. – Т. 50. – № 4. – С. 140-153.
2. Colussi S., Leitenburg C., Dolcetti G., Trovarelli A. The role of rare earth oxides as promoters and stabilizers in combustion catalysts // Journal of Alloys and Compounds. – 2004. - V. 373. – P. 387-392.
3. She Y., Zheng O., Li L., Zhan Y., Chen C., Zheng Y., Lin X. Rare earth oxide modified  $\text{CuO}/\text{CeO}_2$  catalyst for the water-gas shift reaction // International Journal of Hydrogen Energy. – 2009. - V. 34. – P. 8929-8936.

УДК 621.357.77

Махина В.С., Графушин Р.В., Винокуров Е.Г.

## ИНТЕНСИВНОСТЬ ИЗНОСА КОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ХРОМ-ГРАФИТ

**Махина Вера Сергеевна**, обучающаяся кафедры инновационных материалов и защиты от коррозии, факультета инженерной химии, студентка I курса магистратуры по специальности материаловедение и технология материалов e-mail: frau.mahina@yandex.ru

**Графушин Роман Владимирович**, ст. преподаватель кафедры стандартизации и инженерно – компьютерной графики, факультет инженерной химии

**Винокуров Евгений Геннадьевич**, д.х.н., профессор кафедры стандартизации и инженерно – компьютерной графики, факультет инженерной химии

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Россия, 125047, Москва, Миусская площадь, д.9

*В статье рассмотрены свойства композиционных покрытий с матрицей из хрома, полученных из стандартного раствора хромирования в присутствии частиц графита различной дисперсности или многостенных углеродных нанотрубок. Представлены результаты исследования параметров покрытий: шероховатость ( $R_a$ ), микротвердость ( $HV$ ), интенсивность износа ( $W$ ) и коэффициент трения ( $f$ ).*

**Ключевые слова:** композиционные электрохимические покрытия; хром-графит; хром-углеродные нанотрубки, интенсивность износа, микротвердость, коэффициент трения, шероховатость

## WEAR RESISTANCE OF COMPOSITE ELECTRODEPOSITED COATINGS CHROME-GRAPHITE

Makhina Vera Sergeevna, Grafushin Roman Vladimirovich, Vinokurov Evgeniy Genadievich  
D.I. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Russia, 125047, Moscow, 9 Miusskaya square

*The article reviews the properties of composite coatings with a chromium matrix that were developed from a standard chromium solution with a presence of graphite particles of different dispersity, multi-walled carbon nanotubes. The results of the parameters investigation of coatings: roughness ( $R_a$ ), microhardness ( $HV$ ), wear rate ( $W$ ) and friction coefficient ( $f$ ) are also presented.*

**Keywords:** composite electrochemical coating, chrome-graphite, chromium-carbone nanotubes, wear rate; roughness, microhardness, friction coefficient.

В настоящее время широкое использование композиционных материалов обусловлено тем, что сочетание разнородных веществ приводит к созданию нового материала, свойства которого количественно и качественно отличаются от свойств начальных компонентов. Таким образом, применение данных материалов необходимо при разработке покрытий с определенными новыми свойствами [1]. Улучшить эксплуатационные свойства гальванопокрытий, в частности хромовых покрытий позволяет введение в раствор дисперсных наполнителей и получение композиционные электрохимические покрытия (КЭП) с матрицей из хрома.

В связи с высокой окислительной способностью хромового электролита зона выбора дисперсной фазы значительно сокращается. Так же следует отметить необходимость в использовании электропроводящих частицах [2, 3]. В качестве таких наполнителей могут выступать различные модификации углерода (графит, ультрадисперсные алмазы, алмазографитовая шихта, фуллерены, графен, многостенные углеродные нанотрубки (МУНТ)).

Цель работы – исследовать свойства композиционных покрытий хром-графит, хром-МУНТ, полученных с использованием частиц различной дисперсности.

Методика получения композиционных хромовых покрытий в стандартном растворе хромирования приведена в статье [4]. В качестве дисперсной фазы использовался графит марок ГК-3 (размер частиц  $40 \pm 2$  мкм) и С1 (размер частиц  $\sim 4$  мкм) и многостенные углеродные нанотрубки. Электроосаждение проводилось при температуре раствора хромирования  $50^\circ\text{C}$  и плотности тока  $50 \text{ A/дм}^2$ .

Для полученных покрытий были исследованы такие параметры как шероховатость ( $R_a$ ), микротвердость ( $HV$ ), интенсивность износа ( $W$ ) и коэффициент трения ( $f$ ).

На рис.1 приведена зависимость относительной шероховатости покрытия ( $R_{a\text{пок}}/R_{a\text{осн}}$  – отношение  $R_a$  покрытия к  $R_a$  основания) от концентрации графита в стандартном растворе хромирования и установлено, что при увеличении концентрации графита различной дисперсности происходит

незначительное уменьшение шероховатости композиционных покрытий.

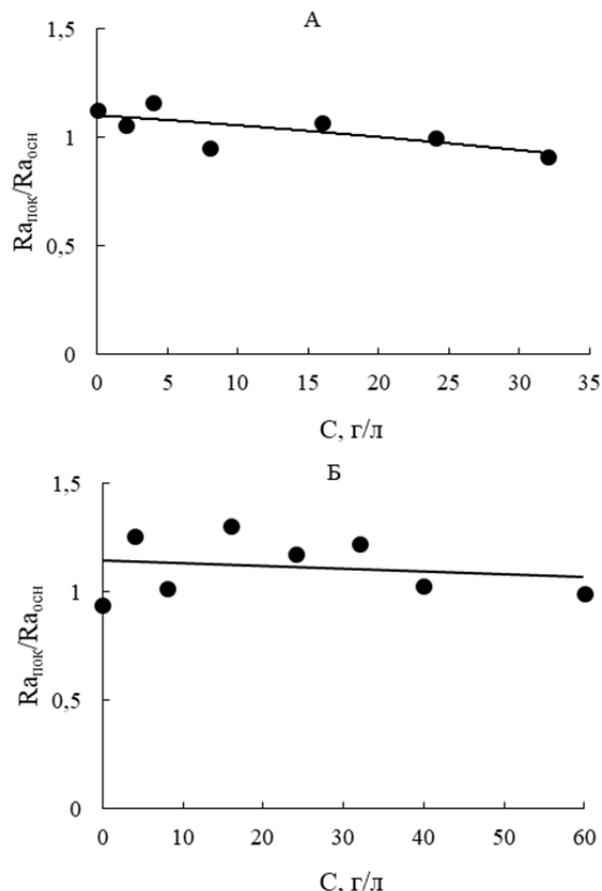


Рисунок 1. Зависимость отношений шероховатости от концентрации графита различных марок А) ГК-3; Б) С1

На рисунке 2 приведена зависимость относительной микротвердости КЭП (отношение микротвердости (HV) КЭП к микротвердости хрома без дисперсной фазы ( $HV_0$ )) от концентрации графита. Установлено, что микротвердость покрытий, полученных в растворах хромирования с различным содержанием графита, практически не изменяется, что не подтверждает сведения об увеличенной микротвердости подобных КЭП, представленные в работе [5]. Для КЭП с ГК-3 намечается тенденция к снижению микротвердости после концентрации 24 г/л.

Испытания на изнашивание проводили на установке Taber Linear Abraser 5750 с использованием в качестве контртела стального стержня (сталь HV 466,9 и HRC 46,2) диаметром 6 мм со средней скоростью 60 циклов/мин, при нагрузке 10,8 Н (0,38 МПа) и длине рабочего хода в одну сторону 12,7 мм, пути трения 25,4 мм

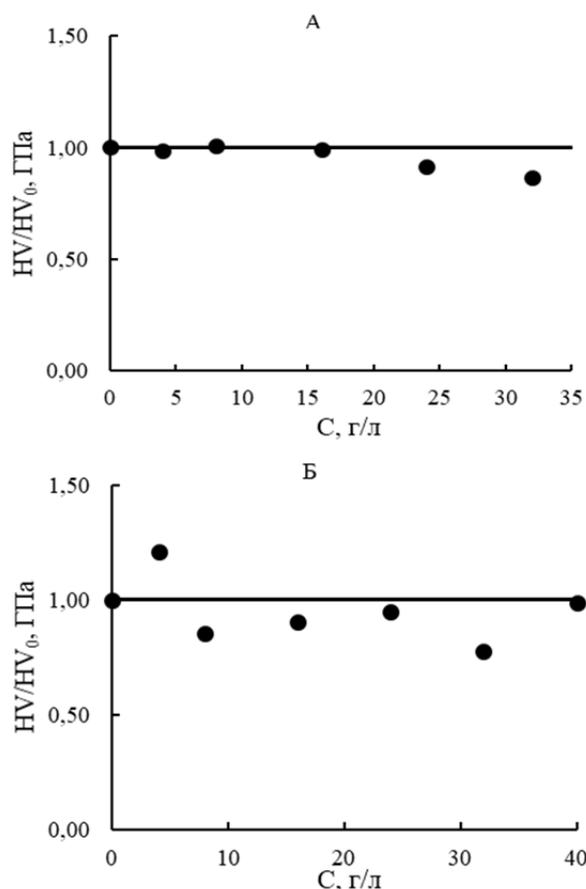


Рисунок 2. Зависимость микротвердости покрытия от концентрации графита различных марок А) ГК-3; Б) С1

На рисунке 3 представлена зависимость суммарной интенсивности износа от концентрации графита в растворе хромирования. С добавлением графита марки ГК-3 (до 4 г/л) в начале пути трения ( $L \rightarrow 0$ ) суммарная интенсивность износа покрытий резко снижается с  $0,8 \cdot 10^{-7}$  м/м до  $0,4 \cdot 10^{-7}$  м/м. При дальнейшем увеличении концентрации дисперсной фазы до 32 г/л наблюдается плавное снижение интенсивности износа в диапазоне от  $0,4 \cdot 10^{-7}$  м/м до  $0,3 \cdot 10^{-7}$  м/м. При пути трения  $L$  равному 1 км интенсивность износа незначительно снижается и при концентрации графита 8 г/л составляет  $0,08 \cdot 10^{-7}$  м/м и затем возвращается в прежний диапазон  $0,2 \cdot 10^{-7}$  м/м.

Для образцов покрытий с добавлением графита марки С1 суммарная интенсивность износа при  $L \rightarrow 0$  (момент притирки) имеет явный минимум в диапазоне концентраций от 8 г/л до 40 г/л. При концентрации выше 40 г/л интенсивность износа возрастает до  $0,8 \cdot 10^{-7}$  м/м. При пути трения  $L=1$  км суммарная интенсивность износа практически не изменяется и составляет  $0,2 \cdot 10^{-7}$  м/м.

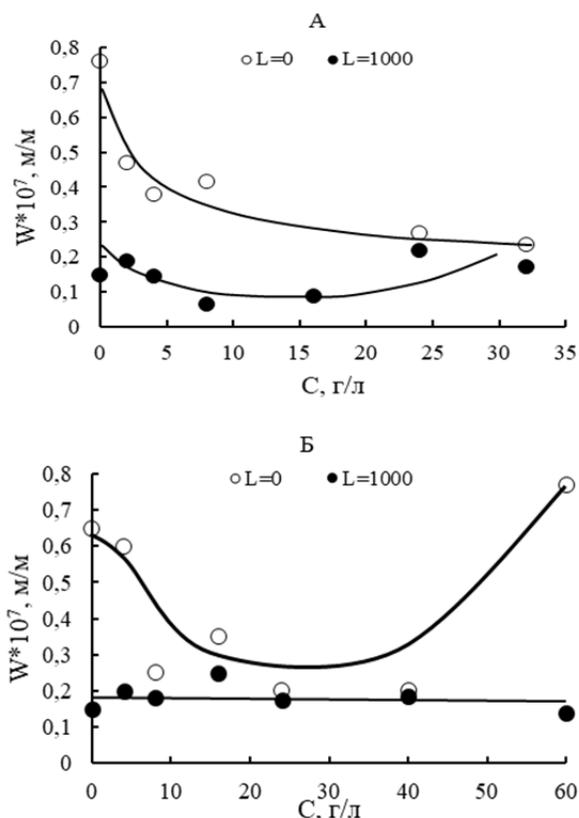


Рисунок 3. Зависимость суммарной интенсивности износа покрытия от концентрации графита различных марок А) ГК-3; Б) С1

С помощью универсальной машины трения МТУ-01 измерены коэффициенты трения при нагрузке

0,38 МПа для пары сталь (HV 466,9 и HRC 46,2) - хром или КЭП хром-графит (КЭП осаждали при содержании графита в растворе 40 г/л). Установлено, что коэффициент трения снижается примерно в 5 раз при переходе от чистого хрома к КЭП с графитом любой марки и составляет для хрома без добавления графита 0,05, для покрытий хром – графит марки ГК-3 0,01 и хром – графит марки С1 0,01.

На рисунке 4 представлена зависимость интенсивности износа контртела (сталь HV 466,9 и HRC 46,2), покрытия и суммарный износ для КЭП без добавления графита и с различными модификациями углерода (концентрация в растворе 4 г/л.).

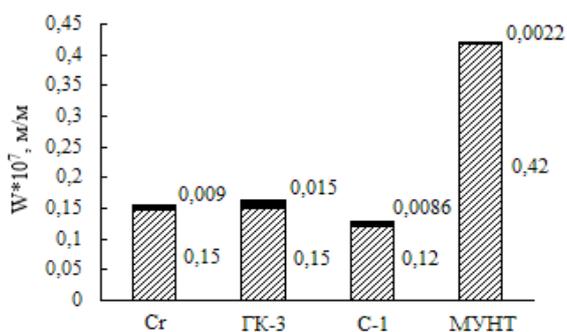


Рисунок 4. Зависимость интенсивности износа от формы углерода: графит (ГК-3, С1) и многостенные углеродные нанотрубки

На основании проделанной работы:

1) определено, что добвление графита различных марок в раствор хромирования приводит к незначительному снижению шероховатости;

2) установлено, что концентрация графита в растворе хромирования при получении композиционных покрытий хром-графит практически не влияет на микротвердость покрытий;

3) суммарный износ для системы сталь-КЭП (Cr-графит ГК-3) изменяется незначительно, наблюдается понижение на участке концентраций графита в растворе от 5 г/л до 20 г/л. Для системы сталь-КЭП (Cr-графит С1) суммарный износ не изменяется, но в обоих случаях наблюдается снижение износа в момент притирки;

4) коэффициент трения пары сталь-покрытие при переходе от покрытия хромом к КЭП хром-графит снижается в 5 раз и составляет 0,01;

5) добавление многостенных углеродных нанотрубок в раствор хромирования приводит к снижению интенсивности износа покрытия, но увеличивает интенсивность износа контртела в условиях сухого трения.

Благодарность. Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 15-13-00126) и Министерства образования и науки РФ в рамках выполнения базовой части государственного задания.

### Список литературы

1. Елагина О.Ю. Технологические методы повышения износостойкости деталей машин: учеб. пособие. М.: Логос, 2009 488 с.
2. Шлугер М. А. Гальванические покрытия в машиностроении. — М.: Машиностроение, 1985, 240 с.
3. Сайфуллин Р. С. Комбинированные электрохимические покрытия и материалы. - М.: Химия, 1972, 168 с.
4. Графушин Р.В., Махина В.С., Невмятулина Х.А., Винокуров Е.Г. Композиционные покрытия хром-графит // Современные электрохимические технологии и оборудование: тезисы докл. Междунар. конф. (Республика Беларусь, 24-25 ноября 2016 г.). — Минск, 2016. — С.77-79
5. Narayan R. Electrodeposited Chromium-Graphite Composite Coatings / Narayan R., Narayana B. H // Electrochemical science and technology, — 1981. Vol. 128. № 8. — P. 1704-1708.

УДК 338.47.656

Прокофьева Т.А., Ростовцев Ф.А.

## РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ РЕГИОНАЛЬНОГО НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ИННОВАЦИОННО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО КЛАСТЕРА НА ПРИМЕРЕ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

**Прокофьева Татьяна Анатольевна**, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры логистики и экономической информатики РХТУ им. Д.И. Менделеева, E-mail: [log-invest@mail.ru](mailto:log-invest@mail.ru)

**Ростовцев Филипп Александрович**, обучающийся в магистратуре РХТУ им. Д.И. Менделеева, группа МТ-18, кафедра логистики и экономической информатики

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, кафедра логистики и экономической информатики Международного института логистики ресурсосбережения и технологической инноватики

Российская Федерация, г. Москва, Миусская площадь, дом 9

Тел./факс +7 (499) 978-31-64

*Статья посвящена решению актуальной народнохозяйственной задачи – ускорению реализации Стратегии развития химического и нефтехимического комплекса России на период до 2030 года на основе формирования в регионах страны нефтехимических промышленных кластеров. Авторами статьи на примере Омской области впервые разработана модель регионального нефтехимического инновационно-логистического кластера как наиболее эффективной инновационно-ориентированной формы интеграции участников цепей поставок и партнеров по бизнесу нефтехимических предприятий, обеспечивающей на основе инноваций и согласования экономических интересов всех контрагентов цепи поставок максимальный синергетический эффект.*

**Ключевые слова:** нефтехимический комплекс; стратегия развития; кластерный подход; нефтехимический инновационно-логистический кластер; Омская область; нефтехимические предприятия; участники цепей поставок; партнеры по бизнесу; интеграция; инновации; синергетический эффект

## ELABORATION THE MODEL OF REGIONAL OILCHEMICAL INNOVATION-LOGISTICAL CLUSTER FOR EXAMPLE OMSKIY REGION

Prokofieva Tatiana, Rostovcev Philipp

Dmitry Mendeleev's Russian chemical-technological University, Moscow, Russian Federation

*The article is devoted to the solution of actual national-economic problem – acceleration the “Strategy of the chemical and oil-chemical development” will be realization way development of the oil-chemical industrial clusters in regions of our country. The article’s authors for the first time elaborated the model of regional oil chemical innovation-logistical cluster for example Omsk region.*

**Key words:** oil-chemical complex; Strategy of the chemical and oil-chemical development; cluster’s approach; oil chemical innovation-logistical cluster; Omsk region; oil chemical enterprises; supply chains; biasness partners; integration; innovation; synergetic effect.

В Стратегии развития химического и нефтехимического комплекса Российской Федерации на период до 2030 года большое внимание уделено созданию и развитию нефтехимических кластеров, обеспечивающих на основе интеграции и внедрения инноваций повышение эффективности и конкурентоспособности как отдельных предприятий, так и нефтехимической отрасли в целом, и одновременно рассматриваемых как стратегические точки социально-экономического роста регионов России [2].

Стратегией социально-экономического развития Омской области на период до 2025 года определено развитие приоритетных региональных кластеров: лесопромышленного, агропромышленного, нефтепереработки и нефтехимии, транспортно-

логистического. Создание и развитие нефтехимического промышленного кластера является важным регионально значимым проектом, что обуславливает его включение в Государственную Программу Омской области «Развитие промышленности в Омской области на период до 2030 года» в качестве одного из ключевых приоритетов развития региона на долгосрочную перспективу.

Кластерное развитие нефтехимических предприятий Омской области будет способствовать снижению затрат на переподготовку кадров, консалтинговые и инжиниринговые услуги, разработку новых технологий и продуктов, решению социальных задач, привлечению инвестиций на развитие инфраструктуры. Кластер станет формой поддержки предприятий малого и среднего бизнеса,

их интеграции в технологические цепочки крупных нефтехимических предприятий Омской области.

К ключевым факторам конкурентоспособности нефтехимического промышленного кластера Омской области относятся: наличие нефтеперерабатывающего завода и нефтепровода, способного поставлять достаточный объем сырья для развития нефтехимии, а также наличие газопровода на территории Омской области; развитая база производственных мощностей в нефтепереработке и нефтехимии (наличие заводов по производству синтетических каучуков, технического углерода, полипропилена); значительный объем производства конечной продукции с высокой добавленной стоимостью (наличие предприятий по производству шин и полиэтиленовых труб).

Нефтехимическая отрасль Омской области сегодня насчитывает более 360 крупных, средних и малых предприятий, научно-исследовательских и проектно-конструкторских организаций. В число данных предприятий и организаций также входят ФГУП Федеральный научно-производственный центр "Прогресс" (специальные резинотехнические изделия и продукция на основе нанокompозитов для нужд Министерства обороны Российской Федерации), Институт проблем переработки углеводородов СО РАН (ИППУ СО РАН), институт "Нефтехимпроект" и др. В регионе имеются крупные промышленные предприятия, значимые не только для экономики области, но и для экономики России (АО «Кордиант-Восток», АО «ГК «Титан», ПАО «Омскшина», АО «Газпромнефть-Омский НПЗ», ООО «Омсктехуглерод» и другие) [1].

Основными сдерживающими факторами развития нефтехимической промышленности Омской области являются высокая доля импорта базовых и специальных компонентов, неадаптированная система таможенных пошлин, высокие затраты на транспортировку продукции. К отрицательным факторам следует отнести и низкий уровень развития логистической инфраструктуры на территории Омской области, отсутствие современных терминалов и мультимодальных логистических центров, обеспечивающих координацию и взаимодействие участников цепей поставок, управление товароматериальными и сопутствующими информационными и финансовыми потоками, высокий уровень логистического сервисного обслуживания.

Для преодоления отрицательного влияния перечисленных выше факторов в качестве одной из наиболее оптимальных форм скоординированной консолидации субъектов экономики в нефтехимическом комплексе следует рассматривать развитие территориально-производственных кластеров на инновационно-логистической основе с применением механизма государственно-частного партнерства. Рассмотренные факторы диктуют необходимость формирования приоритетного для Омской области нефтехимического кластера в форме регионального нефтехимического инновационно-логистического кластера (РНХ ИЛК).

На рис. 1 представлена графическая модель организационно-функциональной структуры Регионального Нефтехимического Инновационно-логистического Кластера (РНХ ИЛК) Омской области, предлагаемого к формированию с привлечением механизма государственно-частного и муниципально-частного партнерства в соответствии с действующим законодательством.

**В составе ядра (компаний лидеров) Омского РНХ ИЛК** рассматриваются следующие структуры: Некоммерческое партнерство – НП «Управляющая компания», учреждаемая с участием всех заинтересованных сторон на принципах многостороннего партнерства с применением механизма ГЧП и МЧП; Координационный логистический центр (КЛЦ) в статусе 4PL-провайдера - системный интегратор логистических цепей поставок, обеспечивающий координацию и интеграцию участников кластера и партнеров по бизнесу; **Крупные компании-лидеры в нефтехимической промышленности:** АО «ГК «Титан»; АО «Кордиант-Восток»; ПАО «Омский каучук»; ПАО «Омскшина»; ООО «Омсктехуглерод»; ООО «Полиом»; ЗАО НПО «Промэкология»; АО «Нефтехимсервис»; АО «Экоойл»; **Транспортные компании:** «Деловые линии» (3PL провайдер), Западно-Сибирская ж.д. - филиал ОАО «РЖД»; ПАО «ЖелДор-Экспедиция-Омск», СДЭК, Респект-Транс, ПЭК, ФКУ «Сибуправтодор», «Омскоблавтотранс»; ОАО «Омский речной порт», ОАО «Иртышское пароходство». ФБУ «Обь-Иртыш-водпуть»; **Инвестиционные компании:** АО Агентство развития и инвестиций Омской области; ОАО «Инвест-химпром»; ООО «Решение Плюс»



Рис. 1. Модель Омского Нефтехимического Инновационно-логистического Кластера (ОНХ ИЛК)

В соответствии с кластерной теорией и практикой классическая кластерная модель состоит из четырех блоков, и наряду с ядром кластера (компаниями-лидерами), включает обслуживающие, вспомогательные и дополняющие объекты. [2].

К категории обслуживающих объектов в модели Омского РНХ ИЛК отнесены: дорожные, инженерные коммуникационные сети; склады, терминалы и грузовые дворы железнодорожных станций; речные порты и аэропорты; транспортно-экспедиционные компании, провайдеры логистических услуг; поставщики воды, электроэнергетики и теплоэнергетики, сырья и материалов; -компании производители техники и оборудования для предприятий нефтехимического комплекса; -предприятия малого и среднего бизнеса в сфере нефтехимической промышленности Омской области: ООО «Полимер-Пласт»; ООО Поли-Про-Пак; ООО «РИЗОЛИН» и др.

**К вспомогательным объектам в модели Омского РЛП ИЛК отнесены:** Центр таможенного оформления и контроля; Бизнес-центр с офисами и торговыми представительствами; дистрибьюторы, агенты, дилеры, логистические посредники, охранные, страховые компании, транспортно-экспедиционные компании; провайдеры логистических услуг; страховые компании; филиалы банков; служба безопасности; информационные и консалтинговые компании; аудиторские, юридические, PR и рекламные и маркетинговые компании; поставщики программного обеспечения; экологический центр ответственности за охрану окружающей среды..

Дополняющими объектами в модели Омского РНХ ИЛК являются предприятия и организации образовательной и инновационной направленности, а также партнёры по бизнесу, обеспечивающие привлечение инвестиций и внедрение новых технологий:

- Омский бизнес-инкубатор; -
- Центр компетенций и инноваций;
- Политехно-парк Омского Государственного технического университета;
- Омский промышленно-экономический колледж,
- - Информационные и консалтингово-аналитические компании: Омская торгово-промышленная компания, Энима, АудитИнформ-Омск, Натали-Консалтинг, ИА «Деловой Омск», ИА «ГлобалОмск», ИА «Омскрегион»;
- Авиакомпании: Аэрофлот, Ютэйр, Ираэро;
- - Проектные, научно-исследовательские и учебные организации: ОмГУПС, СибАДИ, Институт водного транспорта; Омский Государственный технический университет

- - Центры подготовки управленческого персонала и повышения квалификации сотрудников компаний – участников кластера;

- - Партнёры по бизнесу из других регионов России и зарубежных стран.

Для обеспечения взаимодействия участников Омского РНХ ИЛК с органами государственной и муниципальной власти предлагается создать совещательный орган в виде Координационного совета по стратегическому планированию и привлечению инвестиций на развитие кластера. Контролирующие функции будет выполнять Наблюдательный совет, функционирующий с привлечением механизма государственно-частного и муниципально-частного партнерства. Постоянный контроль реализации программных мероприятий осуществляет Ассоциация содействия развитию Нефтехимического промышленного кластера Омской области.

При поддержке Правительства Омской области осуществляется создание конкурентоспособного на мировом уровне центра инжиниринга, основная цель которого будет направлена на повышение уровня кооперации участников промышленного кластера (в том числе за счет увеличения числа реализуемых проектов кластера, направленных на импортозамещение) за счет обеспечения развития промышленного и научно-технологического потенциала малых и средних предприятий-участников промышленного кластера для удовлетворения технологических потребностей якорных компаний кластера и иных организаций-участников кластера, а также партнеров кластера по бизнесу [1].

По мере формирования в Омской области регионального нефтехимического инновационно-логистического кластера, а также лесопромышленного и транспортно-логистического кластеров будет осуществляться межкластерное взаимодействие на принципах взаимовыгодного бизнес-партнерства, что усилит конкурентоспособность создаваемых кластеров и обеспечит повышение эффективности их функционирования и развития.

### Литература

1. Стратегия социально-экономического развития Омской области до 2025 года Утверждена Указом Губернатора Омской области от 24 июня 2013 года N 93 (в редакции от 24.09.2015 г.).
2. Прокофьева Т.А., Хаиров Б.Г. Логистические кластеры в экономике России: Монография / Под общей редакцией д.э.н., профессора Т.А. Прокофьевой. – М.: ОАО «ИТКОР», 2016. – 418 с. ISBN978-5-00082—038-4

УДК 531.7.08

Калайда Т.А., Графушин Р.В.

## ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОДХОД ДЛЯ РАСЧЕТА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ

**Калайда Тамара Андреевна**, студентка 4 курса факультета инженерной химии, email Kalayda\_tamara@mail.ru; Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия 125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

**Графушин Роман Владимирович**, старший преподаватель на кафедре стандартизации и инженерно-компьютерной графики, Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

*В статье показано и обосновано, что положения теории информации можно использовать в концепции неопределенности. В качестве объекта исследования произведена оценка размера калибруемой плоскопараллельной концевой меры длины с учетом применения информационного подхода.*

**Ключевые слова:** теория информации, информационный подход, неопределенность измерений.

## INFORMATION APPROACH FOR CALCULATION OF MEASUREMENT UNCERTAINTY

Kalayda T.A., Grafushin R.V.

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

*In the article it is shown that the theories of information used previously can be used in the concept of uncertainty. The size of the calibrated plane-parallel end gauge measure was estimated taking into account the application of the information approach.*

**Keywords:** information theory, information approach, measurement uncertainty.

Неопределенность измерений, согласно Руководству [1], – это параметр, относящийся к результату измерения и характеризующий разброс значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине. В [1] предлагается поделить все составляющие неопределенности измерения в соответствии со способом их оценивания на два типа:

- неопределенность типа А, которую оценивают статистическими методами;
- неопределенность типа В, которую оценивают нестатистическими методами.

Неопределенности типа А и В формируют суммарную стандартную неопределенность  $U_C$ . Если ее умножить на коэффициент охвата  $k$ , который в общем случае находят как коэффициент Стьюдента  $t_p$  для вероятности  $P$  и эффективного числа степеней свободы, то можно получить расширенную неопределенность  $U$ . Она является интервальной оценкой неопределенности измерения, ее аналогом в погрешности измерений являются доверительные границы. Таким образом, каждому значению расширенной неопределенности соответствует вероятность  $P$ .

При неограниченных распределениях (например, нормальном распределении) интервалы неопределенности определяются лишь той частью распределения, где сосредоточена основная масса значений. Для нормального распределения, как правило, выбирают вероятность  $P$ , равную 90, 95 или 99%, и это означает, что выбранный интервал

включает в себя 90, 95 или 99% возможных значений случайной величины соответственно.

Исторически сложилось, что различные значения  $P$  назначались произвольно. Для математически строгой оценки выбираемого интервала можно применить информационный подход к неопределенности измерения любого закона распределения. Это позволит выбирать интервал в зависимости от полученных результатов измерения в каждом конкретном случае, а не произвольно, как в вероятностном подходе.

Теория информации – раздел математики, исследующий процессы хранения, преобразования и передачи информации. А так как измерение – это получение информации о количественных характеристиках свойств объектов и явлений природы опытным путем, то неопределенность измерений можно охарактеризовать как неопределенность информации о свойстве объекта или явления. Мерой неопределенности информации является энтропия. Следовательно, ее же можно использовать и в качестве неопределенности измерения.

Тогда для вычисления интервала неопределенности измерения применяют формулу К. Шеннона [2]:

$$H = - \int_{-\infty}^{+\infty} \rho(x) \ln \rho(x) dx, (1)$$

где  $H$  – энтропия; мера интервала неопределенности измеряемой величины;

$\rho(x)$  – плотность вероятности результата измерения.

До измерения показание прибора можно получить в интервале диапазона шкалы, то есть от  $X_1$  до  $X_2$ , причем с равной вероятностью показание может оказаться в любой части этого интервала. Значит, до измерения неопределенность будет определяться равномерным законом распределения.

После проведения измерения интервал неопределенности сузится, и будет описываться распределением, которому подчиняются полученные результаты. Как правило, это нормальный закон распределения. В таком случае энтропия неопределенности после измерения будет

$$H = - \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) \ln \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) dx = \ln\sigma\sqrt{2\pi e}, (2)$$

где  $\sigma\sqrt{2\pi e}$  – интервал неопределенности  $2U$  после измерения.

В [3] утверждается, что в понятиях теории информации смысл измерения состоит в сужении интервала неопределенности  $X_2-X_1$  до измерения до интервала  $2U$  после измерения. Это наглядно можно проиллюстрировать на рисунке 1.

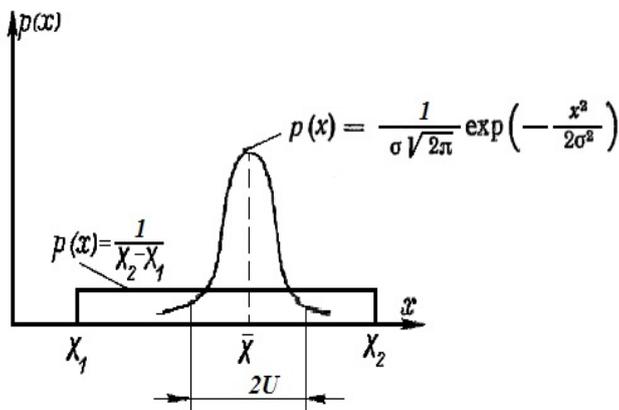


Рисунок 1. Интервалы неопределенности до и после измерения

Из рисунка видно, что энтропийный интервал  $2U$  охватывает лишь ту часть распределения, в которой сосредоточена основная часть возможных значений, в то время как некоторая их доля остается за границами интервала. Поэтому можно для любого распределения указать такое значение доверительной вероятности, при котором энтропийные и доверительные значения расширенной неопределенности совпадали бы.

Энтропийный интервал расширенной неопределенности результата измерения может быть однозначно найден для любых законов распределения, даже для таких, у которых не существует дисперсий, то есть определяющий ее интеграл расходится, а это означает, что оценка дисперсии и среднеквадратического отклонения будут неограниченно возрастать по мере увеличения объема  $n$ . Естественно, что использование вероятностного подхода для таких распределений является неправомерным. В таком случае целесообразно воспользоваться расчетом энтропийного интервала, применяя теорию информации.

Целью данной работы является практическое применение информационного подхода для расчета расширенной неопределенности при калибровке на предприятии АО «МКБ «Факел» вместо классического подхода теории вероятностей.

На предприятии была проведена калибровка плоскопараллельной концевой меры длины с помощью вертикального оптиметра типа ИЗВ-3. Измерения размера производили дифференциальным методом сравнения с образцовой мерой размером 1,08 мм. Суть метода заключается в том, что измеряемая величина сравнивается непосредственно с величиной, воспроизводимой образцовой мерой. В таком случае значение величины можно получить по измеренной вертикальным оптиметром разности между калибруемой мерой и образцовой.

В результате измерений были получены значения, указанные в таблице 1.

Таблица 1. Значение разности между калибруемой и образцовой меры

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$x_i$ , МКМ	-0,4	-0,4	-0,5	-0,4	-0,6	-0,4	-0,5	-0,5	-0,3	-0,2

№	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$x_i$ , МКМ	-0,3	-0,4	-0,6	-0,4	-0,4	-0,5	-0,4	-0,4	-0,5	-0,4

Они подчиняются нормальному закону распределения. Среднеквадратическое отклонение (с.к.о.) равняется  $\sigma = 0,0967$  мкм. Значение размера калибруемой меры включает в себя среднее арифметическое, равное  $x_{cp} = 1,0796$  мм, и расширенную неопределенность. Ширина диапазона измерений вертикального оптиметра равна 200 мкм (от  $-100$  мкм до  $+100$  мкм), приведенная погрешность  $\gamma = 0,1\%$ .

С помощью информационного подхода можно определить расширенную неопределенность измерения, которая рассчитывается как

$$U = \sigma \sqrt{\frac{\pi e}{2}} \approx 2,066\sigma. \quad (3)$$

Тогда расширенная неопределенность измерения будет

$$U = 2,066 \cdot 0,097 = 0,200 \text{ мкм}. \quad (4)$$

Интервальная оценка полученного результата равна  $\pm 0,0002$  мм, а результат измерения будет представлен в виде  $x_{cp} \pm U$  и записан как

$$(1,0796 \pm 0,0002) \text{ мм}. \quad (5)$$

Если провести оценку неопределенности классическим способом, то получится, что расширенная неопределенность будет равна  $U_{кл} = 0,230$  мкм, при произвольно выбранной вероятности  $P = 95\%$ . В таком случае, интервал, найденный классическим способом будет больше в 1,15 раза интервала, найденного информационным методом.

Доверительную вероятность, при которой энтропийные и доверительные интервалы совпадали, находят через коэффициент охвата  $k$ . В таком случае расширенную неопределенность можно вычислить через суммарную стандартную неопределенность  $U_C$ , рассчитанную для классического метода

$$U = k \cdot U_C. \quad (6)$$

Из формулы (6) можно выразить коэффициент охвата  $k$ , равный коэффициенту Стьюдента  $t_p$ .  $k = t_p = 1,70$ . Найденный коэффициент соответствует вероятности  $P \approx 91\%$ . Значит, расширенная неопределенность  $U$ , определенная через энтропию, соответствует интервалу, включающий в себя 91% возможных значений.

Таким образом, информационный подход в концепции неопределенности может использоваться наравне с классическими методами теории вероятностей. При этом он имеет ряд преимуществ:

1. с помощью него можно математически строго и наглядно вычислить интервал расширенной неопределенности;

2. произвести оценку ширины разброса экспериментальных данных для распределений, у которых дисперсия и с.к.о. будут неограниченно возрастать.

На примере калибровки плоскопараллельной концевой меры длины продемонстрировано, как провести оценку измеряемой величины в виде расширенной неопределенности, используя информационный подход для расчета ширины интервала. Также определена доверительная вероятность, которой соответствует рассчитанная через энтропию неопределенность.

#### Список литературы

- ГОСТ Р 54500.3-2011/Руководство ИСО/МЭК 98-3:2008 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения
- Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. — М.: Изд-во иностр. лит., 1963. — 832 с.
- Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. — 2-е изд., перераб. и доп.— Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1991. — 304 с.: ил.

УДК 004.9: 543.61: 661.11

Заболотная Е.В., Луговой Ю.М., Трохин В.Е.

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ РАЗРАБОТКА АНАЛИЗА РАСТВОРИТЕЛЕЙ МЕТОДОМ ГАЗОЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

**Заболотная Елена Валериановна**, младший научный сотрудник, ПАО Научный центр «Малотоннажная химия», Москва, Россия, e-mail: [zabolotnaya.e@inbox.ru](mailto:zabolotnaya.e@inbox.ru) ;

**Луговой Юрий Михайлович**, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник аналитического отдела Научного центра «Малотоннажная химия», Москва, Россия;

**Трохин Василий Евгеньевич**, кандидат химических наук, директор, ПАО Научный центр «Малотоннажная химия», Москва, Россия;

ПАО Научный центр «Малотоннажная химия», Москва, Россия  
107564, Москва, ул. Краснобогатая, д. 42

*Предложен способ автоматизированной разработки аналитических методик органических растворителей для технических условий (путем обращения к общей базе данных) на химические реактивы и особо чистые вещества. Разработана газохроматографическая методика определения лимитирующих примесей.*

**Ключевые слова:** органические растворители особой чистоты, технические условия, газожидкостная хроматография, лимитирующие примеси.

## AUTOMATED DEVELOPMENT OF SOLVENT ANALYSIS BY METHOD OF GAS-LIQUID CHROMATOGRAPHY

Zabolotnaya E.V., Lugovoi I.M., Trokhyn V.E.

Public Joint Stock Company Scientific Center "Small-tonnage Chemistry", Moscow, Russia

\*Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

*A method for the automated development of analytical techniques for organic solvents for technical conditions (by accessing a common database) for chemical reagents and highly pure substances is proposed. A gas chromatographic method for determining limiting impurities has been developed.*

**Keywords:** organic solvents of special purity, technical conditions, gas-liquid chromatography, limiting impurities.

Требования к растворителям особой чистоты по содержанию примесей определяющих применение стимулируют разработку быстрых и точных методов контроля качества. Целью настоящей работы является разработка способа автоматического синтеза методики определения примесей в органических реактивах методом газожидкостной хроматографии (ГЖХ) на основании физико-химических свойств вещества – матрицы, требований к указанному реактиву, способа его получения, а также баз данных по условиям анализа аналогичных химических реактивов.

Основными методами определения основного вещества в особо чистых веществах являются: газовая хроматография, хромато-масс-спектрометрия, высокоэффективная жидкостная хроматография. Преобладающим методом определения летучих примесей наиболее распространенных растворителей является

газожидкостная хроматография, которая широко используется для определения состава органических веществ. Известен ряд работ, посвящённых автоматизированию разработок технических условий на химические продукты [1]. Основной частью многих технических условий является определение массовой доли основного вещества и лимитирующих примесей методом газожидкостной хроматографии (рис.1.). Однако специально вопрос автоматизации разработки методик не рассматривался.

Одно из главных условий при определении содержания примесей в основном веществе методом газожидкостной хроматографии (ГЖХ) является определение чувствительности метода, концентрационных границ определения примеси и решение вопроса о необходимости ее концентрирования (разбавления), влияющая на чувствительность типа и параметров работы способа детектирования и другие [2].

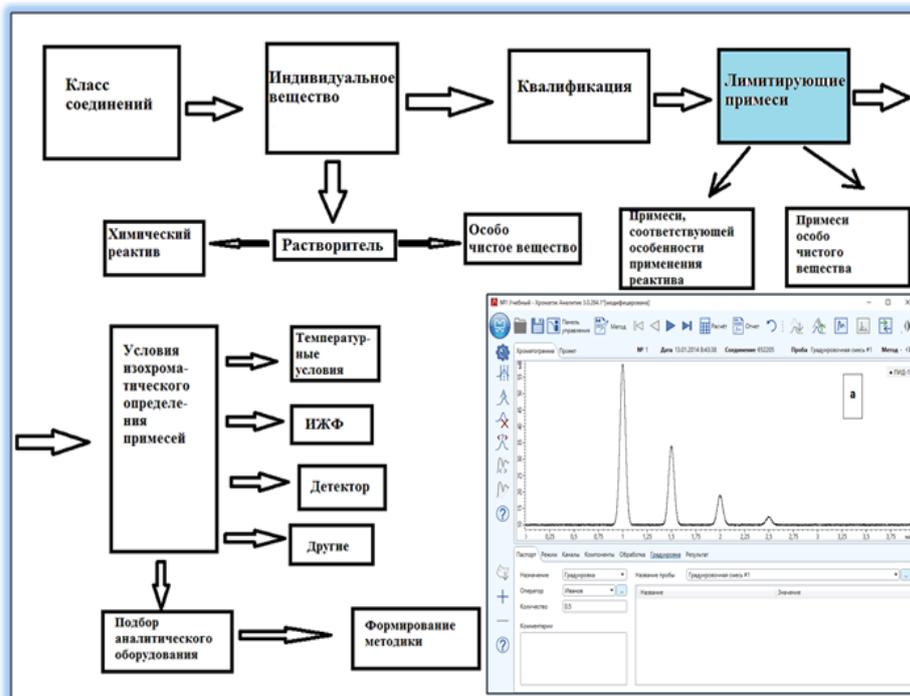


Рис. 1. Схема построения иерархической системы обращения к базе данных при автоматизированной разработке аналитической методики.

Неотъемлемой частью проведения анализа служит оптимальный подбор аналитического оборудования.

Из общей массы представленного на рынке оборудования выделяют определённых разработчиков, выпускающих серию хроматографов, это такие как Россия (Кристалл), Россия (Цвет), США (Hewlett Packard), Япония (Shimadzu) и другие (Рис.2.).

Важнейшим блоком каждого хроматографа, отвечающего за разделение компонентов смеси, служит хроматографическая колонка. Поскольку каждый тип колонок оптимизирован для разделения конкретной группы веществ с определенной летучестью и полярностью, то каждая колонка имеет ограниченную область применения. Исходя из этого применяются два типа колонок - насадочная и капиллярная, каждая из них по-своему универсальна. Для идентификации компонентов в смеси после их разделения в колонке используется детектор. В качестве детекторов в газовой хроматографии в основном применяют детекторы теплопроводности (катарометры) и пламенно-ионизационные детекторы (ПИД). Также применяются детекторы электронного захвата (соединения с электроотрицательными атомами), термоионные детекторы (фосфор- и азотсодержащие соединения) и пламенно-фотометрические детекторы (фосфор- и серосодержащие соединения). ременные хроматографы, как правило, комплектуются двумя разделительными колонками и несколькими детекторами одинакового типа. Такое сочетание позволяет значительно расширить возможности хроматографа.

В частности для нашей работы наиболее подходящим оказался хроматограф Кристалл 5000, корпорации Хроматэк (Россия, Йошкар-Ола), укомплектованный двумя насадочными колонками различной полярности и двумя детекторами - пламенно-ионизационным и детектором по теплопроводности. Детектор по теплопроводности незаменим при определении примесей воды и летучих неорганических веществ, а пламенно-ионизационный детектор обеспечивает максимальную чувствительность при идентификации большинства органических примесей.

Предложенная нами система аналитической разработки газожидкостной методики химических реактивов и особо чистых веществ, включает несколько иерархических информационных уровней: анализируемое вещество, квалификацию, условия определения примесей, подбор оборудования и формирование методик анализа[3].

Качественную информацию о природе вещества несут в себе хроматографические характеристики удерживания, например исправленный удерживаемый объем или исправленное время удерживания. Как и в других методах, для надёжной идентификации целесообразно сравнить характеристики неизвестного вещества и вещества предполагаемого состава (если таковое имеется в распоряжении), полученные в одинаковых условиях. Поскольку параметры хроматографического удерживания очень сильно зависят от условий эксперимента, вместо абсолютных обычно используют относительные характеристики удерживания.

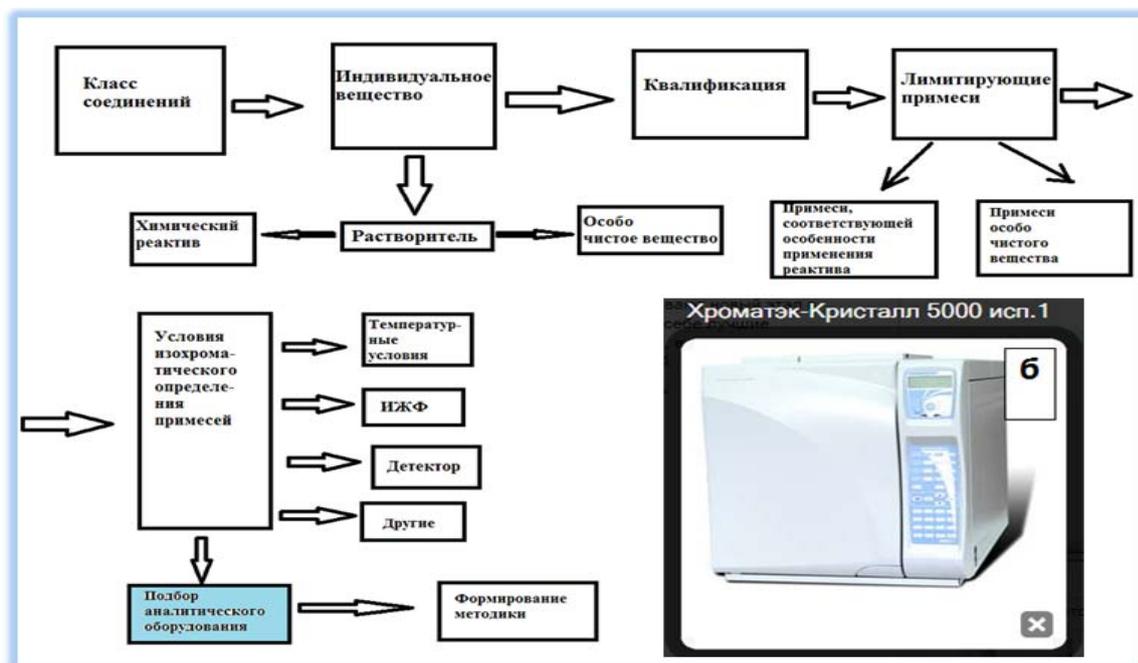


Рис.2.Подбор аналитического оборудования.

Качественную информацию о природе вещества несут в себе хроматографические характеристики удерживания, например исправленный удерживаемый объём или исправленное время удерживания. Как и в других методах, для надёжной идентификации целесообразно сравнить характеристики неизвестного вещества и вещества предполагаемого состава (если таковое имеется в распоряжении), полученные в одинаковых условиях. Поскольку параметры хроматографического удерживания очень сильно зависят от условий эксперимента, вместо абсолютных обычно используют относительные характеристики удерживания. В хроматографии мерой концентрации вещества служит высота или площадь хроматографического пика. Для получения правильных результатов необходимы:

- полнота и воспроизводимость процесса испарения пробы;
- полнота отделения определяемого вещества и правильность идентификации его пика.

Газовая хроматография также предпочтительнее при определении органических веществ. Метод отличается быстротой и позволяет обходиться малыми навесками, что существенно при массовом анализе веществ.

Применение данной иерархии при разработке информационной системы аналитического мониторинга органических растворителей повышает качество, и оперативность аналитических исследований. Выбранная информационная

технология позволяет создать эффективную, соответствующую международным стандартам систему аналитического мониторинга анализа растворителей особой чистоты методом газожидкостной хроматографии, которую возможно встроить в систему эффективного функционирования современной лаборатории и обеспечить возможность автоматической генерации аналитической части нормативной документации.

### Список литературы

1. Лобанова А.В., Квасюк А.В., Булатицкий К.К., Бессарабов А.М. Информационные CALS-системы конструкторской и технологической документации в производстве химических реактивов и особо чистых веществ // Сб. научных трудов «Успехи в химии и химической технологии»: РХТУ им. Д.И. Менделеева. Москва. 2010. Т. XXV, № 1. С. 87-89.
2. Бессарабов А.М., Трынкина Л.В., Трохин В.Е., Вендило А.Г. Разработка базы данных аналитических приборов для CALS-системы компьютерного менеджмента качества химических реактивов и особо чистых веществ // Промышленные АСУ и контроллеры. 2011. № 11. С. 45-56.
3. Девярых Г.Г., Карпов Ю.А., Осипова Л.И. // Выставка-коллекция веществ особой чистоты. Москва. 2003. Наука, С. 236.

УДК 544.421.42:536.755

Гордиевская Ю.И.

## АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ КРЕКИНГА ТЯЖЁЛЫХ НЕФТЯНЫХ ОСТАТКОВ

**Гордиевская Юлия Игоревна**, магистрантка 2 курса факультета инженерной химии, e-mail: jg0311@bk.ru.  
Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия  
125047, Москва, Миусская площадь, дом 9

*В настоящей работе проведён аналитический обзор существующих технологий крекинга тяжёлых нефтяных остатков. Изучены процессы крекинга, химизм и проведена их сравнительная характеристика. На основе проведённого анализа выявлены наиболее выгодные стороны процесса термоокислительного крекинга по сравнению с остальными, рассмотренными в данной работе.*

**Ключевые слова:** тяжёлые нефтяные остатки, крекинг, технологии крекинга.

## ANALYTICAL REVIEW OF CRACKING TECHNOLOGIES HEAVY OIL RESIDUES

Gordievskai Y.I.

D.I. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

*In this paper was reviewed all existing cracking technologies of heavy oil residues. Cracking processes, chemism were studied; comparative characteristic was held. Based on this analysis the most profitable sides of process were revealed in comparison with rest processes.*

**Keywords:** heavy oil residues, cracking, cracking technology.

Актуальной задачей химической технологии является задача углубления нефтепереработки. С ростом запасов тяжелой нефти и истощением запасов легкой нефти данная проблема встает острее на повестке дня. В России остаются низкими показатели по глубине переработки (в России – 72%. В Европе – 85%, в США – 96%) [1].

На существующий момент главными методами переработки тяжелых остатков являются процессы висбрекинга, гидрокрекинга, термического и каталитического крекинга. Однако вследствие их капиталоемкости и энергоемкости, высокой стоимости тормозится ввод данных процессов на отечественных предприятиях. Например, технологии переработки вакуумного газойля методом каталитического крекинга помимо основной стадии включают в себя две дополнительные стадии – гидроочистки от соединений серы исходного вакуумного газойля и продуктов его крекинга, а процесс гидрокрекинга требует использование сложной технологии и высокого давления водорода [1].

Целью данной работы было провести аналитический обзор технологий переработки тяжелой нефти, сравнение существующих технологий, а также изучение перспективной технологии инициированного термического крекинга тяжелых нефтяных остатков °С.

Термический крекинг. Процесс термокрекинга осуществляется под давлением 2-7 МПа и температуре 480-540 °С.. Исходным сырьем для переработки являются остаточное (гудрон, мазут) и

дистиллятное (асфальты, экстракты селективной очистки масел, газойли) сырье. Время пребывания сырья в зоне реакции составляет 1.5-2.5 мин [2].

Продуктами термокрекинга являются вакуумный газойль, светлые нефтепродукты и крекинг-остаток, который распространен на производствах игольчатого кокса, а газойль применяют в производстве технического углерода. Однако термический крекинг характеризуется невысоким выходом светлых продуктов крекинга, который составляет 30-35%. Недостатками данного процесса являются низкое качество продуктов, необходимость частой чистки оборудования вследствие его коксования [3].

Несмотря на существующие отрицательные стороны данного процесса в России термический крекинг остается одним из основных методов переработки тяжелых нефтяных остатков. По мнению авторов работы [4] развитие и модернизация процессов именно термокрекинга должны значительно повысить уровень нефтепереработки и состояние отечественных НПЗ в целом.

На сегодняшний день термокрекинг распространен в виде висбрекинга на заводах Европы и США.

Висбрекинг. Процесс висбрекинга применяют для снижения вязкости крекинг-остатков, так как непосредственно сразу после переработки гудроны или мазуты не могут быть использованы в качестве котельного топлива. Также продуктами данного процесса являются дистилляты и газы. Как правило, для достижения товарных котельных топлив их

необходимо разбавлять легкими фракциями [5], висбрекинг позволяет, избежав этого, понизить вязкость котельного топлива.

Висбрекинг проводят при давлении 1-5 МПа и температуре 430-500 °С.. На российских предприятиях основную часть гудрона перерабатывают в процессах висбрекинга. Основным недостатком висбрекинга является относительно низкий выход светлых нефтепродуктов: при переработке мазута он составляет 16-22%, а при переработке гудрона 5-20%.

Гидрокрекинг. Процесс проведения крекинга в присутствии катализатора и водорода при

температуре 300-450 °С и давлении 5-30 МПа [6]. В качестве катализаторов используют соединения никеля и молибдена. Процесс проводят при температуре 350-400 °С. и давлении 5.5-20 МПа.

В ходе гидрокрекинга последовательно осуществляются стадии гидроочистки, расщепления высокомолекулярных углеводородов на более низкомолекулярные, насыщение водородом непредельных углеводородов. В результате процесса образуются только легкокипящие фракции. На рисунке 2 представлена последовательная схема реакций гидрокрекинга.

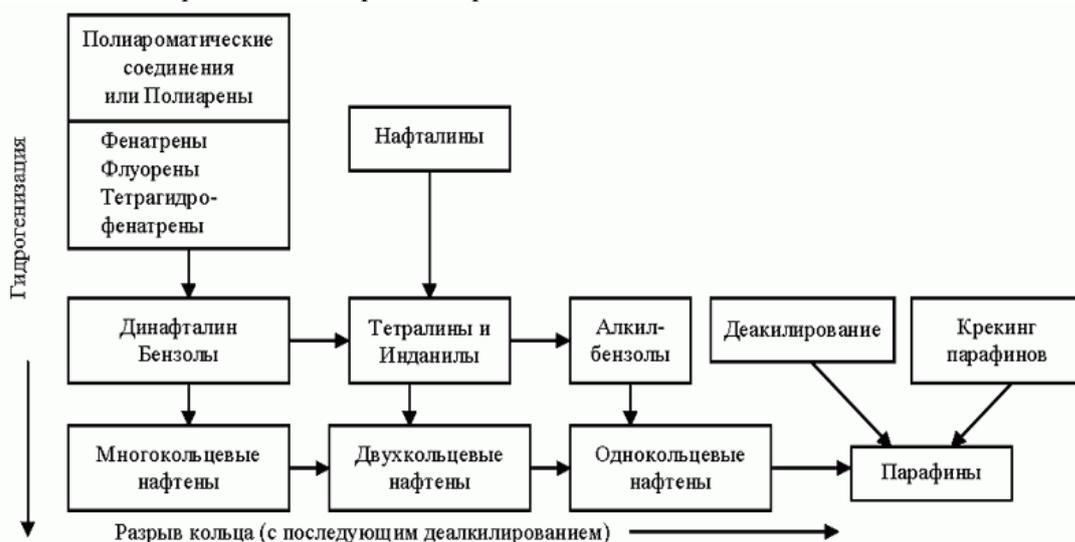


Рисунок 2. Схема последовательных реакций процесса гидрокрекинга.

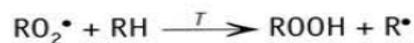
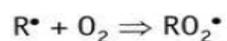
Относительно каталитического крекинга в гидрокрекинге используются более дешевые катализаторы. Срок службы катализаторов составляет 4-7 месяцев, а регенерируют их смесью воздуха с инертным газом. Достоинством данного процесса является возможность перехода работы установки на производство либо бензина, либо целевого керосина.

Каталитический крекинг. Процесс крекинга в присутствии катализаторов. Целью данного процесса является получение высокооктанового бензина, легкого газойля, непредельных жирных газов. Каталитический крекинг проводят при температуре 470-540 °С. и давлении 70-370 кПа. Катализаторами чаще всего выступают различные активированные глины и алюмосиликаты.

В результате каталитического крекинга получают продукты высокого качества. Достоинствами данного процесса являются возможность осуществлять переработку различных нефтяных фракций и получить качественные продукты, имеется возможность совмещать данный процесс с процессами алкилирования, адсорбционной очисткой и т.д. Однако дороговизна каталитического крекинга останавливает его распространение на отечественных предприятиях. Для установок средней мощности процесс не всегда может окупаться [8].

Термоокислительные крекинг. Известны различные способы инициирования термокрекинга как с помощью гетерогенных, так и гомогенных добавок. За последние 15 лет стали появляться различные публикации, в которых в качестве инициаторов-окислителей крекинга применяют озониды, воздух. Получение озона усложняет и удорожает данный процесс, поэтому было предложено применять для процесса инициированного термокрекинга воздух.

Химизм термоокислительного крекинга кислородом был рассмотрен в работах [9,10].

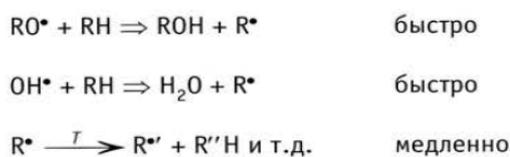


где RH – молекула исходного углеводорода, R<sup>•</sup> – первичный радикал, возникающий на стадии зарождения цепей.

Пероксидные соединения распадаются на два радикала:



Образовавшиеся радикалы инициируют цепной характер термического крекинга (механизм Райса-Герцфельда):



В работах [11 - 13] проанализированы экспериментальные данные проведения термоокислительного крекинга в присутствии воздуха, определены оптимальные условия проведения данного процесса. Экспериментально доказано, что добавление воздуха не только увеличивает выход светлых продуктов до 35-40% масс., но и увеличивает скорость их отбора.

#### Заключение

В ходе данной работы был проведен аналитический обзор существующих технологий крекинга тяжёлых нефтяных остатков. В заключении сравнив эти технологии можно сделать следующие выводы:

- процессы каталитического крекинга и гидрокрекинга требуют значительных высоких финансовых затрат для их осуществления, однако позволяют увеличить выход светлых нефтепродуктов;

- процесс висбрекинга не может обеспечить высокий выход светлых углеводородов и позволяет в качестве целевого продукта получать только котельное топливо;

- инициированный кислородом воздуха крекинг характеризуется выходом светлых фракций до 40% при крекинге гудрона, в результате получают в качестве целевого продукта котельное топливо, соответствующее требованиям товарного мазут М100, или дорожного битума в зависимости от режима работы установки.

При этом актуальным вопросом также является вопрос разделения смесей углеводородов после реакторных узлов. Процессы ректификации являются одними из наиболее энергозатратных в химической технологии [14 - 16].

#### Список литературы

1. Луганский А.И. Основы технологии инициированного крекинга гудрона: дис. канд. техн. наук. — М., 2015. — С. 6-7.
2. Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти: учеб. для вузов. — Уфа: Гилем, 2002. — С. 572-610.
3. Золотухин В.А. Глубокая переработка тяжелой нефти и нефтяных остатков // Переработка нефти и газа. — 2012 — №10. — С. 70.
4. Каминский Э.Ф., Хавкин В.А. Глубокая переработка нефти: технологический и

экологический аспекты. — М.: Техника, 2001. — 383 с.

5. McKetta J., Cunningham W. Visbreaking Severity Limits. New York, Petroleum Processing Handbook, Marcel Dekker, 1992, p. 311.

6. Гартман Т. Н., Советин Ф. С., Новикова Д. К. Опыт применения программы CHEMCAD для моделирования реакторных процессов // Теоретические основы химической технологии. 2009 г. Том 43, № 6. Стр. 702-712.

7. ООО «НПП НЕФТЕХИМ» [Электронный ресурс]. — Режим доступа <http://neftim.ru/spravochnik/gidrokreking-tjzhelyh-ostatkov/> (дата обращения 22.05.2017).

8. Горлов Е.Г., Котов А.С., Горлова Е.Е. Термокаталитическая переработка нефтяных остатков в дистиллятные фракции в присутствии цеолитов и органоминеральных активаторов // Нефтепереработка — Уфа : ИПХП АН РБ, 2008. — С.136-137.

9. Эмануэль Н. М. Роль среды в радикально-цепных реакциях окисления // Журнал физической химии. — 1956. — Т. 30. № 7. — 847 с.

10. Эмануэль Н.М., Денисов Е.Т., Майзус З.К. Цепные реакции окисления углеводородов в жидкой фазе. — М. «Наука». 1965. — 375 с..

11. Галиев Р.Г., Луганский А.И., Третьяков В.Ф.. Иницирование процесса термокрекинга тяжёлых нефтяных остатков кислородом воздуха. // Мир нефтепродуктов, — 2007. — №8. — С.16-19.

12. Галиев Р.Г., Луганский А.И., Третьяков В.Ф., Механизм инициирования термокрекинга гудрона кислородом воздуха // Вестник МИТХТ, — 2008. — Т.3. №4. — С.17- 22.

13. Швец В. Ф., Сапунов В. Н., Козловский Р.А., Макаров М. Г., Гартман Т. Н., Луганский А. И., Советин Ф. С., Сучков Ю. П., Горбунов А. В. Некоторые варианты углубления переработки нефти // Журнал прикладной химии. Т. 89, Вып. 11. 2016. С. 114-125.

14. Советин Ф. С., Гартман Т. Н., Сафонова В. Д., Шумакова О.П., Тамбовцев И. И. Применение комплекса программ CHEMCAD для разработки компьютерной модели технологической схемы хлорирования бензола по Беркману // Химическая техника. № 10. 2014 г. С. 39-42.

15. Медведев А. Ю., Советин Ф. С., Гартман Т. Н., Павлов А.С., Сеннер С. А. Компьютерное моделирование крупнотоннажной технологической схемы процесса алкилирования бензола этиленом // Химическая техника. № 7. 2015 г. С. 44-47.

16. Боровкова Е. А., Советин Ф. С., Рамазанова А. А., Гартман Т. Н. Разработка энергосберегающей подсистемы ректификации в производстве ароматических углеводородов из лёгких алканов // Химическая промышленность сегодня № 8. 2015. С. 39-50.

УДК 622.5; 66.081; 66.067;

Латина М.А., Фарносова Е.Н.

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ШАХТНЫХ ВОД

Латина Милена Александровна, студентка 1 курса факультета инженерной химии РХТУ им Д. И. Менделеева, e-mail: [milena.latina@ya.ru](mailto:milena.latina@ya.ru);

Фарносова Елена Николаевна, к.т.н., доцент кафедры мембранной технологии РХТУ им Д. И. Менделеева;

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Москва, Россия

125047, Москва, Миусская пл. 9

*Оценен химический состав высокоминерализованных шахтных вод. Проанализированы с технико-экономической точки зрения основные методы их очистки. Выбраны оптимальные методы очистки высокоминерализованных шахтных вод. Произведен расчет себестоимости 1 м<sup>3</sup> очистки воды с учетом капитальных и эксплуатационных затрат.*

**Ключевые слова:** очистка шахтных вод, высокоминерализованные шахтные воды, реагентное осаждение, ионный обмен, обратный осмос, нанофильтрация.

## TECHNICAL ECONOMICAL ANALYSIS OF METHODS OF MINE WATERS PURIFICATION

Latina M.A., Farnosova E.N.

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

*The chemical composition of highly mineral mine waters has been estimated. General methods of purification from polluted components have been analyzed. Optimum methods of purification of highly mineral mine waters have been chosen. Calculation of cost price 1 m<sup>3</sup> has been done due to major and operating costs.*

**Keywords:** Mine water treatment, highly mineralized mine waters, reagent precipitation, ion exchange, reverse osmosis, nanofiltration.

### Введение

Задача очистки минерализованных шахтных вод угольной промышленности является актуальной с научной и экологической точки зрения. Ежегодно предприятия угольной промышленности сбрасывают около 410 млн. м<sup>3</sup> сточных вод. В структуре сбрасываемых потоков преобладают шахтные воды. Под шахтными понимают воды, поступающие в подземные горные выработки из «подрабатываемых» водоносных горизонтов, поверхностных водоёмов и дренажных выработок. Шахтные воды по качественному и количественному составу многообразны. Основные компоненты загрязнения шахтных вод: взвешенные, коллоидные, ионные (растворенные соли) и бактериальные. Отличительной чертой

шахтных вод является большое солесодержание (более 10 г/л), низкое значение pH (до 2), высокие концентрации солей тяжелых металлов (Ni<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup> и др.). Очевидно, что очистка шахтных вод до требований нормативных документов дорогостоящая и требует грамотного инженерного подхода. Но экологическое законодательство обязует предприятия очищать шахтные воды до норм предельно-допустимых концентраций (ПДК) [1], что вызывает большой интерес к данной теме.

Типичный состав высокоминерализованных шахтных вод угольных бассейнов России и ПДК химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования представлены в таблице 1.

Таблица 1. Состав шахтных вод некоторых угольных бассейнов России

Основные показатели	Кизеловский угольный бассейн [2]	Челябинский угольный бассейн [3]	ПДК очищенной сточной воды [1]
Минерализация, г/л	2,5-19,0	12	15-17
pH	2,2-3,1	3-4	6,0-9,0
Взвешенные вещества, мг/л	50	–	10
Жесткость, мг-экв/л	12,6	26,5	–
NO <sup>3-</sup> , мг/л	–	4,8	9
Cl <sup>-</sup> , мг/л	7-74	–	300
SO <sup>4-</sup> , мг/л	644-6174	3786	100
Ca <sup>2+</sup> , мг/л	40-243	–	–
Mg <sup>2+</sup> , мг/л	17-115	318,7	–
K <sup>+</sup> , мг/л	115-629	–	3
Na <sup>+</sup> , мг/л		–	125
Al <sup>3+</sup> , мг/л	29-494	233,4	0,04
Fe <sub>общ</sub> , мг/л	131-3727	5917	0,1
Mn <sup>2+</sup> , мг/л	0,65-33,0	54,5	0,1
Ni <sup>2+</sup> , мг/л	0,036-3,89	27,1	0,02
Zn <sup>2+</sup> , мг/л	0,63-1,10	1,19	0,01
Cr <sup>3+</sup> , мг/л	0,025-0,102	0,03	0,07
Cu <sup>2+</sup> , мг/л	0,048-0,56	0,06	0,01
Co <sup>2+</sup> , мг/л	0,067-2,88	1,7	0,01
Pb <sup>2+</sup> , мг/л	0,003-0,022	–	0,1

Очевидно, что превышено содержание взвешенных частиц в 5 раз по сравнению с ПДК очищенных сточных вод, концентрация ионов марганца - в 500 раз, никеля - в 1000 раз, цинка и кобальта - в 100 раз.

#### Методы очистки

Удаление взвешенных и бактериальных примесей можно осуществить «традиционными» методами, такими как осаждение, в том числе, реагентное усиление. Удаление из воды растворенных (молекулярных и ионных) примесей требует применения физико-химических методов очистки: ионного обмена, электродиализа, обратного осмоса, нанофильтрации, адсорбции, выпаривания и др. Выбор того или иного метода должен проводиться на основании технико-экономического анализа. Рассмотрим наиболее типичные способы очистки шахтных вод.

Традиционно очистка шахтных вод проводилась в прудах-накопителях или горизонтальных отстойниках без какой-либо предварительной очистки с последующим сбросом в природные водоемы [4]. Недостаток данного метода в низком эффекте осветления и удаления только взвешенных и бактериальных примесей.

**Реагентное осаждение.** В качестве реагентов для нейтрализации используют CaCO<sub>3</sub>, CaSO<sub>4</sub>, Ca(OH)<sub>2</sub>, NaOH [5]. Данный метод достаточно эффективен, но высокая стоимость этих реагентов приводит к увеличению эксплуатационных затрат. Недостатком данного способа является образование «белых морей», состоящих из кристаллического кальцита, калиевых полевых шпатов, утилизация которых практически невозможна. Невозможно удаление одновалентных металлов. Подача реагента происходит в избытке, а это дорого и нерационально.

**Ионный обмен.** Позволяет очищать шахтные воды до требований нормативных документов. С помощью

ионного обмена возможно достичь уменьшение жесткости шахтных вод с 15 мг-экв/л до 0,5 мг-экв/л, а общее солесодержание с 10 000 мг/л до 10 мг/л [6]. Однако, использование данного метода для высокоминерализованных шахтных вод невыгодно с технико-экономической точки зрения. Необходимо учитывать большой расход реагентов на регенерацию ионитных смол и утилизацию стока регенерации, который в свою очередь содержит те же компоненты, что в исходном потоке, но в меньших объемах.

**Мембранная технология.** Перспективными способами очистки шахтных вод являются мембранные, в том числе нанофильтрация или обратный осмос [7,8]. Достоинствами данных методов является низкие энергозатраты, простота и компактность установок, их полная автоматизация. В сравнении с обратным осмосом, нанофильтрация протекает при относительно небольших рабочих давлениях, результатом чего является меньшее потребление электрической энергии. Очищенную воду можно использовать для нужд предприятия, например, в качестве хладагента для теплообменных аппаратов.

Оптимальным решением поставленной задачи является комплексная очистка шахтных вод с использованием как «традиционных», так и мембранных методов, в частности нанофильтрации (рисунок 1). Рекомендуется использование стадии механической очистки, которая удалит взвешенные вещества. Для механической очистки может быть использован фильтр с засыпным материалом кварцевым песком или антрацитовой крошкой.

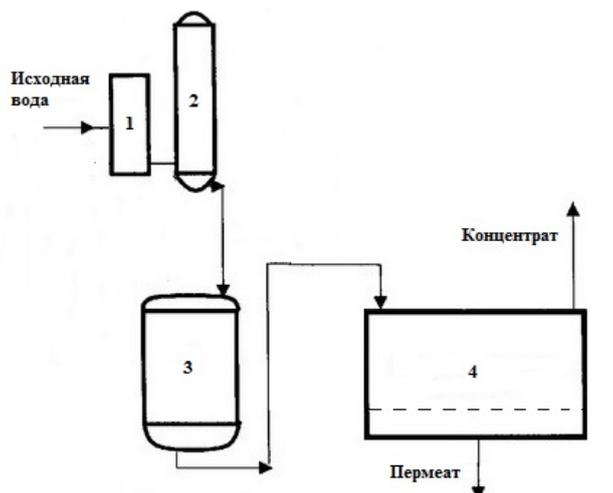


Рис. 1. Оптимальная технологическая схема процесса очистки высокоминерализованных шахтных вод [9]  
1- емкость для исходной воды, 2- механический фильтр грубой очистки, 3-механический фильтр тонкой очистки (5 мкм), 4-нанофильтрационная установка.

Анализ методов очистки шахтных вод показал наиболее эффективные способы, такие как реагентное осаждение, ионный обмен, нанофильтрация и обратный осмос. Произведем технико-экономический анализ каждого способа очистки шахтных вод Челябинского угольного бассейна и определим себестоимость 1 м<sup>3</sup> очищенной шахтной воды [10]. Производительность – 2 м<sup>3</sup>/ч по исходной воде. При расчете себестоимости учитывалась стадия механической предочистки, а также капитальные и затраты эксплуатационные (топливо и энергия, оплата труда сотрудников, социальные налоги и амортизационные отчисления). Приведенные расчеты были сделаны на основании данных за 2017 г. По оценочному расчету себестоимость 1 м<sup>3</sup> очищенной воды методом реагентного осаждения составила 17,8 рублей, ионного обмена – 20,1 рублей, нанофильтрации – 24,9 рублей, обратного осмоса – 26,5 рублей.

Из полученных данных можно сделать вывод, что самый дешевый способ очистки – реагентное осаждение, а самые затратные – обратный осмос и нанофильтрация. Однако, реагентное осаждение не очищает до норм ПДК и не удаляет одновалентные ионы металлов. При расчете ионного обмена не была учтена утилизация регенерационных стоков, что значительно повысит себестоимость очищенной шахтной воды. Несмотря на дороговизну, нанофильтрация и обратный осмос являются наиболее эффективными в процессе очистки и позволяют максимально снизить концентрацию загрязняющих компонентов. Данные методы не требуют закупки необходимых реагентов для проведения очистки в отличие от реагентного осаждения и ионного обмена. По сравнению с другими способами, нанофильтрация и обратный осмос осуществляется за меньшее время. Стоит учитывать, что при больших производительностях себестоимость очищенной воды будет меньше, а, значит, целесообразнее использовать данные эффективные методы очистки шахтных минерализованных вод.

## Заключение

Очевидно, что применение нанофильтрации и обратного осмоса перспективно. Однако, для долгой и эффективной очистки необходима качественная предподготовка. Возможна комбинация данных процессов. Например, двухступенчатая схема с применением нанофильтрации и доочисткой полученного пермеата на обратном осмосе или двухстадийная очистка на обратном осмосе и подачей концентрата на нанофильтрацию с целью уменьшения объема ретентата. Планируется проведение экспериментов на кафедре мембранной технологии по очистке высокоминерализованных шахтных вод по изложенным схемам.

## Список литературы

- СП 2.1.5.761-99 Предельно-допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Дополнение N1 к ГН 2.1.5.689-98 и ГН 2.1.5.690-98
- Орлов Д.С. Экология и охрана гидросферы при химическом загрязнении: Учеб. пособие / Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Лозановская И.Н. - М.: Высшая школа, 2012. – 167 с.
- Баринов М.Ю., Щербаков С.А., Терентьева А.А. Опытные-промышленные испытания очистки шахтных вод // Строительство-2009: материалы юбилейной международной науч.-практич. конф. Ростов н/Д: РГСУ, 2009. С. 62—65.
- Максимович Н.Г. Инновационная составляющая природоохранных технологий на основе геохимических барьеров // Инновационный потенциал естественных наук: в 2 т.: труды междунар. науч. конф. / Перм. ун-т; Естественнонауч. ин – т. – Пермь, 2006. – Т. II. Экология и рациональное природопользование. Управление инновационной деятельностью - С.54-59.
- Свитцов А.А., Копылова Л.Е., Голованева Н.В. Особенности комбинированного реагентно-мембранного метода очистки минерализованных вод // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2015. – № 5 (89). – С. 28-31.
- Мамченко А.В.; Якимова Т.И. Способ обессоливания воды // Патент России 2072325. 27.01.97.
- Фарносова Е.Н., Каграманов Г.Г., Канделаки Г.И. Влияние состава раствора на извлечение никеля и цинка из сточных вод. // Перспективные материалы. Функциональные наноматериалы и высокочистые вещества. Специальный выпуск. 2010, №9, с.272-276.
- Шитова В.О., Фарносова Е.Н., Каграманов Г.Г. Разработка мембранной технологии очистки шахтных вод / Фаткуллин З.З., Шитова В.О., Фарносова Е.Н., Каграманов Г.Г. // Успехи в химии и химической технологии. – 2015. – Т. 29, № 2 (161). – С. 110-112.
- Янковский Н. А., Степанов В. А. Способ получения частично деминерализованной воды // Патент России №2286840.2009
- Свитцов А.А. Основы проектирования производств, использующих мембранное разделение: учеб. пособие. / А.А. Свитцов. – М. РХТУ им. Менделеева, 2013. – 219с.

УДК 51-74

Артемьев А.И.

## МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ФОТОИЗОБРАЖЕНИЙ

**Артемьев А.И.**, аспирант кафедры «Логистики и Экономической Информатики», РХТУ им. Д. И. Менделеева, Россия, Москва, \* e-mail: [wtykapb@gmail.com](mailto:wtykapb@gmail.com)  
 Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия, Миусская пл. 9

*Существует большое количество методов анализа фотоизображений. Они могут быть реализованы в научно-исследовательских, опытно-конструкторских разработках, при создании инновационных материалов с заданным физико-химическими свойствами. Широкое распространение получили такие алгоритмы, как «детектор границ Кэнни», оператор Собеля и фрактальный анализ.*

**Ключевые слова:** методы анализа фотоизображений, алгоритм Кэнни, оператор Собеля, фрактальный анализ

## MATHEMATICAL AND COMPUTER METHODS OF PHOTO IMAGES ANALYSIS

Artemev A. I.

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

*There are a large number of methods for analyzing photo images. They can be implemented in research and development, development of innovative materials with specified physical and chemical properties. Algorithms such as the "Kanni boundary detector", Sobel's operator and fractal analysis were widely used.*

**Keywords:** Methods of analyzing photo images, the Canni algorithm, Sobel's operator, fractal analysis.

Обработка фотоизображений используется как в повседневной жизни (для типографии, в подготовке публикаций и т.п.), так и в проведении научно-исследовательских работ (подсчет клеток на микрофотоизображении, изучение текстур материалов и т.д.). В научном мире все чаще используются математические и компьютерные методы анализа фотоизображений структур различных материалов. Данные методики помогают в изучении физико-химических, аналитических и эксплуатационных свойств исследуемых веществ/материалов. Используются такие методики, как алгоритм Кэнни, оператор Собеля,

морфометрический и фрактальный анализ; и др. [1-8].

Широко используется алгоритм, разработанный в 1986 году Джоном Кэнни, названный как «детектор границ Кэнни». Данный оператор позволяет обнаруживать и определять с высокой точностью место расположение границ на фотоизображениях. Алгоритм Кэнни удовлетворяет трем критериям: 1) улучшенное обнаружение; 2) точная локализация (нахождение месторасположения границ); 3) лишь один отклик на одну границу (рис. 1) [1].

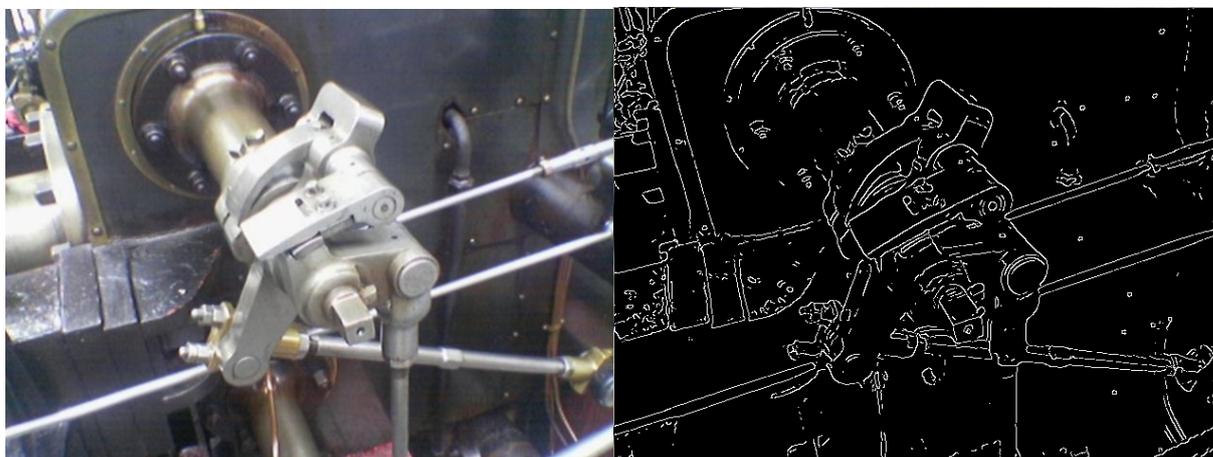


Рисунок 1. Применение детектора границ Кэнни для анализа снимка (слева – оригинал, справа – обработанное изображение)

Алгоритм Кэнни включает следующие этапы: 1) сглаживание; 2) поиск градиентов; 3) подавление не максимумов; 4) двойная пороговая фильтрация; 5) трассировка области неоднозначности. Первый этап используется для удаления шума, второй – для обозначения границ, где градиент снимка имеет **максимальное** значение. Из-за того, что градиент может иметь четыре различных направления, применяются четыре фильтра для нахождения вертикальных, горизонтальных и диагональных ребер в нечетком снимке:

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}, \quad (1)$$

$$\theta = \arctang\left(\frac{G_y}{G_x}\right), \quad (2)$$

где  $G_x$  и  $G_y$  – два изображения, на которых любая точка несет в себе приближенные производные по  $x$  и  $y$ , а  $\theta$  – направление градиента. Третий этап необходим для выявления

локальных максимумов в виде границ. На четвертом определяются порогами потенциальные границы, и на пятом – методом подавления всех краевопределяют итоговые границы [2,3].

Помимо алгоритма Кэнни часто используют оператор Собеля. Данный оператор основывается на вычислении приближенного значения градиента яркости изображения. В любой точке снимка оператором Собеля является либо вектор градиента ее яркости, либо его норма. Оператор Собеля основывается на свертке изображения малыми сепарабельными целочисленными фильтрами в горизонтальном и вертикальном направлениях [4,5].

Данный алгоритм основывается на нахождении градиента яркости изображения во всех точках снимка, с помощью чего определяется направление максимального увеличения яркости и размера ее изменения в этом же направлении (рис. 2) [5].

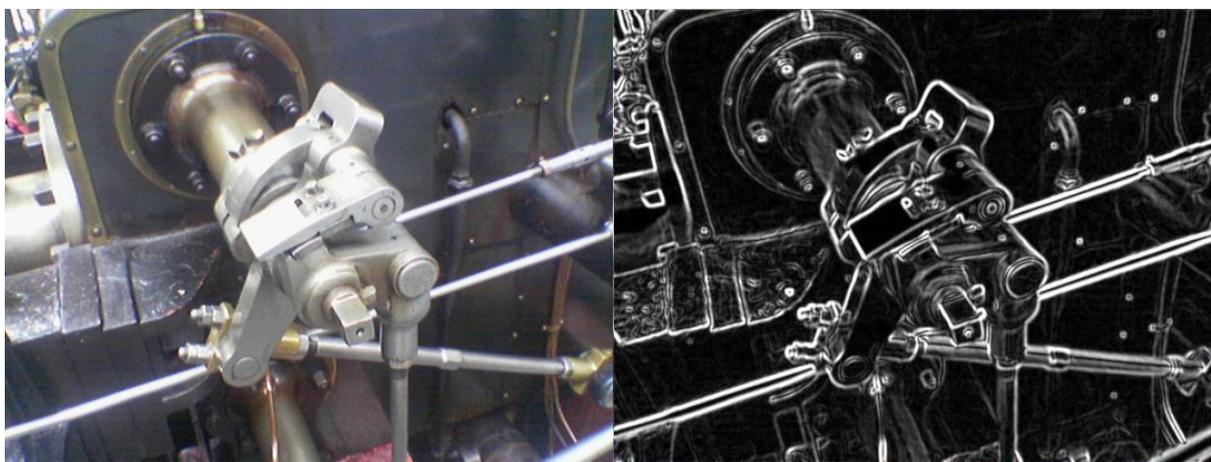


Рисунок 2. Применение детектора границ Собеля для анализа снимка (слева – оригинал, справа – обработанное изображение)

Допустим, что  $A$  – исходное фотоизображение, а величина и направление градиента определяется по формулам (1) и (2). Тогда  $G_x$  и  $G_y$  вычисляются по формулам [5, 6]:

$$G_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ +1 & +2 & +1 \end{bmatrix} * A, \quad (3)$$

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -2 & 0 & +2 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix} * A., \quad (4)$$

Существует также фрактальная размерность, способная определить множества в метрическом пространстве. Фрактальную размерность определяется следующим образом:

$$D = -\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \left( \frac{\ln(N_\varepsilon)}{\ln(\varepsilon)} \right)^n, \quad (5),$$

где  $N_\varepsilon$  – минимальное число  $n$ -мерных шагов радиуса  $\varepsilon$ . Определение фрактальной размерности делится на следующие этапы: 1) Определение границ объектов на фотоизображении с помощью градиентного фильтра; 2) бинаризация фотоизображения на заданном уровне порога бинарного сечения; 3) накладывание на фотоизображение; 4) вычисление количества квадратов, относящихся к бинарным объектам; 5) вычисление фрактальных размерностей; 6) понижение фрактальных размерностей до величины меньше заданного порога: если «да», то переходим к седьмому этапу, если «нет» – сокращаем размер сетки наполовину и возвращаемся к третьему этапу; 7) визуализация и вывод обработанного микрофотоизображения с изолиниями фрактальной размерности (рис.3) [7,8].

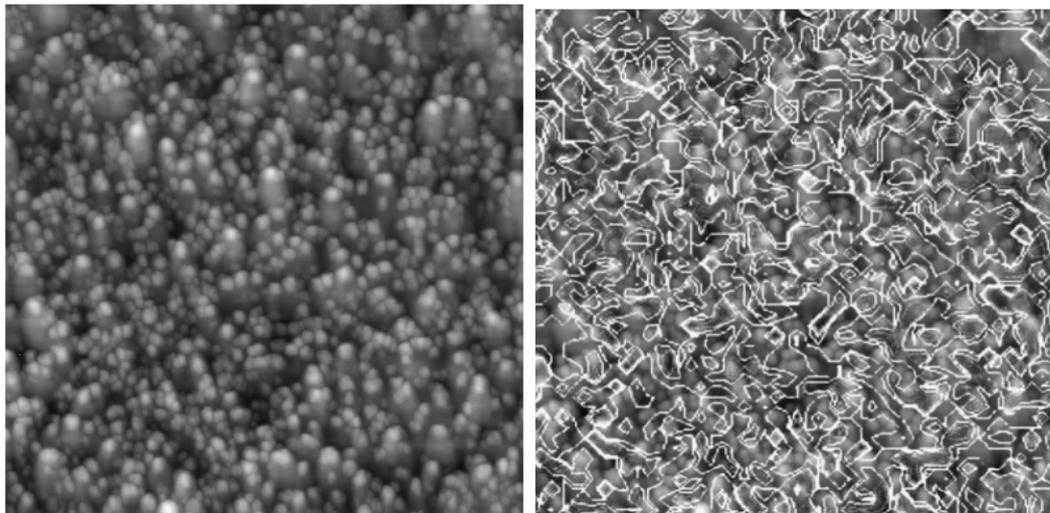


Рисунок 3. Фотоизображение микроповерхности пленки оксида олова(II) (слева - оригинал, справа – обработанное изображение с изолиниями фрактальной размерности)

Нахождение изолиний фрактальных размерностей дает возможность изучать процесс формирования кластера, при этом находя направление и частоту физико-химических процессов на поверхности материала [8].

Важно отметить, что все методы компьютерного анализа фотоизображений основывается на градиентном фильтре, позволяющим находить направление и расположение границ на снимке. Каждый способ несет в себе как положительные элементы, так и определённые недочеты. Существует так же другие методики, которые так же используются в научной сфере.

*Автор выражает признательность за научно-методические консультации академику РАН, профессору, д.т.н., заведующему кафедрой ЛогЭКИ Мешалкину В.П.*

#### Библиографический список

1. Полякова А.С., Зернов Г.А.. Оптимизация параметров детектора границ Кэнни с помощью генетического алгоритма безусловной оптимизации // Решетневские чтения. - 2013. - Т.2. № 17. - С. 67-69.
2. Алексеев В. В., Иванова О. Г., Лакомов Д. В. Анализ применимости алгоритма Кэнни для распознавания изображений в условиях неопределённости // Информатика: проблемы, методология, технологии материалы XVI Международной научно-методической конференции. - 2016. - С. 42-45.
3. Костров Б.В., Токарев А.В., Буробина А.С. Выделение границ объектов на аэрокосмических

изображениях // Математика: фундаментальные и прикладные исследования и вопросы образования материалы международной научно-практической конференции. - 2016. - С. 241-243.

4. Валишин М.Ф. Повышение надежности сокрытия данных в цифровых фотографиях методом  $lsb$  с помощью оператора Собеля // Глобальный научный потенциал. - 2015. - № 4 (49). - С. 72-75.

5. Горяинов С.И. Использование оператора Собеля для выделения контуров изображений отпечатков пальцев // Наука XXI века: проблемы, поиски, решения Материалы XL научно-практической конференции, посвященной 40-летию Челябинского государственного университета и 20-летию Миасского филиала ЧелГУ. Под редакцией А. Г. Бент; ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет», Миасский филиал. - 2016. - С. 27-31.

6. Демин А.Ю., Дорофеев В.А. Распараллеливание алгоритма выделения границ объектов на основе структурно-графического представления // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. - 2013. - Т. 323. № 5. - С. 159-164.

7. Мешалкин В.П., Саркисов П.Д., Бутусов О.Б., Севастьянов В.Г, Галаев А.Б. Компьютерный метод анализа текстуры нанокompозитов на основе расчёта изолиний фрактальных размерностей // Теоретические основы химической технологии. - 2010. - Т. 44. №6. - С.1-6.

8. Мешалкин В.П., Саркисов П.Д., Бутусов О.Б. Декомпозиционный вейвлетно – морфометрический алгоритм анализа микрофотоизображений текстуры твердофазных наноматериалов // Доклады Академии Наук – 2010. – т.434 - №5 – С.651-655

УДК 628.169.7:628.168:54-058

Балашова Е.Ю., Фарносова Е.Н.

**АНАЛИЗ СОСТАВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕРАБОТКИ ПОПУТНЫХ НЕФТЯНЫХ И ПЛАСТОВЫХ ВОД****Балашова Евгения Юрьевна**, студентка 1 курса магистратуры факультета инженерной химии РХТУ им Д. И. Менделеева, e-mail: balashovagenia@gmail.com;**Фарносова Елена Николаевна**, к.т.н., доцент кафедры мембранной технологии РХТУ им Д. И. Менделеева;

Федеральное Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева», Москва, Россия 125047, Москва, Миусская пл. 9

*Проанализированы возможные составы попутно добываемых и пластовых вод трех месторождений Тимано-Печорской нефтяной провинции. Оценены перспективные методы очистки и извлечения ценных компонентов из попутных нефтяных и пластовых вод. Предложен план лабораторных исследований.***Ключевые слова:** попутно добываемые воды, пластовые воды, нефтехимическая промышленность, мембранная технология, керамические мембраны, полимерные мембраны, ультрафильтрация, нанофильтрация, осаждение, флотация, фильтрация**ANALYSIS OF THE COMPOSITION AND PROSPECTS OF PROCESSING OF ASSOCIATED PETROLEUM AND STRATAL WATERS**

Balashova E.Y., Farnosova E.N.

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

*Phisico-chemical composition of produced and stratal waters generated at the Timan-Pechora oil province have been analyzed. The most prospective purification and extraction of valuable components methods have been determined. The experimental working plan have been formulated.***Keywords:** produced water, stratal water, petrochemical industries, membrane technology, ceramic membranes, polymeric membranes, ultrafiltration, nanofiltration, deposition, flotation process, filtration system

Нефтяная отрасль в России является одной из ведущих. За последние семь лет добыча нефти в стране преодолела планку в 500 млн. тонн в год и увеличивается с каждым годом. Пластовые воды являются постоянным спутником нефти. Увеличение добычи нефти приводит к неизбежному увеличению добываемой попутной и пластовой воды (ПДВ), количество которой по отношению к самой нефти может достигать 90%, а порой и 95% [1].

Уже долгое время ПДВ считается одним из серьезных источников загрязнения окружающей среды и обводненных территорий, так как содержит в себе значительное количество токсичных элементов, таких как стронций, бор, бром, йод, рубидий и других микрокомпонентов, а также остатков нефтепродуктов и химических реагентов, которые используются в процессе нефтедобычи.

Кроме того, утилизация ПДВ является большой проблемой в нефтедобывающем деле. Во-первых,

попутные воды обладают высоким содержанием, что является одной из основных причин коррозии буровых установок. Во-вторых, современные предприятия стремятся к ZLD-технологии (технологии нулевого сброса), а именно стараются по максимуму возратить в цикл все технологические потоки. Именно поэтому попутные воды стараются использовать в самом процессе нефтедобычи, например, в качестве базы для приготовления буровых растворов, а также для поддержания давления в пластах.

С другой стороны, попутно добываемые воды обладают высокой минерализацией и могут служить источником ценных компонентов.

В таблице 1 представлены составы трех нефтяных месторождений Тимано-Печорской провинции, расположенной на территории республики Коми Ненецкого автономного округа, обладающих наибольшей минерализацией [2].

**Таблица 1. Состав ПДВ некоторых нефтяных месторождений Тимано-Печорской провинции [2]**

№	Компонент/Месторождение	Расьюское	Мичаюское	Верхне-Омринское
1	Минерализация, г/л	235,9	240,3	140
2	Mg <sup>2+</sup> , мг/л	3040	3465,6	3040
3	Ca <sup>2+</sup> , мг/л	22000	23200	14200
4	K <sup>+</sup> , мг/л	1112	600	580,2

№	Компонент\Месторождение	Расьюское	Мичаюское	Верхне-Омринское
5	Na <sup>+</sup> , мг/л	64047,18	794	37054
6	Cl <sup>-</sup> , мг/л	146615	63745,6	91235
7	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/л	213,98	149200	21,8
8	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/л	12,2	-	36,6
9	B <sup>3+</sup> , мг/л	35,2	55	-
10	Br <sup>-</sup> , мг/л	540,3	663,4	938,4
11	I <sup>-</sup> , мг/л	30,45	63,4	32,8
12	Sr <sup>2+</sup> , мг/л	669,6	700	491,5
13	Cs <sup>+</sup> , мг/л	0,5	0,5	0,02
14	Rb <sup>+</sup> , мг/л	1,91	1,0	0,53
15	Li <sup>+</sup> , мг/л	6,5	6,0	4,43

Анализ таблицы показал, что ПДВ имеет высокое солесодержание, которое по всем компонентам превышает ПДК.

Помимо стандартных компонентов, таких как магний, кальций, натрий в ПДВ присутствуют и достаточно редкие компоненты как цезий, стронций, рубидий, йод, бром и другие, которые имеют перспективы в промышленности.

Вопрос о полном химическом и физико-химическом анализе попутно добываемых вод является весьма актуальным в нефтяной отрасли. Большинство источников приводят в основном поэлементный состав. Такие данные, возможно, будут интересны в случае очистки и утилизации ПДВ, но не в выделении из нее конкретных компонентов, где важны исследования возможных форм существования солей в «нефтяной воде» и других соединений. Например, важно учитывать, что стронций, кальций, литий, натрий очень сложно выделить из водных растворов в следствии сильного электроотрицательного характера. А в России объем производства этих компонентов гораздо меньше, чем потребность промышленности в них [3,4].

В качестве «классических» методов очистки ПДВ в основном применяют, отстаивание, флотацию, коагуляцию, адсорбцию.

Отстаивание является традиционным методом очистки попутно добываемых вод, которое в свою очередь можно подразделить на реагентное (с применением флокулянтов) и безреагентное [2]. Последнее обычно в нефтепромышленности не применяется. Данный метод является наиболее дешевым и простым в исполнении. В то же время он достаточно громоздкий и недостаточно эффективный для современного производства. Более того, как самостоятельный метод переработки ПДВ, оно не решает поставленную задачу по выделению из воды компонентов.

В зарубежной практике часто применяют флотацию в качестве методов очистки ПДВ. Она хорошо справляется с удалением остаточных нефтепродуктов и взвесей. В качестве примера показаны технологические схемы очистки попутных нефтяных вод с использованием индукционного газового флотатора (рис.1) и с гидроциклонами (рис.2) [5,6].

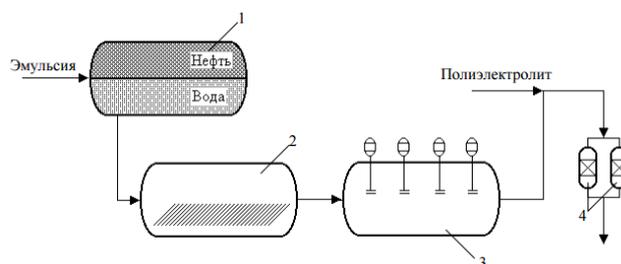


Рис.1. Схема очистки попутной воды с индукционным газовым флотатором [5,6] 1 – горизонтальный отстойник; 2 – пластинчатый сепаратор; 3 – индукционный газовый флотатор; 4 – двухслойные фильтры

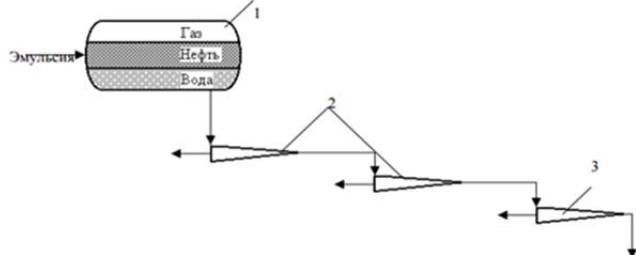


Рис.2. Схема очистки попутной воды с гидроциклонами [5,6] 1 – трехфазный сепаратор; 2 – гидроциклоны отделения нефти от воды; 3 – гидроциклон отделения взвешенных веществ

Эффективность флотационной очистки не позволяет получить воду качества, соответствующего нормам ПДК. Помимо того все компоненты, в том числе и ценные, удаляются в виде шлама.

Для интенсификации отстаивания и флотации применяют коагуляцию. Она проста и доступна. Повысить эффективность можно, используя в качестве коагулянта сернокислого алюминия. Применяя коагуляцию вместе предварительным отстаиванием, можно добиться достаточно чистой технической воды.

Адсорбционные методы очистки обычно применяют для удаления органических примесей, ароматических нитросоединений. Несравненным преимуществом данного метода в его способности очищать стоки с достаточно низкими концентрациями примесей. В качестве сорбентов в основном используют глину, силикогель, активированный уголь, реже-золу, опилки.

Фильтрация также является достаточно распространенным методом очистки ПДВ. В

качестве фильтрующего элемента применяется песок, полимерные волокна. Были попытки заменить загрузочный материал на диатомит. Качество очистки было значительно выше, но вместе с тем увеличились расходы на исходный материал и время фильтрации. Хорошо показали себя пористые наполнители (кварцевые фильтры с направлением фильтрации сверху вниз).

В связи с повышением требований к качеству переработки ПДВ необходимо внедрение современных методов. Мембранная технология достаточно давно используется в промышленной водоподготовке.

В основном для очистки воды и выделения из нее компонентов применяют баромембранные методы разделения, а именно, ультрафильтрацию, нанофильтрацию и обратный осмос.

1. Обратный осмос (ОО) является наиболее эффективным методом обессоливания воды. Но, в случае переработки ПДВ, его нельзя считать оптимальным, так как не выполняется задача выделения отдельных компонентов. Более того, ПДВ имеет высокое общее солесодержание (таблица 1). Следовательно для очистки ее ОО необходимы высокие рабочие давления, создание которых требуют больших затрат.

2. Нанофильтрация (НФ) с точки зрения выделения компонентов является более эффективным методом переработки ПДВ, чем ОО. Посредством НФ выделяют двухвалентные ионы, такие как магний, кальций, стронций. Недостатком такого метода в нефтепромышленной области является отсутствие на мембранном рынке керамических нанофильтрационных мембран. Полимерные мембраны получили большую популярность в основном из-за относительно невысоких цен, простоты изготовления и удобства эксплуатации. Но, несмотря на все положительные аспекты, у них есть значительный недостаток: они обладают низкой температурной и химической стойкостью.

Даже пройдя все стадии предварительной очистки, попутная вода не перестает иметь в своем составе следы нефти, которая в течении нескольких часов работы мембранной установки успеет осесть на мембране, тем самым загубив весь процесс.

3. Ультрафильтрация (УФ) имеет преимущество в данном вопросе, так как мембраны для этого процесса могут изготавливаться как из полимерных, так и неорганических материалов (например керамики), а керамика в процессе переработки ПДВ является на данный момент оптимальным материалом. Несмотря на свою дороговизну, керамика практически лишена всех недостатков полимерных аналогов: устойчива к высоким температурам и окислителям. Эти качества значительно упрощают процесс регенерации мембраны, и увеличивают срок ее службы.

Совмещением технологических процессов можно добиться не только высокого качества очищенной воды, но и выделения в качестве

продуктов отдельных ценных компонентов. Например, при очистке ПДВ методом УФ можно ввести специальные реагенты, образующие комплексы с различными ионами. Такой метод называется реагентной УФ.

Зная физико-химию каждого компонента ПДВ, можно добиться фракционирования исходных веществ ПДВ.

На основании анализа литературных данных был разработан следующий план эксперимента.

1. Проанализировав возможные составы ПДВ месторождений нефти, выбрать модельные растворы, имитирующие особенности физико-химического взаимодействия в системе.

2. Провести физико-химический анализ компонентного состава ПДВ. Выявить существование возможных форм соединений, солей. Изучить факторы, влияющие на состав в целом и на каждый компонент в отдельности. Подобрать вещества, селективно связывающие отдельные компоненты.

3. Выявить оптимальные параметры проведения эксперимента.

4. Определить эффективность процессов УФ, НФ, ОО в задачах очистки и фракционирования ПДВ.

5. Предложить возможные варианты технологических схем, с использованием мембранных методов.

#### Список литературы

1. Валовский К.В., Басос Г.Ю., Валовский В.М., Рахманов А.Р., Ахмадиев Р.Н. Новые технологии по повышению рентабельности высокообводненных скважин оборудованных УЭЦН / Георесурсы.-2012.- №3(45).

2. Ланина, Т.Д. Процессы переработки пластовых вод месторождений углеводородов: монография /Т.Д. Ланина, В.И. Литвиненко, Б.Г. Варфоломеев. – Ухта: УГТУ, 2006. – 172 с.

3. Виноград Н.А. Современное производство йода из гидроминерального сырья в странах СНГ / Вестник СПбГУ.-2003.-3(23).-С. 104-107.

4. Ланина Т.Д., Карманова О.А., Комиссарова Е.С. Интенсификация процесса выделения магния из пластовых вод месторождений углеводородного сырья / Известия Коми научного центра УРО РАН.-2010.- №2(2).-С. 70-72.

5. Мубарак А. Обзор используемого оборудования и химикатов при очистке воды, используемой в нефтяной промышленности / П. Михалюк., В. Эванс // Международная Каспийская выставка и конференция по нефти и газу.: Мат. Конференции. – Баку, 1994. – С. 44.

6. Михалюк П. О последних достижениях в области очистки подтоварной воды для ее дальнейшего использования в системах нагнетания или сброса в окружающую среду / П. Михалюк, А. Мубарак // Англо-казахский семинар по нефти, газу и нефтехимическим продуктам.: Мат. Конференции. – Алма-Ата, 1994. – С. 26.

УДК 541.12.66.094.3

Лысикова Е.А., Ванчурин В.И., Караченко О.И.

## ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩИЙ КАТАЛИЗАТОР ДЛЯ ДЕГИДРИРОВАНИЯ ЦИКЛОГЕКСАНОЛА В ЦИКЛОГЕКСАНОН

**Лысикова Екатерина Андреевна**, студентка 4 курса факультета нефтегазохимии и полимерных материалов;  
**Ванчурин Виктор Илларионович**, доктор технических наук, профессор кафедры общей химической технологии,  
e-mail: [victor-vicvan@yandex.ru](mailto:victor-vicvan@yandex.ru);

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия  
125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

**Караченко Ольга Ивановна**, ведущий инженер ОАО «Гродно Азот», Гродно, Республика Беларусь

*В рамках импортозамещения в Российском химико-технологическом университете имени Д. И. Менделеева разработан медьсодержащий катализатор (медьалюмокремнеземный катализатор для капролактама) с равнозначными показателями селективности и активности, но с более высокой термостабильностью, чем у известных катализаторов. По итогам гродненских испытаний подтверждена эффективность разработанного катализатора в реакции дегидрирования циклогексанола.*

**Ключевые слова:** дегидрирование циклогексанола, медьсодержащий катализатор, активность, селективность, термостабильность.

## IMPORT-SUBSTITUTING CATALYST FOR DEHYDROGENATION OF CYCLOHEXANOL TO CYCLOHEXANON

Lysikova E. A., Vanchurin V. I., Karachenko O. I.\*

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

\*ОАО «Grodno Azot», Grodno, Belarus

*In the framework of import substitution copper-containing catalyst (copper-aluminium-silicium catalyst for producing caprolactam) with equivalent parameters of selectivity and activity but with higher thermostability than famous catalysts have was developed in D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia. As a result of testing in Grodno, efficiency of the developed catalyst for dehydrogenation of cyclohexanol was confirmed.*

**Keywords:** cyclohexanol dehydrogenation, copper-containing catalyst, activity, selectivity, thermostability.

Дегидрирование циклогексанола в циклогексанон осуществляют на медьсодержащих катализаторах. При значениях степени конверсии циклогексанола 45-65 % селективность по целевому продукту достигает 98-100%. В мировой практике наибольшее распространение нашел катализатор НЗ-11 концерна BASF [1], содержащий около 20 мас.% оксида меди на пирогенном диоксиде кремния. В отечественной практике до 2012 года в промышленности эксплуатировали Cu-Mg катализатор, который готовили соосаждением гидроксидов меди и магния из раствора азотнокислых солей едким натром. Катализатор содержит 57,7 мас. % Cu(OH)<sub>2</sub>. Существенными недостатками Cu-Mg катализатора являются малая механическая прочность. К тому же на стадии термообработки катализатора происходит выделение вредных оксидов азота. В настоящее время наибольшее применение нашел медь-цинк-алюмооксидный катализатор К-СО (производитель ООО «НИАП-КАТАЛИЗАТОР»)[2]. Содержание оксида меди в катализаторе составляет около 41 ± 5 мас.%.

Отечественные контакты уступают импортному катализатору НЗ-11 прежде всего по селективности.

Катализатор НЗ-11 проявляет высокую селективность ≈99% при средних значениях степени конверсии циклогексанола ≈ 45-55%, в то время как показатель селективности отечественных катализаторов не стабилен и не поднимается выше 98,5%. Общим недостатком всех промышленных контактов, включая НЗ-11, является недостаточная термостабильность. Так, после испытания катализатора НЗ-11 в условиях реакции наблюдается интенсивное срастание частиц активного компонента вследствие их спекания и рекристаллизации, о чем свидетельствуют данные по сокращению удельной поверхности с 127 до 80 м<sup>2</sup>/г. Снижение активной поверхности катализатора НЗ-11 за счет коалесценции частиц меди происходит из-за слабости адгезионного взаимодействия материала носителя с активным компонентом.

В рамках импортозамещения в РХТУ им. Д.И. Менделеева разработан медьсодержащий катализатор МАК-К (медьалюмокремнеземный катализатор для капролактама) [3] с равнозначными показателями селективности и активности, но с более высокой термостабильностью, чем у НЗ-11.

Для приготовления катализатора МАК-К использована аммиачно-карбонатная технология [4], заключающаяся в нанесении меди из водного раствора её аммиачно-карбонатного комплекса на аморфный кремнеземный носитель в виде белой сажи при интенсивном перемешивании и температуре 80-90<sup>0</sup>С. Как показано в [5,6] использование данной технологии приводит к закреплению активного компонента в виде гидроксокарбонатных структур в кремнеземной матрице. Причину появления промежуточной фазы медного компонента с носителем в катализаторе МАК – К можно отнести на счет прекурсора активного компонента в виде гидроксокарбоната меди (ГКМ), атакующего кремнеземный носитель и вызывающего расщепление периферийных силоксановых связей с генерированием дополнительных активных силанольных групп. Силанольные группы играют роль посредника, благодаря которым ГКМ химически закрепляется на белой саже и даже входит в его структуру. Методами петрографического анализа обнаружено, что медь находится в виде изолированных волокнистых образований ГКМ-структуры, равномерно распределенных по периферии частиц носителя. Содержание таких скоплений на поверхности носителя доходит до 97% от общего числа медьсодержащих соединений. С ростом температуры прокаливания катализатора МАК-К от 270 до 370<sup>0</sup>С наблюдается частичное растворение ГКМ в структуре кремнезема, проявляющееся в сглаживании границ разделения между подложкой SiO<sub>2</sub> и прекурсором активного компонента. В соответствии с результатами петрографического анализа после испытания в реакционной среде при температуре 350<sup>0</sup>С в течение 16 ч морфология поверхности катализатора МАК – К остается практически неизменной. Внутри гидроксокарбонатных ансамблей появляются новые структурные элементы из металлической меди и её оксидов при сохранении прежнего строения супрамолекулярных новообразований.

Образцы импортного НЗ-11, отечественного и разработанного катализатора МАК-К испытаны на предприятиях ОАО «ГродноАзот» и ЗАО «Капролактам Кемерово». В ЗАО «Капролактам Кемерово» испытаны КС-О и МАК-К, в ОАО «ГродноАзот» НЗ-11 и МАК-К.- Измерение

активности и селективности образцов катализаторов дегидрирования проводили в многоканальной установке проточного типа при температуре 220 – 250 <sup>0</sup>С, атмосферном давлении и объемной скорости подачи сырья 0,5 – 2,0 ч<sup>-1</sup>. Испытания катализаторов НЗ-11 и МАК-К, КС-О и МАК-К проведены при одинаковых режимных параметрах, что позволяет сделать корректное заключение относительно эффективности каждого из них.

Активность катализаторов оценивали по степени конверсии циклогексанола, а селективность – степенью превращения циклогексанола в циклогексанон. Состав продуктов реакции определяли хроматографическим методом. О термостабильности катализаторов судили по степени снижения активности и селективности после испытания при температуре 350<sup>0</sup>С в течение 12 ч. Перед началом испытания катализаторы восстанавливали в токе водорода (в смеси с азотом) при 220<sup>0</sup>С. при нагрузке по газу 40 ч<sup>-1</sup> в течение 20 ч. Общая продолжительность испытаний образцов катализаторов составляла 98 ч, в том числе 10 ч на приработку катализатора.

Результаты испытаний приведены на рис.1 и 2. Из табл.1 видно, что по показателю селективности катализатор МАК-К заметно превосходит отечественный катализатор К-СО, но по показателю активности МАК-К уступает К-СО в среднем 6-7 отн.%. Необходимо отметить при этом, что насыпная плотность катализатора К-СО в 2 раза выше, чем у МАК-К. Учитывая также, что содержание медного компонента в К-СО примерно в 2 раза больше, чем в катализаторе МАК-К, удельная активность МАК-К оказывается в 3-4 раза выше по сравнению с катализатором К-СО.

По показателю термостабильности катализатор К-СО после перегрева при 350<sup>0</sup>С снизил свою активность с (56,7 – 62,4)% до 43,8 %, т.е. на 26 отн.%, у катализатора МАК-К степень конверсии упала после перегрева с (56,7 – 57,4)% до 48,9%, т.е. среднее снижение активности составило около 16%.

В ОАО «ГродноАзот» проведены более детальные сравнительные испытания образцов катализаторов НЗ-11 и МАК-К с варьированием температуры и объемной скорости подачи сырья. Результаты испытаний приведены на рис.1 и 2.

Таблица 1. Активность и селективность образцов катализаторов К-СО и МАК-К

Катализатор	Температура, 0С	Активность, %	Селективность, %
К-СО	250	59,7 – 62,4	94,0 – 96,9
	350	96,4	42,7
	После перегрева при 350 0С		
	250	43,8–48,9	98,1
МАК-К	250	56,7 –57,4	99,5 – 100
	350	96,3	36,9
	После перегрева при 350 0С		
	250	48,9	100

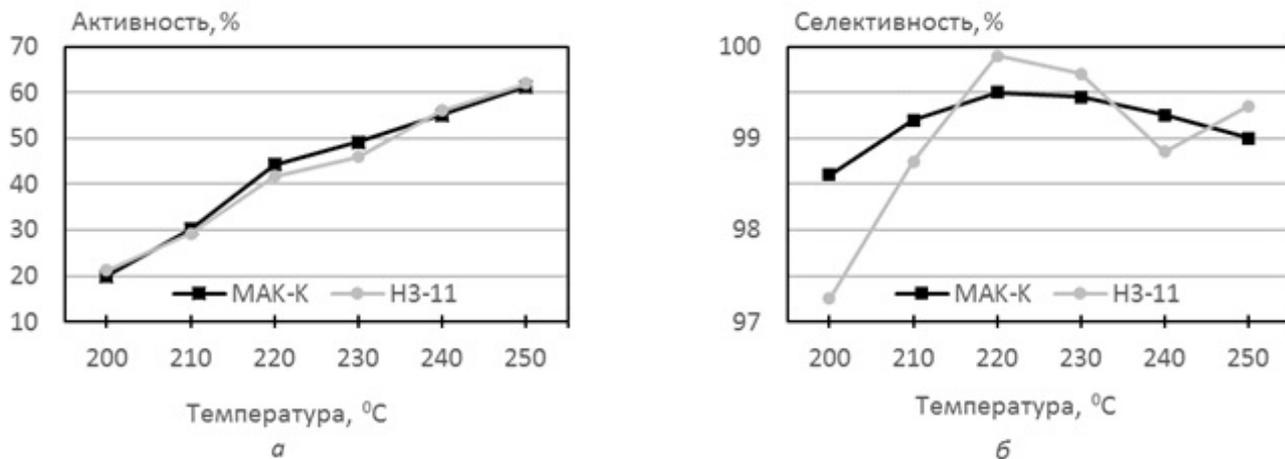


Рис. 1. Влияние температуры на активность (а) и селективность (б) образцов МАК-К и H3-11

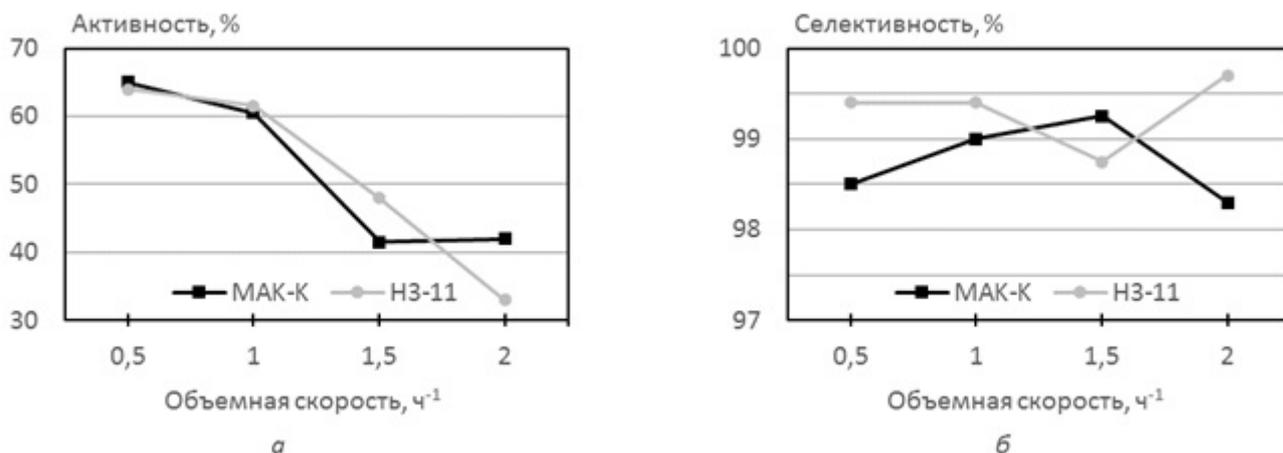


Рис. 2. Влияние объемной скорости подачи сырья на активность (а) и селективность (б) образцов МАК-К и H3-11

По итогам гродненских испытаний можно сделать вывод о близости каталитических свойств образцов катализаторов МАК-К и H3-11 при варьировании температур и нагрузок по сырью. Очевидно, что для окончательного заключения о перспективности замены импортного катализатора H3-11 на разработанный катализатор целесообразно наработать опытно-промышленную партию МАК-К и провести его полномасштабные испытания в промышленном аппарате.

Авторы выражают благодарность ЦКП РХТУ им. Д. И. Менделеева.

#### Список литературы

1. Пат. РФ № 2218987, РФ, МПК7 В 01 J 23/72. Способ получения окисных катализаторов, содержащих медь со степенью окисления более нуля / Хайнеке Д., Майсснер Р., Хессе М., Геркен Х. ; опубл. 20.12.2003. Бюл. №35.
2. Пат. 2157279, РФ, МПК7 В 01 J 23/00. Способ получения катализатора конверсии оксида углерода водяным паром / Козлов И.Л., Калинин Ф.В.,

Калиневич А.Ю., Данилова Л.Г. ; опубл. 17.12.1999. Бюл. №28.

3. Пат. 2612216, РФ, МПК7 В 01 J 23/00 Способ приготовления медьсодержащего катализатора для дегидрирования циклогексанола в циклогексанон / Ванчурин В. И., Дульнев А.В., Павлов Ю.Л. и др.; Оп. 03.03.2017. Бюл. №7.

4. Комова З.В., Зрелова И.П., Вейнбендер А.Я., Шкитина В.И. и др. Бессточная технология медьсодержащих катализаторов // Катализ в промышленности. 2007. № 5. с. 43–50.

5. Ванчурин В.И., Джумамухамедов Д.Ш., Попова Н.А. Термостабильный медьсодержащий катализатор с закрепленным активным компонентом на алюмокремнеземном носителе // Стекло и керамика. 2014. №12. с. 32-35.

6. Ванчурин В.И., Павлов Ю.Л., Петров А.Ю., Марачук Л. И., Караченко О.И., Дульнев А.В., Рудник Л.Д. Направленный синтез медного катализатора с наноструктурированным активным компонентом // Катализ в промышленности. 2016. №2. с.41-47.

УДК 519.673:620.9.97

Пай М. О.

## РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ УЗЛА АБСОРБЦИИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ГАЗА ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ КОНДЕНСАЦИИ МЕТАНА

**Пай Марк Олегович**, магистрант 2 курса факультета инженерной химии (ФИХ); e-mail: mark-pay@yandex.ru  
Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия  
125047, Москва, Миусская площадь, дом 9

*Разработана и реализована компьютерная модель технологической схемы узла абсорбции. Рассчитаны конструкционные параметры абсорбера. Данная модель включена в модель технологической схемы процесса окислительной конденсации метана.*

**Ключевые слова:** модель, модуль, моделирующая программа

## THE DEVELOPMENT OF THE MODEL OF THE TECHNOLOGICAL LINE OF THE ABSORPTION FOR THE PURIFICATION OF THE TECHNOLOGICAL GAS OF THE OXIDATIVE CONDENSATION OF METHANE

Pay M. O.

D.I. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

*The computer model of the technological line of the absorption was created & realized. Constructive parameters was calculated. This model was included to the model of the technological line of the process of the oxidative condensation of methane.*

**Keywords:** model, module, simulator

Получение этилена методом окислительной конденсации метана - новый процесс, который позволяет в одну стадию получить данный ключевой продукт нефтехимического синтеза [1]. Однако при данном процессе образуется побочный продукт – диоксид углерода, для очистки от которого необходим узел абсорбции. Процессы разделения, в частности абсорбция являются одними из наиболее энерго- и ресурсозатратных в химической технологии [2-5].

Для подготовки исходных данных для проектирования таких технологических схем необходимо уже на стадиях предпроектных разработок создавать их компьютерные модели, с помощью которых решать задачи энерго- и ресурсосбережения [2]. Разрабатывать такие модели не представляется возможным без применения современных комплексов программ, позволяющих создавать «виртуальные» схемы. Кроме того, использование данных комплексов программ позволяет без значительных материальных и временных затрат осуществлять исследования указанных процессов на их моделях (проводить вычислительные эксперименты над виртуальными технологическими схемами). В работе [6] проведён аналитический обзор современных и доступных на отечественном рынке комплексов программ.

В рассматриваемой работе решена задача применения комплекса программ CHEMCAD для разработки компьютерной модели технологической схемы получения узла абсорбции для очистки технологического газа окислительной конденсации метана при подготовке исходных данных для её

проектирования.

### Описание технологической схемы

Технологическая схема процесса абсорбционной очистки технологического газа, реализованная в среде комплекса программ CHEMCAD изображена на рис. 1.

В абсорбер (модуль 1 на схеме) подаются технологический газ (продукты окислительной конденсации метана) и абсорбент – вода. В абсорбере протекает очистка продуктов окислительной конденсации метана от диоксида углерода. Очищенный газ направляется на метанирование, а уголекислотный раствор на десорбцию, которая необходима для регенерации абсорбента. В десорбере (модель 3 на схеме) протекает дегазация абсорбента, далее очищенный от уголекислого газа абсорбент направляется в теплообменник (модуль 4 на схеме), где для его охлаждения используется «захоленная вода», а затем регенерированный абсорбент возвращается в производственный цикл, что позволяет экономить свежий абсорбент.

### Описание хода моделирования технологической схемы

Абсорбер моделируется модулем строгого расчёта процесса абсорбции с использованием алгоритма метода Тиле-Геддеса [2]. Опыт применения комплекса программ CHEMCAD для моделирования процесса абсорбции изложен в работах [7-8]. Число тарелок – 20, номера тарелок питания – 1 и 20. Диаметр абсорбера – 0.3 м, высота – 12.2 м. Результаты расчёта процесса абсорбции приведены в таблице 1.

Десорбер моделируется модулем строгого расчёта десорбции, где также используется алгоритм Тиле-Геддеса. Число тарелок – 20, номера тарелки питания – 1. Диаметр десорбера – 0.61 м, высота – 12.2 м. Расчётная тепловая нагрузка десорбера – 4950 МДж/час.

Для расчёта полной технологической схемы процесса абсорбции с рециклическим потоком используется метод простых итераций, а также декомпозиционный метод расчёта химико-технологических систем [8-10].

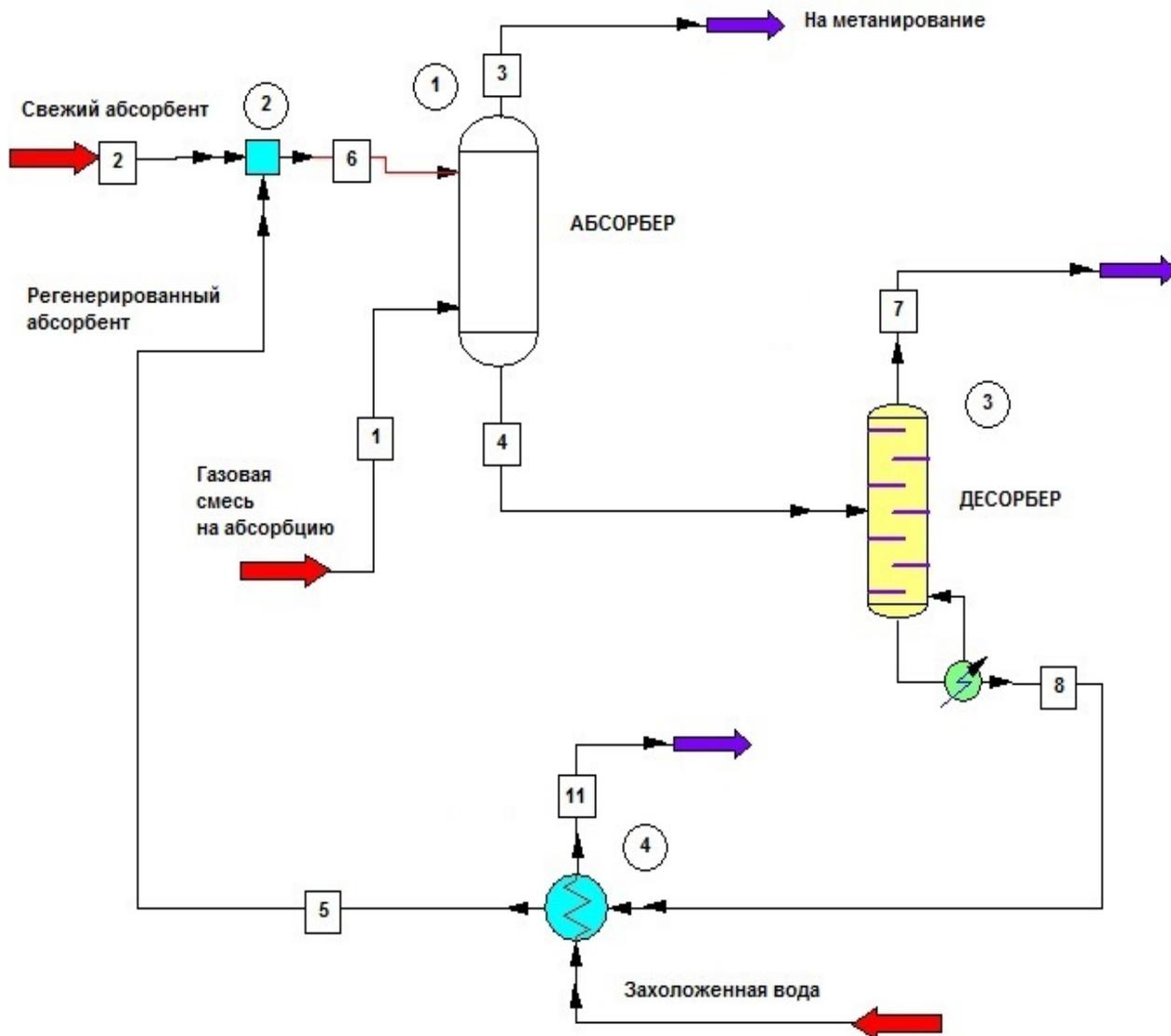


Рис 1. Технологическая схема очистки продуктов окислительной конденсации метана, реализованная в среде комплекса программ CHEMCAD

Таблица 1. Результаты расчёта процесса абсорбции

Свойство потока	Поток газа на очистку	Очищенный газ	Поток в десорбер
p; атм.	25	2	2
t; °C	20	20	20
G; кг/час	397	167	10230
ω; % масс.			
CO <sub>2</sub>	2.47	-	0.09
H <sub>2</sub> O	45.43	1.12	99.49
N <sub>2</sub>	3.41	8.07	-
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	12.36	29.09	-
CH <sub>4</sub>	25.88	61.35	-
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	10.29	-	0.02

Таким образом разработана компьютерная модель технологического узла процесса абсорбции технологического газа окислительной конденсации метана для его очистки от диоксида углерода. Нами предложена технологическая схема физической абсорбции, т.к именно она позволяет экономить абсорбент, что невозможно при проведении аналогичного процесса с использованием хемосорбции (абсорбции с химической реакцией).

Предложенная компьютерная модель включена в компьютерную модель полной технологической схемы процесса окислительной конденсации метана, что является частью исходных данных для проектирования данного производства.

#### Выводы

1. Создана и реализована модель технологического узла процесса абсорбции для очистки продуктов окислительной конденсации метана от диоксида углерода.

2. Рассчитаны конструкционные параметры абсорбера и десорбера.

3. Предложенная модель включена в модель полной технологической схемы процесса окислительной конденсации метана.

#### Список литературы

1. Алхазов Т.Г., Марголис Л.Я. Высокоselectивные катализаторы окисления углеводородов. М.: Химия, 1988. 191 с.

2. Гартман Т. Н., Клушин Д. В. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов. М.: «Академкнига», 2008. 416 с.

3. Панкрушина А. В., Гартман Т. Н. Технологический расчёт сложных комплексов ректификационных колонн и оценка их эффективности с учётом колебания состава питания // Химическая технология № 8. 2016. с. 367-376.

4. Гартман Т. Н., Советин Ф. С., Новикова Д. К. Разработка компьютерной модели многостадийного производства метанола из природного газа. // Химическая промышленность сегодня № 3. 2012. с. 45-53.

5. Боровкова Е. А., Советин Ф. С., Рамазанова А. А., Гартман Т. Н. Разработка энергосберегающей подсистемы ректификации в производстве ароматических углеводородов из лёгких алканов // Химическая промышленность сегодня № 8. 2015. с. 39-50.

6. Гартман Т. Н., Советин Ф. С. Аналитический обзор современных пакетов моделирующих программ для компьютерного моделирования химико-технологических систем // Успехи в химии и химической технологии. 2012. Т. 26. № 11 (140). с. 117-120.

7. Советин Ф. С., Гартман Т. Н. Логико-вычислительные процедуры разработки блочных компьютерных моделей реакторных и ректификационных процессов // Известия ТулГУ. Технические науки. 2011. вып. 5. ч. 3. С. 277-282.

8. Советин Ф. С. Разработка и применение методического обеспечения блочного компьютерного моделирования энергоресурсоёмких химико-технологических систем с применением инструментальных комплексов программ. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. 05.13.18 и 05.17.08. М. РХТУ им. Д. И. Менделеева. 2011.

9. Гордеев Л.С., Кадосова Е.С., Макаров В.В., Сбоева Ю.В. Математическое моделирование химико-технологических систем. Части 1,2,3. М. РХТУ им. Д. И. Менделеева 1999.

10. Дворецкий С.И., Кормильцин Г.С., Калинин В.Ф. Основы проектирования химических производств. М.: "Машиностроение-1". 2005. 280 с.

УДК 666.3-127.7

Комарова А.Д., Григоренко Р.И., Давидханова М.Г., Грунский В.Н.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ВЫСОКОПОРИСТЫХ ЯЧЕИСТЫХ НОСИТЕЛЕЙ КАТАЛИЗАТОРОВ

**Комарова Алла Дмитриевна**, студент 1 курса магистратуры факультета инженерной химии, e-mail: [alla.komarova@me.com](mailto:alla.komarova@me.com);

**Григоренко Роман Игоревич**, студент 2 курса магистратуры факультета инженерной химии;  
**Давидханова Мария Григорьевна**, к.т.н., доцент кафедры общей химической технологии РХТУ им. Д.И. Менделеева;

**Грунский Владимир Николаевич**, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой общей химической технологии, РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия.

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия  
125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

*Подготовка поверхности высокопористого ячеистого носителя (ВПЯН) для нанесения активных подложек и каталитически активных компонентов, разработка методов модифицирования поверхности блочного ВПЯН для её развития.*

**Ключевые слова:** блочные катализаторы, структура носителей, поверхность носителя.

## RESEARCHES OF THE STRUCTURE OF HIGHLY POROUS CELLULAR CATALYST CARRIERS

Komarova A.D., Grigorenko R.I., Davidkhanova M.G., Grunsky V.N.

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

*Preparation of the surface of a highly porous cellular carrier (HPCC) for the application of active substrates and catalyst active components, development of methods for modification the surface of a block HPCC for its development.*

**Keywords:** block catalysts, morphology carriers, surface carrier.

Высокопористые ячеистые материалы (ВПЯМ) представляют собой особый класс пористых проницаемых материалов, поскольку обладают специфичной для них структурой. В основе получения ВПЯМ лежит принцип нанесения слоя вещества (металлов, оксидов, карбидов и др.) на поверхность органической структурообразующей матрицы с последующим спеканием этого слоя и удалением матрицы путем термодеструкции [1].

В связи с тем, что процессы, происходящие при высокотемпературной обработке дисперсной фазы шликера, нанесенного на перегородки матрицы ретикулированного пенополиуретана (ППУ), ведут к получению конфигурации поверхности, определяемой условием минимума свободной энергии, т.е. образованием плотно упакованной кристаллической решетки –  $Al_2O_3$ , удельная поверхность которого крайне мала (0,5–1,0 м<sup>2</sup>/г), поэтому для преобразования его в носитель для катализаторов необходимо дальнейшее развитие его удельной поверхности и увеличение прочностных характеристик. Прочность сцепления активных подложек и каталитически активных компонентов с поверхностью носителя определяет механическую прочность катализатора [2].

Решается задача разработки условий прочного сцепления корундового ВПЯМ с активными подложками (на стадии приготовления носителя),

поскольку именно структура и прочность каркаса носителя (ВПЯН) определяет все эксплуатационные свойства, как носителя, так и каталитической системы в целом [3].

Для определения прочностных характеристик проводились исследования по определению предела прочности на сжатие для образцов с размером транспортных пор R10, R20, R30 и R45, имеющих форму цилиндра. Размеры измеряли штангенциркулем в направлении, параллельном помеченным плоскостям в верхней и нижней части образца, и определяли их площадь:

$$S=2\pi r h, (1)$$

где  $S$  – площадь образца, см<sup>2</sup>;

$r$  – радиус верхней и нижней поверхности цилиндра, см.

Отбирали образцы без видимых дефектов. Затем в верхней и нижней части измеряли диаметр цилиндра и определяли сечение:

$$S_{сеч}=\pi r^2, (2)$$

где  $S_{сеч}$  – площадь сечения образца, см<sup>2</sup>.

Предел прочности на сжатие (МПа) при сжатии определяли по формуле:

$$\sigma_{сж} = F/S_{сеч}, (3)$$

где F – разрушающее усилие, МПа.

Провели измерение прочности на сжатие образцов после первичного обжига. Для повышения прочности заготовок ВПЯН наносили водный раствор фарфоровой массы марки ПФЛ-1 и дистиллированной воды, в соотношении 1:4 соответственно. На керамические носители для увеличения, как прочностных характеристик, так и для развития внешней удельной поверхности – алюмозоля, имеющий высокую удельную поверхность  $\gamma$  -  $Al_2O_3$ - 50-200  $m^2/g$  [1]. Результаты измерений на предел прочности на сжатие, после каждого этапа представлены в таблице 1.

По данным таблицы можно сделать вывод, что показатели предела прочности на сжатие после первичного обжига достаточно низкие. Это обусловлено большим количеством микротрещин образовавшихся в перемычках материала при обжиге. После дальнейшего нанесения водного раствора фарфоровой массы и алюмозоля

прочностные характеристики улучшаются с увеличением размера ячейки образца.

Исследование морфологии высокопористых ячеистых носителей проводили методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). Были взяты образцы с размером транспортных пор R10, R20. На рисунке 1 представлены результаты исследования после первичной стадии обжига, которые показывают образовавшиеся в перемычках микротрещины.

Фотографии микроструктуры образцов после нанесения водного раствора фарфоровой массы («фарфоровое молочко») приведены на рисунке 2. Можно сделать вывод, что микротрещины после обжига заполняются раствором фарфоровой массы и структура приобретает более однородный вид.

Микрофотографии структур после нанесения алюмозоля представлены на рисунке 3. Как следует из микрофотографий, структура образцов после нанесения алюмозоля определяется поверхностью  $\gamma$  -  $Al_2O_3$ . А увеличение содержания  $\gamma$  -  $Al_2O_3$  обеспечивает более однородную структуру перемычек.

Таблица 1. Сравнение измерений прочности на сжатие после каждого этапа

Размер транспортных пор	Предел прочности на сжатие после первичного обжига, МПа	Предел прочности на сжатие после нанесения фарфорового молочка, МПа	Предел прочности на сжатие после нанесения алюмозоля, МПа
R10	0,0105	0,0136	0,0209
R20	0,0203	0,0463	0,0674
R30	0,0432	0,0549	0,0825
R45	0,0772	0,1996	0,2994

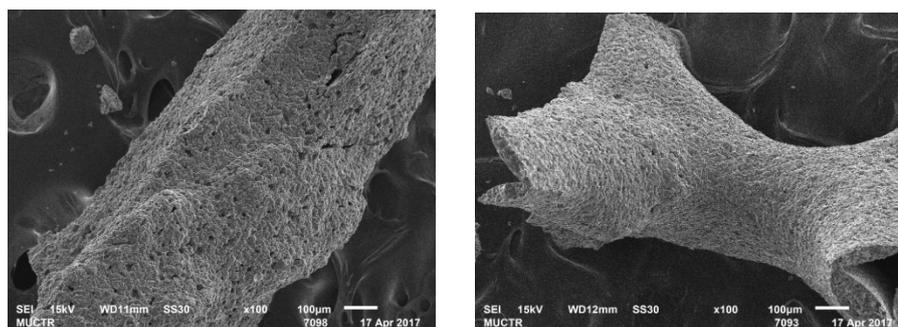


Рис. 1. Микрофотография образца после первичного обжига (R10 – слева, R20 – справа)

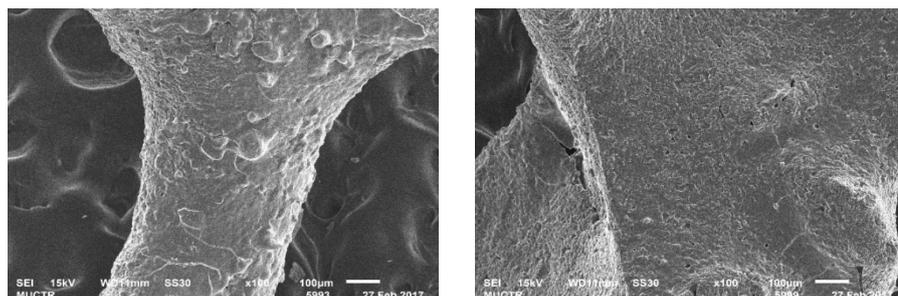


Рис. 2. Структура поверхности образца с нанесением «фарфорового молочка» (R10 – слева, R20 – справа)

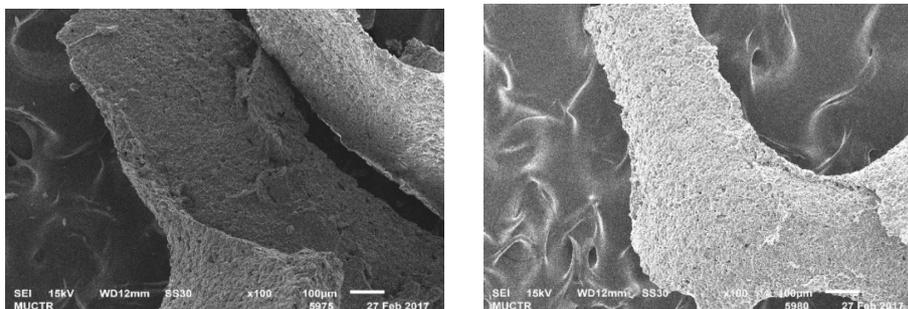


Рис. 3. Структура поверхности образца с нанесением алюмозоля (R10 – слева, R20 – справа)

Текстурные характеристики образцов рассчитывали на основании изотерм адсорбции - десорбции азота при температуре 77,15К, полученных объемнометрической установкой Nova 1200e (Quantachrome, США). Удельную поверхность ( $S_{уд}$ ) образцов рассчитывали методом БЭТ, объем микропор ( $V_{п}$ ) –  $t$ -методом.

Таблица 2. Характеристики носителя на основе ВПЯМ

Образец	$S_{уд}$ , м <sup>2</sup> /г	$V_{п}$ , см <sup>3</sup> /г	$D_{п}$ , нм
ВПЯМ (R20)	0,12	0,001	8,8
ВПЯМ+ $\gamma$ - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (ВПЯН)	R20	15,48	0,022

Из таблицы видно, что адсорбция азота на образце ВПЯМ практически отсутствует, т.е. образец является непористым. Нанесение пористого слоя в виде  $\gamma$  – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> позволяет увеличить пористость и удельную поверхность ВПЯН примерно в 100 раз.

На примере изотермы адсорбции азота (R20), представленной в рисунке 4 и в таблице 2, данные свидетельствуют о том, что полученный образец является мезопористым (по классификации Дубинина), но обладает небольшим объемом микропор.

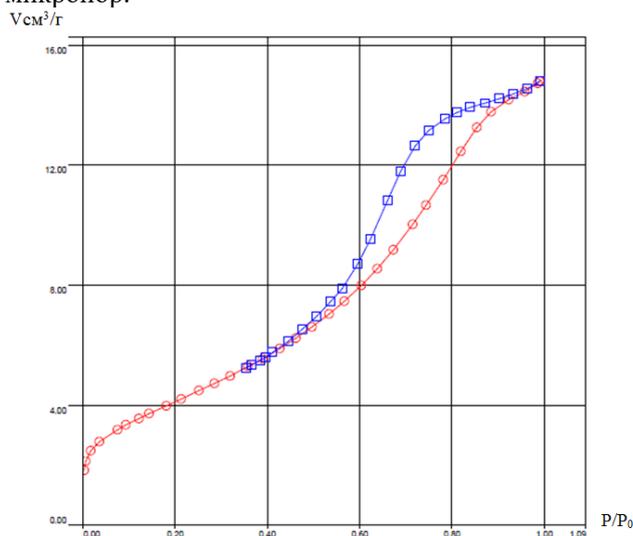


Рис. 4. Зависимость относительного давления от объема

Таким образом, были получены образцы керамических носителей с различными геометрическими размерами, транспортными порами, с изученной микроструктурой, которые в дальнейшем будут использованы для кинетических исследований активности катализатора с нанесением активных композиций.

### Список литературы

1. Грунский В.Н. Малообъемные блочные высокопористые каталитические и сорбционные системы ячеистой структуры для очистки от вредных примесей в жидкофазных и газофазных процессах: дис. д.т.н. — М., 2009. — С. 17-21 с.
2. Груданова А.И. Повышение эффективности производства низкодзастывающих дизельных топлив регулированием состава катализаторов термогидрокаталитических процессов: дис. к.т.н. — М., 2012. — С. 40-46 с.
3. Игнатенкова В.В. Усовершенствование технологии блочного высокопористого ячеистого палладийсодержащего катализатора: дис. к.т.н. — М., 2011. — С. 54-63 с.

УДК 543.31

Костеров Д.А., Сидорова А.А.

**ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА БУТИЛИРОВАННОЙ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ****Костеров Дмитрий Александрович**, студент 5 курса инженерного химико-технологического факультета;**Сидорова Анна Александровна**, студентка 5 курса инженерного химико-технологического факультета;e-mail: [amid007911@ya.ru](mailto:amid007911@ya.ru);

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия 125047, Миусская пл. 9

*Авторы статьи считают, что данный вопрос необходимо изучить и понять какая торговая марка выпускает наиболее полезную бутилированную воду, какая вода, в принципе, полезна и как она производится. Цель данной работы - разобраться в этом вопросе, чтобы иметь понятие о том, что мы пьем и как не навредить своему здоровью.*

**Ключевые слова:** питьевая вода, свойства воды

**STUDY OF THE QUALITY OF BOTTLED DRINKING WATER**

Kosterov D. A., Sidorova A. A.

Russian chemical-technological University. D. I. Mendeleev, Moscow, Russia, 125047, Miuskaya sq. 9

*The authors believe that this question it is necessary to study and understand what brand produces the most useful bottled water, what water is in principle useful and how it's produced. The aim of this work is to understand this question to have a notion of what we drink and how not to harm your health.*

**Key words:** potable water, properties of water

**Введение**

В настоящее время проблема загрязнения питьевой воды стоит особенно остро. Ухудшение экологической обстановки и сомнительное качество водопроводной воды заставляют большое количество людей покупать бутилированную воду.

Авторы статьи считают, что данный вопрос необходимо изучить и понять какая торговая марка выпускает наиболее полезную бутилированную воду, какая вода, в принципе, полезна и как она производится. Цель данной работы - разобраться в этом вопросе, чтобы иметь понятие о том, что мы пьем и как не навредить своему здоровью.

**Способы очищения воды**

Считается, что самая полезная вода для здоровья человека – это вода из артезианских скважин и родников. Это, так называемая, минеральная вода. Нужно различать, какая вода является минеральной, а какая минерализованной. Минерализованная вода оснащается минералами искусственным образом, а минеральная подразумевает природный источник, обогативший воду полезными компонентами естественным путем.

Бутилированная вода чаще всего проходит два этапа обработки - это очищение и насыщение. Первый этап – это тщательная очистка от разнообразных загрязнений и тяжелых соединений. Для грубого очищения применяют два способа: обратный осмос или дистилляцию. Они позволяют удалить из воды все вредные вещества. Но, к сожалению, и большая часть полезных веществ тоже пропадает. Поэтому на втором этапе жидкость насыщается минералами. Делают это строго дозированно и в определенных пропорциях.

Одним из популярных способов производства является очищение водопроводной воды. Для этого вода из-под крана дочищается. Из нее убирают лишнюю хлорку и тяжелые металлы. Согласно исследованиям, состав большей части бутилированной воды не сильно отличается от состава водопроводной. Такая вода может быть опасной для здоровья.

Ниже Вы можете ознакомиться со схемой очистки воды (Рис.1). Очистка производится последовательно от более крупных загрязнений до самых мельчайших.

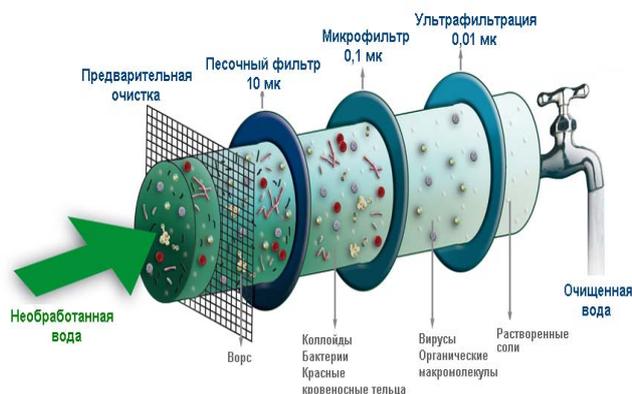


Рис.1 Схема очистки воды

Различить минеральную питьевую и водопроводную воду на вкус практически невозможно. Не зная состава и способа добычи воды можно легко попасть на некачественную

продукцию, которая будет совсем не полезна для здоровья. Авторами статьи, был проведен эксперимент, в ходе которого студентам РХТУ им. Д.И. Менделеева были предложены на выбор несколько вариантов минеральной воды в стеклянных бутылках. На этикетках была информация о том, что питьевая вода прибыла из Франции, Великобритании, Испании. Попробовав воду из каждой бутылки, студенты отмечали различия во вкусе, рассуждали о преимуществах того или иного вида. Но никто из них даже не подозревал, что вся вода была одинаковой и налита из-под крана.

#### Категории питьевой воды

Не считая технической, которая в данной статье не рассматривается, воду разделяют на две категории – высшую и первую. В каждой стране существуют ГОСТы и СанПиНы для бутилированных питьевых вод, которые регламентируют их вкус, цвет, химический состав и прозрачность. Питьевая вода обеих категорий, если только она не является лечебной минеральной, должна быть прозрачной, без запаха, посторонних примесей и осадка, в противном случае ее употребление нежелательно. Питьевая вода высшей категории должна отвечать более высоким требованиям к химическому составу, чем вода первой категории.

О качестве воды можно судить по информации на этикетке. На ней, если действительно вода высшей категории, обязательно должно быть указано место ее добычи, адрес и сайт производителя, химический состав. В основном указывают содержание таких химических веществ и соединений: калий (до 10 мг/л); магний (до 20 мг/л); натрий (до 100 мг/л); кальций (до 20 мг/л); нитраты (до 45 мг/л); хлориды (до 100 мг/л); сульфаты (до 30 мг/л); гидрокарбонаты (до 300 мг/л). Иногда на этикетках указывают рН воды, который должен быть в пределах 6,5-7,5. Если хотя бы один из этих показателей не соответствует нормам, то вода не может иметь высшую категорию.

#### Вода легкая и тяжелая

Оба типа воды не отличаются по вкусу, цвету и запаху, но сильно отличаются по полезным свойствам. Легкая питьевая вода практически не содержит примесей дейтерия (изотопа водорода), других тяжелых элементов, и поэтому наиболее полезная и обладает лечебными свойствами. Легкая вода помогает даже при лечении раковых опухолей. Тяжелая вода, в которой к атому кислорода присоединяются атомы дейтерия, для человека безвредна, если пить ее в небольших количествах. Но и никакой пользы она не приносит. Молекулы дейтерия содержатся в любой воде, как бы глубоко она не находилась, из этого следует, что их содержит любая питьевая вода высшей категории. По данному параметру рейтинг бутилированной воды не проводился, но из купленной в магазине воды любой из зарекомендовавших себя марок можно сделать легкую воду. Для этого достаточно заморозить воду, а затем дать ей оттаять. Та часть,

которая оттает быстрее всего и будет самой чистой водой, наиболее полезной для здоровья. В оставшейся воде соберутся все примеси, поэтому употреблять ее нежелательно.

#### Вода минеральная

Сейчас так называемую минералку можно свободно купить в любом магазине, поэтому многие приобретают ее, в качестве питьевой, будучи уверенными, что минеральная вода – это любая, где есть микроэлементы. На самом деле минеральная – это вода, которая добыта только из определенных водоносных горизонтов и имеет строго регламентированный химический состав. Если вода представляет собой смесь природной и сделанной искусственно, то она не может считаться минеральной, несмотря на ее богатый химический состав, указанный на этикетках. Также, не является минеральной и вода, представляющая собой смесь, добытую из различных водоносных горизонтов, хотя на этикетке такая информация не отображена. По составу минеральные воды могут подразделяться на сульфатные, гидрокарбонатные, хлоридные, смешанные, а по концентрации полезных веществ – на столовые (в них содержится до 1 гр/дм<sup>3</sup> микроэлементов), лечебно-столовые (до 10 гр/дм<sup>3</sup> микроэлементов) и лечебные. Ежедневно и без консультации врача можно употреблять только столовую воду.

#### Экспериментальная часть

Цель эксперимента – определение качества бутилированной воды, которая продается в магазинах. В данном случае под качеством продукта авторы статьи понимают степень ее загрязнения.

Техническим прибором, регистрирующим необходимую информацию для исследования, являлся Аква тестер TDS METP US MEDICA PURE WATER.

Методология эксперимента заключалась в том, что Аква тестер опускался в исследуемый состав воды и через 5-10 секунд определял числовой показатель (количество допустимых растворенных в воде частиц, PPM), характеризующий степень загрязнения воды. Для определения степени загрязнения воды приняты следующие интервалы:

1. 0-5 PPM, полностью очищенная дистиллированная вода.
2. 5-50 PPM, идеальная вода для питья.
3. 51-150 PPM, питьевая вода из подземных и горных источников или очищенная через угольный фильтр.
4. 151-300 PPM, предельно допустимая вода с высоким содержанием примесей, искусственно минерализованная.
5. 301-500 PPM, опасная для питья вода.
6. 500+ PPM, непригодная вода.

Для эксперимента были отобраны наиболее популярные марки бутилированной воды, такие как: «Baikal», «Evian», «Vittel», «Шишкин лес», «Черноголовская», «Фруто Няня». Результаты эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты эксперимента

Торговая марка, цена за 0,5л	Степень загрязнения воды, РРМ
«Baikal», 60 рублей	55
«Evian», 71 рубль	254
«Фруто Няня», 22 рубля	198
«Шишкин Лес», 30 рублей	324
«Черноголовская», 19 рублей	36
«Vittel», 62 рубля	297

Таким образом, мы видим, что цена бутилированной воды никак не влияет на ее качество. Среди исследуемых образцов, марка «Черноголовская» имеет в розничных магазинах самую низкую цену, однако, самое высокое качество, тогда как марка «Evian» и «Шишкин Лес» имеют более высокую цену и низшее качество.

По результатам исследования установлено, что наилучшей бутилированной водой являются продукты марок «Черноголовская» и «Baikal».

#### Выводы

Несмотря на то, что бутилированная вода проходит несколько этапов очистки, она все равно может быть опасна для здоровья. Качество воды можно также проверять в домашних условиях. Конечно, это довольно условное исследование, но все же оно поможет выбрать наиболее пригодную для питья воду.

Итак, выбирать воду мы рекомендуем по следующим признакам:

1) Цвет. Наливаем воду в прозрачный стакан, затем осматриваем его на фоне белой бумаги. Если цвет отличается, то вода некачественная.

2) Прозрачность. Определяем, аналогично цвету. Можно использовать бумагу с текстом. Если текст легко читается, его хорошо видно, через налитую воду, то вода качественная.

3) Привкус и запах. Сначала нужно нагреть воду до 20°C, затем проверить, есть ли запах и привкус. Если ни того, ни другого не обнаруживается, то нагреваем воду до 60 °C, и также проверяем. Если на одном из этапов вода имеет запах или привкус, то она не пригодна для питья.

5) pH воды. Водородный показатель должен варьироваться в пределах 6.5-8.5.

6) Примеси. Для того, чтобы точно быть уверенным в том, что питьевая вода качественная, нужно капнуть воду на зеркало. После высыхания можно будет наблюдать все примеси, которые содержатся в воде.

7) Жесткость воды. Если мыло в воде плохо пенится – вода жесткая. Для организма более полезна мягкая вода.

8) Также, чтобы проверить качество воды, можно использовать раствор перманганата калия. Если при его добавлении в воду Вы наблюдаете желтый цвет, то такая вода непригодна для здоровья.

Если Вы хотите быть уверенным в качестве потребляемой Вами воды, особенно детской, то советуем Вам приобрести тестер качества воды, который покажет, какое количество примесей содержит данная питьевая вода.

Пейте только полезную воду!

УДК 658.562

Горюнова А.И., Комарова С.Г.

## ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ «О БЕЗОПАСНОСТИ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ»: ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ, РАЗРАБОТКА, ВНЕДРЕНИЕ

**Горюнова Алиса Игоревна**, студент 3 курса факультета инженерной химии, РХТУ им. Д.И. Менделеева;  
**Комарова Светлана Григорьевна**, к.т.н., доцент кафедры Стандартизации и инженерно-компьютерной технологии, РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия 125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д/ю 20

*Утвержденный Постановлением Правительства РФ от 7 октября 2016 г. N 1019 Технический регламент «О безопасности химической продукции» является значимым событием на пути внедрения «Согласованной на глобальном уровне системы классификации опасности и маркировки химической продукции». Регламент направлен на создание обязательных для применения и исполнения требований к химической продукции, обеспечение информирования потребителя об опасных свойствах химической продукции в отношении жизни и здоровья человека, имущества, окружающей среды, жизни и здоровья животных и растений и о мерах по ее безопасному обращению на территории Российской Федерации.*

**Ключевые слова:** химическая продукция, технический регламент, классификация опасности, маркировка, безопасное использование, обращение на рынке.

## TECHNICAL REGULATION ON SECURITY OF CHEMICAL PRODUCTION: THE HISTORY OF EMERGENCE, DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION.

Goryunova A.I., Komarova S.G.

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

*Technical regulation № 1019 «on security of chemical production» adopted by decision of Government of Russian federation of October 7 2016 is a significant event on the way to implementation of « The system of classification of hazard and marking of chemical production agreed at a high level». The regulation is aimed at creation of requirements for chemical production that are mandatory for use and compliance. It is also focused on providing the information about the qualities of the product that can be hazardous to human life and health, private property, life and health of animals and plants for a customer. Moreover it gives the information about safe handling of the product throughout the Russian Federation.*

**Key words:** chemical production, technical regulation, hazard classification, marking, safe handling, market circulation.

Соприкосновение с химическими веществами, их смесями, и в целом - с химическими продуктами, является повсеместной и неотъемлемой частью деятельности человека как на уровне промышленного производства, так и в повседневной его жизни. Известно, что наряду с важными, необходимыми, полезными свойствами химической продукции, последняя способна проявлять ряд опасных воздействий на живые организмы и окружающую среду. Для создания безопасного и наиболее эффективного использования химической продукции проведено и непрерывно ведутся исследование и изучение свойств, а также различного рода влияния химических соединений и их смесей на организм человека, флору, фауну, почвы, водоемы, атмосферу. На основе накопленных знаний и результатов испытаний во многих странах были созданы национальные системы классификации опасностей химических веществ. Вместе с тем, в процессах интеграции и транснационального сотрудничества все более отчетливо стало проявляться различие в классификациях, оценке опасностей, маркировке и нормативно-допустимых требованиях к химической

продукции между отдельными национальными системами. Одновременно наблюдалось усиление внимания к глобальным вопросам изменения климата на планете, защиты озонового слоя и т.д. Все вышеназванное послужило предпосылками к тому, чтобы в 1992 г. на международном саммите ООН по окружающей среде и развитию (UNCED) было принято решение о необходимости создания единой международной системы по безопасности химической продукции с целью предотвращения глобальной угрозы ее негативного воздействия на окружающую среду и здоровье человека.

Работа по созданию такой системы велась под эгидой ООН в течение 10 лет. В 2002 году на всемирном саммите по устойчивому развитию (WSSD), проходившем в г. Йоханнесбург, правительствами 190 стран мира была одобрена «Согласованная на глобальном уровне система классификации опасности и маркировки химической продукции» (СГС) (ST/SG/AC.10/30). В 2003 г. данная система была единогласно одобрена Советом по экономическим и социальным вопросам и рекомендована к

внедрению. С тех пор СГС или как еще называют это издание – «фиолетовая книга», обновляется каждые два года по мере необходимости и накопления практического опыта ее использования, а все страны, входящие в состав ООН, обязались внедрить СГС в рамках надлежащих национальных процедур и законодательства.

Одним из инструментов внедрения СГС в Российской Федерации стал – Технический регламент «О безопасности химической продукции». Новое для России понятие «технический регламент» было введено на законодательном уровне путем принятия Федерального закона от 27.12.2002 N 184-ФЗ «О техническом регулировании». Актуальная на сегодняшний день формулировка термина звучит следующим образом: «технический регламент - документ, который принят международным договором Российской Федерации, подлежащим ратификации в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, или в соответствии с международным договором Российской Федерации, ратифицированным в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, или указом Президента Российской Федерации, или постановлением Правительства Российской Федерации, или нормативным правовым актом федерального органа исполнительной власти по техническому регулированию и устанавливает обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования (продукции или к продукции процессам проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации)» [1].

Прототипом Технического регламента РФ «О безопасности химической продукции» стал Регламент Европейского Парламента и Совета № 1907/2006 от 18 декабря 2006 г. касающийся Регистрации, Оценки, Разрешения и Ограничения Химических Веществ (REACH) [2]. Основные положения REACH: *Регистрация.* Все химические вещества, за исключением ряда веществ, выведенных из зоны действия нового Регламента, должны быть зарегистрированы производителями или импортерами. Регистрация потребует от производителей и импортеров представления Технического Досье для веществ, производимых или импортируемых в количестве 1 тонны или более в год, и Отчета по Химической Безопасности для веществ, производимых или импортируемых начиная с 10 тонн и выше. При этом последующим потребителям химической продукции необходимо будет гарантировать, что их специфическое использование данного продукта также зарегистрировано; *Оценка.* Оценка Технического Досье и предложений промышленности по проведению тестирования данного химического вещества будет проводиться Европейским Химическим Агентством. При этом Агентство также будет координировать проведение

оценки вещества компетентными органами власти Государств-участников, которая имеет целью установить вещества, характеризующиеся превышением допустимого риска; *Разрешение.* Для химических веществ, характеризующихся особо опасными свойствами (канцерогенность, мутагенность, токсичность для репродуктивной системы, стойкость в окружающей среде и способность к биоаккумуляции), необходимо будет получать разрешение на их использование или размещение на рынке для конкретного использования. Агентство опубликует список веществ - кандидатов, подпадающих под данную категорию; *Ограничение.* Производство, размещение на рынке или использование конкретных опасных веществ с высокой степенью риска может быть ограничено или запрещено. Создано Европейское Химическое Агентство, задачами которого являются: Руководство техническими, научными и административными аспектами. *Согласованная классификация и маркировка.* Инвентаризация классификации и маркировки опасных веществ поможет активизировать процесс согласования классификации конкретного химического вещества внутри промышленности. *Доступ к информации.* Правила REACH по доступу к информации включают открытый для общественности доступ к информации через интернет, текущую систему запросов информации и специфические правила по защите конфиденциальной бизнес информации.

В 2009 году разработанный проект отечественного технического регламента был передан на согласование в Государственную Думу РФ. В рамках созданного и развивающегося Таможенного союза, в соответствии с Графиком разработки первоочередных технических регламентов Таможенного союза (далее – ТС), ответственной за разработку одноименного технического регламента ТС была назначена Российская Федерация. Органом государственного управления в Российской Федерации, ответственным за разработку технического регламента ТС, является Министерство промышленности и торговли Российской Федерации (Минпромторг России). С проектом Технического регламента ТС «О безопасности химической продукции» можно ознакомиться на официальном сайте Евразийской экономической комиссии (ЕЭК). Отметим, что Внутригосударственное согласование проекта завершено в 2013 году, о чем свидетельствует Решение Коллегии Евразийской экономической комиссии от 15 октября 2013 г. № 229.

Вернемся к рассмотрению Технического регламента РФ «О безопасности химической продукции». Общая история разработки длилась почти 10 лет, несколько раз кардинально меняя свое содержание и концепцию. В первых версиях закона делалась попытка максимально приблизиться к европейскому регламенту REACH, где безопасность химической продукции планировалось обеспечивать

регистрацией продукции до ее введения в обращение на рынке и выдачей разрешений на использование всех входящих в состав продукции веществ. После целой серии переговоров с участием представителей промышленности в начале 2009 года было принято решение отказаться от подобного подхода, имеющего высокую вероятность создания барьеров для развития и вывода на рынок новой продукции. В последующих версиях регламента, представленных на рассмотрение, разрешительная регистрация химической продукции прописывалась только для ограниченного перечня продукции, а обеспечение безопасности в основном строилось на информировании всех заинтересованных лиц об опасности химической продукции и мерах по ее безопасному обращению посредством паспорта безопасности и маркировки.

Итак, долгие годы создания оптимальной системы завершены. Постановлением Правительства РФ от 7 октября 2016 г. N 1019 утвержден Технический регламент «О безопасности химической продукции», который должен вступить в силу с 1 июля 2021 г.

Технический регламент РФ «О безопасности химической продукции» устанавливает требования безопасности к химической продукции с учетом Согласованной на глобальном уровне системы классификации опасности и маркировки химической продукции в части установления: а) критериев классификации опасности химических веществ и смесей для здоровья человека и окружающей среды, а также опасностей, обусловленных их физико-химическими свойствами; б) элементов системы информирования, включающих в себя требования к маркировке и паспорту безопасности [3]. Регламент разработан с целью установления на территории Российской Федерации обязательных для применения и исполнения требований к химической продукции, обеспечения ее свободного перемещения при выпуске в обращение на территории Российской Федерации. Действие технического регламента распространяется на химическую продукцию, выпускаемую в обращение на территории Российской Федерации. Данный регламент предусматривает перечень продукции, на которую не распространяются требования документа, отраженный в приложении 1. Основное понятие «химическая продукция» определяется как «химическое вещество или смесь». Отдельно регламент дает полные формулировки «химического вещества» и «смеси».

Отметим наиболее значимые и принципиальные требования документа. Технический регламент предусматривает формирование и ведение реестра химических веществ и смесей, используемых на территории РФ. Их включение в реестр является основополагающим фактором для получения государственной регистрации.

Оценка соответствия химической продукции согласно требованиям технического регламента, осуществляется в формах: а) учетной государственной регистрации; б) разрешительной

государственной регистрации; в) государственного контроля (надзора). Учетная государственная регистрация химической продукции применяется в случае, если: сведения о химической продукции включены в реестр химических веществ и смесей; в состав продукции не входят запрещенные и/или ограниченные к применению химические вещества и смеси, включенные в реестр химических веществ и смесей, а также если, концентрациях ограниченных к применению химических веществ, не превышающих значений предельного содержания в составе химической продукции. Разрешительная государственная регистрация проводится в отношении: новой химической продукции и химической продукции, которая содержит ограниченные к применению химические вещества и смеси, включенные в реестр химических веществ и смесей, в концентрациях, превышающих установленные значения.

Введено понятие «нотификация новых химических веществ», которая осуществляется путем внесения сведений о них в реестр химических веществ и смесей.

Вся химическая продукция при обращении на рынке должна сопровождаться Паспортом безопасности (ПБ). Требования к сведениям, которые должны содержаться в ПБ, указаны в ГОСТ 30333-2007 "Паспорт безопасности химической продукции. Общие требования". ПБ оформляется до вывода продукции на рынок. В России предусмотрен порядок регистрации ПБ и ведение единого национального реестра ПБ, что принципиально отличает РФ от всех других стран, где аналогичный документ (Safety Data Sheet) не подлежит государственному учету.

Идентификация и классификация химической продукции проводится изготовителем (уполномоченным изготовителем лицом), импортером этой продукции. По видам опасного воздействия, связанного с физико-химическими свойствами химической продукции, она подразделяется на тринадцать категорий: взрывчатую, сжатый газ, воспламеняющуюся газообразную, воспламеняющаяся в аэрозольной упаковке; воспламеняющаяся (горючая) жидкость; воспламеняющаяся, находящаяся в твердом состоянии; саморазлагающаяся (самореактивная); пирофорная; самонагревающаяся; опасная при контакте с водой; окисляющая; органические пероксиды; коррозионно-активная.

Опасные свойства химической продукции в отношении жизни и здоровья человека и животных разделяют на двенадцать категорий: обладающая острой токсичностью в отношении воздействия на живой организм; вызывающая разъедание (некроз) и раздражение кожи; вызывающая серьезное повреждение (раздражение) глаз; оказывающая сенсibilизирующее действие; обладающая мутагенными свойствами (мутагены); обладающая канцерогенными свойствами (канцерогены); воздействующая на репродуктивную функцию; обладающая избирательной токсичностью на

отдельные органы (органы-мишени) и (или) системы живого организма при однократном и кратковременном воздействии или при многократном и продолжительном воздействии; представляющая опасность при аспирации; стойкая, способная к накоплению в биологических объектах; характеризующаяся особенной стойкостью и способностью к биоаккумуляции; уровень опасности которой соответствует уровню опасности таких, в частности, соединений, как эндокринные разрушители, по которым существует научно обоснованное доказательство их вероятного серьезного воздействия на здоровье человека.

К химической продукции, опасной для окружающей среды, относится следующая продукция: разрушающая озоновый слой; обладающая острой и хронической токсичностью для водной среды; обладающая способностью к биоаккумуляции; обладающая персистентностью; обладающая токсичностью для почвы.

Маркировка химической продукции, направленная на обеспечение информирования потребителя (приобретателя) об опасных свойствах химической продукции в отношении жизни и здоровья человека, имущества, окружающей среды, жизни и здоровья животных и растений и о мерах по ее безопасному обращению на территории Российской Федерации, наносится в виде знака опасности, символа опасности, сигнального слова и содержит описание мер по предупреждению опасности в соответствии с ГОСТ 31340-2013 "Предупредительная маркировка химической продукции. Общие требования".

Следует отметить, наряду с утверждением на законодательном уровне Технического регламента РФ «О безопасности химической продукции», важную роль разработки и внедрения системы национальных стандартов, направленную на поддержку механизма реализации положений регламента и обеспечения гармонизации с требованиями Согласованной на глобальном уровне

системой классификации опасности и маркировки химической продукции (СГС). На сегодняшний день основные принципы системы информирования, предложенные СГС, отражены в межгосударственных стандартах ГОСТ 30333-2007 «Паспорт безопасности химической продукции. Основные требования» и ГОСТ 31340-2013 «Предупредительная маркировка химической продукции. Основные требования». В рамках программы по внедрению Рекомендаций ООН – СГС были также разработаны стандарты по классификации опасности химической продукции, разработана серия стандартов на методы испытаний химической продукции, опасность которой обусловлена физико-химическими свойствами.

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что вопросы безопасности химической продукции с целью предотвращения глобальной угрозы ее негативного воздействия на окружающую среду и здоровье человека являются крайне актуальными, требуют грамотного трудоемкого подхода при их решении, непрерывно совершенствоваться, с учетом приобретения новых результатов и достижений исследований, должны быть гармонизированы между странами. Поэтому Технический регламент «О безопасности химической продукции» - это важный и эффективный инструмент в реализации «Согласованная на глобальном уровне система классификации опасности и маркировки химической продукции» (СГС).

#### Список литературы

1. Федеральный закон от 27 декабря 2002г. N 184-ФЗ О техническом регулировании
2. Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals
3. Технический регламент от 07 октября 2016N 1019 о безопасности химической продукции

УДК 006.1

Петрова Н.А., Журавлева Е.С., Комарова С.Г.

## ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНАЯ МАРКИРОВКА ХИМИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

**Журавлева Евгения Сергеевна**, студент 3 курса факультета инженерной химии;

**Петрова Наталья Александровна** студент 3 курса факультета инженерной химии, e-mail: jyra93@yandex.ru;

**Комарова Светлана Григорьевна**, к.т.н., доцент кафедры Стандартизации и инженерно-компьютерной графики, РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия  
125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

*Работа знакомит нас с маркировкой химической продукции. Рассмотрен стандарт ГОСТ 31340-2013, устанавливающий основные требования к предупредительной маркировке. Показано значение указанного стандарта для современного общества.*

**Ключевые слова:** стандартизация, химическая промышленность, маркировка, опасность.

## PRECAUTIONARY LABELS FOR CHEMICAL PRODUCTS

Petrova N.A., Zhuravleva E.S., Komarova S.G.

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

*The work acquaints us with the labeling of chemical products. Considered the standard 31340-2013, establishing the basic requirements for precautionary labelling. Shows the value of the specified standard for modern society.*

**Keywords:** standardization, chemical industry, labeling, danger.

Химическая промышленность занимает особое место в современном мире. В России это одна из важнейших отраслей народного хозяйства, включающая производство продуктов основной химии, изделий из пластических масс, горно-химическое сырьё, лакокрасочных материалов, синтетические красители и многое другое. Для идентификации химических продуктов, для возможности знать их свойства и характеристики, несомненно, требуется маркировка. Частью общей маркировки химической продукции является предупредительная маркировка, которая с помощью графической и/или текстовой информации, передает нам сведения об опасных свойствах химической продукции и мерах по предупреждению опасности. Введенный ГОСТ 31340-2013 устанавливает требования к составлению предупредительной маркировки химической продукции.

Именно, предупредительную маркировку следует выделять среди другой информации, сопровождающей продукцию. «Предупредительная маркировка должна быть четкой и разборчивой, устойчивой к воздействию химических веществ, климатических факторов и обязательно должна сохраняться в течение всего срока хранения и использования химической продукции. Предупредительная маркировка может быть нанесена либо на этикетку, либо на упаковку» [1]. Предупредительная маркировка должна содержать: идентификационные данные химической продукции, то есть наименование и обозначение самой продукции, состав продукции и другие данные

позволяющие отличить конкретную химическую продукцию от прочей химической продукции находящейся в обращении на рынке; сведения об организации – производителе и поставщике; описание опасности, включая знак опасности, сигнальное слово и краткую характеристику опасности (H – фразы); меры по предупреждению опасности. Так же обязательной составной частью технической документации на химическую продукцию является паспорт безопасности. Он предназначен для обеспечения потребителя достоверной информацией по безопасности промышленного применения, хранения, транспортирования и утилизации химической продукции.

Наименование химической продукции должно соответствовать наименованию, указанному в паспорте безопасности для данной химической продукции. Для химической продукции, представляющей собой химическое вещество, должно быть приведено химическое наименование. Для смесевой химической продукции должны быть приведены наименования всех входящих в ее состав химических веществ, определяющих опасность химической продукции в целом для здоровья человека и окружающей среды.

Сам же знак опасности должен иметь форму квадрата, повернутого под углом 45°. Знак опасности включает: символ опасности, графические элементы в виде рамки, фона или цвета, которые приняты для передачи конкретной информации. Согласно межгосударственному стандарту,

существует девять символов опасности. Для обозначения опасности применяют принципы приоритетности при нанесении символов опасности. К примеру, если используют символ опасности "жидкости, выливающиеся из двух пробирок и поражающие металл и руку" для продукции, вызывающей разъедание кожи и/или серьезные повреждения глаз, то символ "восклицательный знак" в целях обозначения раздражающего действия на кожу и/или глаза для этой же продукции не применяют, а если используют символ опасности "опасность для здоровья человека" для продукции, обладающей сенсibiliзирующим действием при вдыхании, то символ "восклицательный знак" в целях обозначения сенсibiliзирующего действия при контакте с кожей, а также раздражающего действия на кожу и/или глаза для этой же продукции не применяют. При разработке предупредительной маркировки можно использовать несколько знаков опасности. Знаки опасности должны быть выполнены в виде черного символа на белом фоне в красной рамке. Для продукции, предназначенной для использования на внутреннем рынке, допускается использовать знак опасности в черной рамке.

Так же, на предупредительной маркировке присутствует предупредительное слово. Это слово используется для акцентирования внимания на степени опасности химической продукции. В зависимости от степени опасности химической продукции применяют следующие сигнальные слова: "Опасно" ("Danger") - для продукции с высокой степенью опасности; "Осторожно" ("Warning") - для продукции с более низкой степенью опасности. В зависимости от вида и степени опасности продукции производится классификация продукции. Что бы разобраться в классе опасности химической продукции, а так же ознакомиться с критериями классификации, нам необходимо обратиться к стандарту ГОСТ 32419-2013. Данный стандарт устанавливает виды опасной химической продукции, такие как: химическая продукция, опасность которой обусловлена ее физико-химическими свойствами; химическая продукция, представляющая опасность для организма человека; химическая продукция, представляющая опасность для окружающей среды. "Отнесение химической продукции к определенному виду/видам опасной продукции и, в соответствующих случаях, классу опасности производится путем сопоставления имеющихся данных с установленными критериями классификации опасности" [2]. Критерии классификации опасности химической в каждом случае относятся к конкретному виду опасности или к конкретной группе тесно связанных между собой видов опасности. К примеру взрывчатая химическая продукция, не являющаяся нестабильной, в зависимости от представляемой опасности относится к одному из шести классов опасности, а химическая продукция, обладающая острой

токсичностью для водной среды, относится к одному из трех классов опасности.

Немало важную роль играют Н-фразы или краткая характеристика опасности - набор стандартных фраз, позволяющих установить степень опасности химической продукции в зависимости от ее класса опасности. Для химической продукции, обладающей несколькими видами опасности, приводят все фразы опасности в соответствии с приведенными ниже принципами приоритетности. Например, если используют фразу опасности H314 "При попадании на кожу и в глаза вызывает химические ожоги" для продукции, вызывающей разъедание (некроз) кожи класса 1, то фразу H318 "При попадании в глаза вызывает необратимые последствия", применяемую в целях указания на опасность серьезных повреждений глаз класса 1 для этой же продукции, не используют. Или же, если используют фразу опасности H412 "Вредно для водных организмов с долгосрочными последствиями" для продукции, обладающей хронической токсичностью для водной среды класса 3, то фразу H402 "Вредно для водных организмов", применяемую в целях указания на опасность острой токсичности для водной среды класса 3 для этой же продукции, не используют.

В один ряд по важности с Н-фразами, можно поставить и Р-фразы или меры по предупреждению опасности - набор стандартных фраз, описывающих меры, которые необходимо принять, чтобы свести к минимуму или предотвратить неблагоприятные последствия, обусловленные воздействием химической продукции. Меры по предупреждению опасности разделены на три группы:

- меры по безопасному обращению с продукцией - "Меры по безопасному обращению (предотвращение)";
- меры по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС), в т.ч. меры первой помощи - "Меры по ликвидации ЧС (реагирование)";
- меры безопасности при хранении продукции - "Условия безопасного хранения";
- для некоторых видов опасной химической продукции рекомендуется указать методы утилизации отходов продукции и ее упаковки. Примером Р-фразы может послужить: P102: Хранить в недоступном для детей месте; P103: Перед использованием ознакомиться с инструкцией по применению/маркировкой продукта.

Химическую продукцию, для которой отсутствуют полные данные о ее опасности, но есть основания предполагать возможность существования каких-либо неизвестных на данный момент видов опасности для здоровья человека и окружающей среды (в частности, данные о возможных отдаленных эффектах и т.п.) необходимо дополнительно маркировать надписью: "ОСТОРОЖНО! Полные данные о безопасности (безвредности) данной продукции и характере ее воздействия на здоровье человека и окружающую среду отсутствуют!".

Недавно был разработан технический регламент о безопасности химической продукции. Этот документ устанавливает обязательные для применения и исполнения в России требования к выпускаемой в обращение химической продукции, ее упаковке и маркировке.

Для обеспечения потребителя достоверной информацией о безопасности при транспортировке химической продукции применяется стандарт ГОСТ 19433-88 Грузы опасные. Классификация и маркировка. Настоящий стандарт распространяется на опасные грузы и устанавливает: классификацию, номенклатуру показателей и критерии для отнесения грузов к опасным и их классификации, методы определения показателей для классификации опасных грузов, маркировку и правила ее нанесения на грузовые единицы с опасными грузами, в том числе поставляемыми на экспорт. «Классификация опасных грузов (отнесение к классу, подклассу, категории и группе) производится в зависимости от вида и степени опасности груза.» [3]. Установлены следующие классы опасных грузов: класс 1 - взрывчатые материалы (ВМ); класс 2 - газы сжатые, сжиженные и растворенные под давлением; класс 3 - легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ); класс 4 - легковоспламеняющиеся твердые вещества (ЛВТ), самовозгорающиеся вещества (СВ), вещества, выделяющие воспламеняющиеся газы при взаимодействии с водой; класс 5 - окисляющие вещества (ОК) и органические пероксиды (ОП); класс 6 - ядовитые вещества (ЯВ) и инфекционные вещества (ИВ); класс 7 - радиоактивные материалы (РМ); класс 8 - едкие и (или) коррозионные вещества (ЕК); класс 9 - прочие опасные вещества. Так же имеются подклассы опасных грузов, отнесение

которым производится в соответствии с основным видом опасности. К примеру, к подклассу 6.1 относятся ядовитые вещества, а к подклассу 6.2 инфекционные вещества. Но, независимо от наличия дополнительных видов опасности, следует относить: взрывчатые материалы - к классу 1; газы - к классу 2; саморазлагающиеся и увлажненные взрывчатые вещества - к подклассу 4.1; пиррофорные вещества - к подклассу 4.2; органические пероксиды - к подклассу 5.2; инфекционные вещества - к подклассу 6.2; радиоактивные материалы и газы - к классу 7.

Итак, предупредительная маркировка передает нам конкретную информацию об опасности химической продукции, позволяет идентифицировать возможные риски и необходимые меры безопасности. Практическая эффективность предупредительной маркировки несомненно велика, так как позволяет людям быстро, доступно и понятно получить информацию об опасности продукта. Мы надеемся, что не только производители химической продукции, но и покупатели, будут обращать внимание на предупредительную маркировку.

#### Список литературы

1. ГОСТ 31340-2013 Предупредительная маркировка химической продукции; введен с 2014-08-01, Москва, Стандартинформ, 2014.
2. ГОСТ 32419-2013 Классификация опасности химической продукции. Общие требования; введен с 2014-08-01, Москва, Стандартинформ, 2014.
3. ГОСТ 19433-88 Грузы опасные. Классификация и маркировка; введен с 1990-01-01, Москва, ИПК Издательство стандартов, 2004.

УДК 006.1

Петрова Н.А., Журавлева Е.С., Невмятулина Х.А.

## СТАНДАРТИЗАЦИЯ И КАЧЕСТВО ЖИЗНИ

**Журавлева Евгения Сергеевна**, студент 3 курса факультета инженерной химии;

**Петрова Наталья Александровна** студент 3 курса факультета инженерной химии, e-mail: jura93@yandex.ru ;

**Невмятулина Хадия Абдрахмановна**, Кандидат технических наук, доцент кафедры Стандартизации и инженерно-компьютерной графики, РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

*Работа посвящена проблемам оценки качества жизни современного общества. Рассмотрен стандарт ГОСТ Р ИСО 37120- 2015, устанавливающий основные показатели оценки городских услуг и качества жизни. Показано значение указанного стандарта для определения эффективности развития общества и уровня жизни населения.*

**Ключевые слова:** стандартизация, качество жизни, эффективность, показатели качества, город.

## STANDARDIZATION AND QUALITY OF LIFE

Petrova N.A., Zhuravleva E.S., Nevmiatullina Kh.A.

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

*The work is devoted to evaluation of the quality of life of modern society. Considered the standard GOST R ISO 37120 - 2015, outlining key measurements for evaluating a city's services and quality of life. Shows the value of the specified standard for determining the effectiveness of social development and living standards of the population.*

**Keywords:** standardization, the quality of life, efficiency, quality indicators, the city.

Стандартизация охватывает все стороны жизни современного общества. Полагаясь только на принятые стандарты, мы имеем право говорить о качестве, о совместимости, об улучшениях, о соблюдении норм безопасности и о единстве. Не так давно был разработан и введен новый стандарт ГОСТ Р ИСО 37120-2015, устанавливающий основные показатели оценки городских услуг и качества жизни. Этот стандарт стал первым документом, позволяющий оценить качество жизни в городе. В Российской Федерации более тысячи населенных пунктов имеет статус город, а значит и большинство жителей нашей страны получают городские услуги. Так как же ответить на вопрос, насколько качественно функционируют города? Именно для этого и был разработан новый стандарт. Он позволяет отслеживать прогресс эффективности функционирования города, позволяет сравнивать и изучать динамику качества жизни. «В нем устойчивость рассматривается как общий принцип, а жизнеспособность - как ведущее понятие с точки зрения развития городов» [1].

Жизнеспособность, с нашей точки зрения, указывает нам на возможность приспосабливаться к изменениям окружающих условий, на возможность развиваться и двигаться вперед. Что бы измерить эффективность городских услуг и качества жизни, а также распространить передовой опыт городам, необходимо оценить результаты основных и

вспомогательных показателей города. Стандарт охватывает все сферы жизни, такие как экономика, образование, окружающая среда, здравоохранение, безопасность и прочее. Несомненно, что данные показатели являются основными не только для изучения и отслеживания функционирования города, но и для жителей. К примеру, в наше время можно считать одним из самых актуальных проблем в современном обществе безработицу среди молодежи. Под "нетрудоустроенной молодежью" понимаются лица, достигшие установленного законом трудоспособного возраста, но моложе 24 лет, которые не имеют работы, занимаются ее активным поиском в последнее время и в настоящее время готовы к работе. Именно уровень безработицы среди молодежи является ключевым показателем, позволяющий определить и проанализировать текущие тенденции на рынке труда и проблемы молодежи. Юноши и девушки сегодня сталкиваются с растущей неопределенностью при попытке должным образом выйти на рынок труда, и эта неопределенность, и разочарование, в свою очередь, могут причинить вред отдельным лицам, сообществам, экономике и обществу в более крупных масштабах. Нетрудоустроенная или частично занятая молодежь обладает меньшими возможностями для внесения эффективного вклада в развитие сообщества и государства, а также для осуществления своих

гражданских прав. Повсеместная безработица и недостаточная занятость среди молодежи также не позволяют компаниям и странам внедрять инновации при развитии конкурентоспособных преимуществ, в основе которых лежит инвестирование в кадровые ресурсы, тем самым разрушая будущие перспективы. Зная цену бездействия, многие правительства по всему миру отдают приоритет проблеме безработицы среди молодежи и пытаются разработать упреждающие политики и программы.

Так же примером может послужить образование. Это один из важнейших аспектов развития человека. «Данный показатель касается вопроса возможности получения образования, демонстрируя то, насколько широко развита общеобразовательная подготовка в городе среди населения школьного возраста. Отчетность о наборе, дифференцированном по половому признаку, соответствует одной из целей содействия равноправию полов и расширению прав женщин.» [1].

Ещё данный стандарт рассматривает вопрос о загрязняющих веществах в черте города. Одним из таких может быть двуокись азота NO<sub>2</sub>. Двуокись азота является основным загрязняющим веществом в атмосферном воздухе, который может оказывать существенное влияние на здоровье человека и окружающую среду. Она приводит к образованию фотохимического смога, а при высоких концентрациях может увеличивать вероятность возникновения респираторных проблем. Двуокись азота сжигает слизистую оболочку дыхательных путей и может приводить к ослаблению устойчивости организма клеточным инфекциям. Это может вызывать такие проблемы, как хрипы в легких, кашель, простуда, грипп и даже бронхит. Повышенные концентрации двуокиси азота могут оказывать существенное влияние на людей, страдающих астмой, поскольку она может вызывать учащение и усиление приступов. NO<sub>2</sub> вследствие химических реакций может превращаться в азотную кислоту и вызывать кислотные дожди. Азотная кислота может разъедать металлы, обесцвечивать ткани и ухудшать состояние резины. При утилизации она также может повышать кислотность озер и причинять вред деревьям и зерновым культурам, приводя к существенным убыткам.

Классификация показателей в данном стандарте не имеет иерархической значимости, она используется исключительно в целях обозначения услуг. Но мы, хотели бы, более подробно рассмотреть такой показатель городских услуг, как отдых. Отдых является важным аспектом городской жизни, от которого зависит здоровье граждан и жизнеспособность города. Создание условий для отдыха - это услуга, которая во многих городах оказывается департаментами по развитию парков и мест отдыха или связанными с ними организациями. Данный показатель включает в себя два вспомогательных показателя. Первый - площадь крытых общественных зон отдыха на душу

населения. Этот показатель рассчитывается делением площади крытых общественных зон отдыха в квадратных метрах на численность населения в городе и выражается в количестве квадратных метров крытых зон отдыха на душу населения. Понятие общественных зон отдыха очень широко, и означает оно территорию или здания, общедоступные для отдыха. К зонам отдыха должны относиться только те зоны, которые, в первую очередь, предназначены для отдыха. Многие города отчитываются о принадлежащих городу зонах отдыха, не учитывая городские зоны отдыха, которые принадлежат не городу. Это может оказаться очень важным для развивающихся стран. Несмотря на то, что методика, предусмотренная данным стандартом, является более сложной, конечный результат будет более информативным. Рекомендуются, согласно стандарту, создавать описи зон отдыха. Второй вспомогательный показатель - площадь уличных общественных зон отдыха на душу населения. Этот показатель рассчитывается делением площади уличных общественных зон отдыха в квадратных метрах на численность населения в городе и выражается в количестве квадратных метров уличных зон отдыха на душу населения. Понятие общественных зон отдыха очень широко, и означает оно территорию или открытые пространства, общедоступные для отдыха. К зонам отдыха относятся только те зоны, которые, в первую очередь, предназначены для отдыха. Данную информацию следует получать от управления градостроительства наряду с управлениями, которые располагают всей необходимой информацией о городе. Уличные зоны отдыха также можно выделять на аэрофотоснимках и/или кадастровых планах. После того, как зоны определены на плане, площадь в квадратных метрах можно рассчитать с использованием недорогой геологической информационной системы при помощи подручных измерительных устройств. Площадь можно вычислять в гектарах или акрах и переводить в квадратные метры. К уличным общественным зонам отдыха относятся: территории, которые принадлежат городу или которые город обслуживает; прочие городские территории, предназначенные для отдыха, которые не принадлежат городу и не управляются городом, при условии, что они являются общедоступными. К этой категории могут относиться государственные региональные или провинциальные территории, площадки при школах и колледжах, а также некоммерческие территории. Если города отчитываются только о зонах отдыха, принадлежащих городу, то это должно быть отмечено.

Устойчивое развитие сообщества объединяет цели высокого качества жизни, здоровья и благополучия. То есть это развитие, соответствующее потребностям нынешнего поколения удовлетворять свои потребности, но без ущерба для возможностей будущих поколений. Устойчивое развитие сообщества имеет глобальный

характер, но стратегии его достижения мы можем рассматривать так же на уровне административно-территориальных образований. Новый национальный стандарт ГОСТ Р 56548-2015/ISO/DIS/37101 предназначен для управления устойчивым развитием, интеллектуальностью и адаптивностью административно-территориальных образований с учетом особенностей территории, повышения эффективности вклада административно-территориальных образований в устойчивое развитие, оценивания показателей деятельности административно-территориальных образований с точки зрения устойчивого развития, а также уровня их интеллектуальности и адаптивности. Данный стандарт будет введен в декабре текущего года и поможет административно-территориальным образованиям разработать стратегии устойчивого развития, интеллектуальности и адаптивности. Это также поможет административно-территориальным образованиям в проведении мероприятий, необходимых для улучшения показателей деятельности и подтверждения их соответствия настоящему национальному стандарту. Аналогично всем стандартам для систем менеджмента, в основе настоящего стандарта лежит метод PDCA (планирование, реализация, контроль, корректировка). Этапы метода PDCA позволяют определить цели и процессы, необходимые для достижения результатов в соответствии с целями административно-территориальных образований, реализовать процессы и достижения целей, контролировать и оценить процессы на предмет соответствия политике административно-территориальных образований, их целям, правовым и иным требованиям, позволят принять необходимые меры, направленные на улучшение показателей. «Настоящий национальный стандарт устанавливает требования к разработке, внедрению, обеспечению работоспособности и совершенствованию систем менеджмента. Стандарт предназначен для применения в административно-территориальных образованиях любых размеров, структуры и типа, на местном, региональном или национальном уровне, в соответствии с уровнем ответственности, в развитых или развивающихся странах, в определенных городских или сельских районах» [2].

Стандарты ГОСТ Р ИСО 37120-2015 и ГОСТ Р 56548-2015/ISO/DIS/37101 входят в состав новой серии стандартов, которые разрабатываются в целях

обеспечения комплексного и целостного подхода к устойчивому развитию и жизнеспособности. Такой набор стандартизированных показателей формирует единый подход к определению того, что необходимо измерять и как проводить измерения. ГОСТ Р ИСО 37120-2015 помогает лучше составить планы на будущее на основе способов и эффективности использования ресурсов. Город, который отвечает данному стандарту вправе претендовать только на его соблюдение. Отчеты по всем показателям города должны быть сформированы в виде данных, необходимых для применения методов индивидуального контроля. Для целей корректного сопоставления важную роль играет отчетность, которая дает общее представление об оказании услуг и качестве жизни в городе. «Показатели в данном стандарте подобраны таким образом, чтобы максимально упростить отчетность и сделать ее максимально экономичной, и поэтому они отражают исходную платформу для подготовки отчетности» [1]. В целях распространения передового опыта городам следует отчитываться, не только по основным показателям городских услуг, но и по вспомогательным показателям.

В итоге, с помощью нового стандарта мы получили единый подход к определению того, что необходимо измерять и как проводить измерения в области городских услуг. Теперь мы можем, с помощью стандарта, оценивать городские услуги, их динамику, а единый подход позволяет нам сравнивать города между собой, что является сильным толчком к улучшению качества жизни. Стандарт дает нам возможность структурированного и объективного оценивания, что позволяет получить более точные данные. Мы надеемся, что в ближайшем будущем, применение данного стандарта позволит разработать правила, которые помогут городам всей нашей страны стать удобнее для жизни граждан, экономически надежнее, стабильнее и богаче.

#### Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 37120-2015 Устойчивое развитие сообщества. Показатели городских услуг и качества жизни; введен с 2016-02-01; Москва, Стандартинформ, 2015
2. ГОСТ Р 56548-2015/ISO/DIS/37101 Устойчивое развитие административно-территориальных образований. Системы менеджмента качества. Общие принципы и требования; дата введения 2017-12-01

УДК 006.022

Скарлат Д.М., Годяев А.В., Невмятулина Х.А.

## СТАНДАРТИЗАЦИЯ В НАНОИНДУСТРИИ

**Скарлат Денис Максимович**, студент 3 курса факультета инженерной химии, e-mail: skarlat-denis@mail.ru;  
**Годяев Алексей Витальевич**, студент 3 курса факультета инженерной химии;  
**Невмятулина Хадия Абдурахмановна**, к.д.н., доцент кафедры стандартизации и инженерно-компьютерной графики;  
Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия  
121596, Москва, ул. Говорова, д. 16, корп. 4, кв. 1

*Нанотехнологии – бурно развивающаяся отрасль человеческого прогресса. Из дня в день разрабатываются и вводятся в действие стандарты разных направлений наноиндустрии. В связи с большим объемом информации и широким кругом заинтересованных лиц возникла необходимость создания технического комитета 441 и международного технического комитета 441 «Нанотехнологии». Программа по развитию стандартизации в данной отрасли содержит четкий план по разработке стандартов. Одним из «свежих» стандартов является стандарт, относящийся к сверхтвердым и износостойким нанопокрываниям.*

**Ключевые слова:** стандартизация в наноиндустрии, развитие стандартизации в наноиндустрии, нанопокрывания.

## STANDARDIZATION IN THE NANOINDUSTRY

Skarlat D.M., Godyaev A.V., Nevmyatullina Kh.A.

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

*Nanotechnology is a burgeoning branch of human progress. Day by day standards of different directions of nanoindustry are developed and put into operation. Due to the large amount of information and a wide range of stakeholders, it became necessary to establish a technical committee 441 and an international technical committee 441 "Nanotechnologies". The standardization program in this industry contains a clear plan for the development of standards. One of the "fresh" standards is the standard relating to superhard and wear-resistant nanocoatings.*

**Keywords:** standardization in the nanoindustry, development of standardization in the nanoindustry, nanocoatings.

### Введение

Научно-технический прогресс не стоит на месте. С течением времени нанотехнологии постепенно врываются в нашу жизнь. В связи с быстрым темпом развития наноиндустрии, были созданы следующие специальные комитеты, которые носят следующие названия: Технический комитет 441 и Международный технический комитет 441 «Нанотехнологии», занимающиеся непосредственной разработкой стандартов в данной области [1]. Но стоит отметить: вклад в разработку соответствующих стандартов также вносит Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии совместно со сторонними объединениями.

### Зеленые стандарты в наноиндустрии

Многие мировые тренды инновационного развития и модернизации производства связаны с экологическими требованиями. В сфере российских закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд учитываются экологические характеристики объекта закупки.

«Зеленые стандарты» служат для оценки экологической эффективности. Они применимы и к новым, и к существующим продуктам, зданиям и сооружениям, актуальны для самых разных типов

продукции. Объекты, сертифицированные по «зеленым» стандартам, обеспечивают минимальный уровень потребления энергетических и материальных ресурсов на протяжении всего жизненного цикла.

Сегодня в мире действует более тридцати национальных систем добровольных «зелёных» стандартов строительства. В России темпы внедрения «зеленых» стандартов ниже, чем в других развитых странах, вместе с тем работы в данном направлении активно ведутся. Уже сегодня в России выпускается «зеленая» продукция, основанная на нанотехнологических решениях, направленная на защиту и сохранение окружающей среды и здоровья человека [2].

### Программа развития стандартизации в наноиндустрии

Как и любой процесс, так и процесс развития стандартизации необходимо планировать. В качестве плана по развитию технических нормативов была разработана и утверждена программа по развитию стандартизации в наноиндустрии (далее – Программа). В реализации Программы принимают участие 45 технических комитетов по стандартизации. Финансирование работ по реализации Программы осуществляется из средств Фонда инфраструктурных и

образовательных программ Группы «РОСНАНО», средств федерального бюджета (Росстандарта) и средств организаций, заинтересованных в реализации проектов в области наноиндустрии. Стратегической целью разработки и реализации Программы является формирование нормативного обеспечения наноиндустрии. Программа направлена на активизацию инновационной деятельности предприятий, адаптацию их к рыночной экономике в сфере нанотехнологий, гармонизацию нормативного обеспечения с требованиями международных стандартов.

Программа предусматривает разработку 402 стандартов. Около четырех сот стандартов должно быть разработано и внедрено до конца 2019 года. В структурном плане Программа состоит из двух разделов, каждый из которых представляет собой совокупность иерархически и функционально связанных стандартов, разрабатываемых в зависимости от тематической направленности развития нанотехнологий, области применения и вида документа по стандартизации. На рисунке 1 изображена диаграмма, наглядно интегрирующая Программу по развитию стандартизации в наноиндустрии.

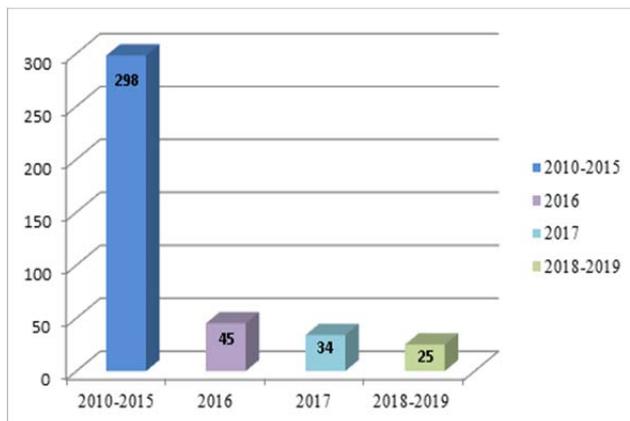


Рисунок 1. Планируемое количество разработанных стандартов.

Эти стандарты охватывают разные сферы деятельности в наноиндустрии. И для каждой из них есть своё контрольное число по выпуску нормативных документов. Из таблицы 1 видно, что стандарты, в рамках Программы, делятся на две большие группы: *общетехнические стандарты* и *прикладные стандарты отраслей по направлениям* [3].

Таблица 1. Классификация стандартов.

Название группы	Количество стандартов
Общетехнические стандарты (терминология, классификация, общие требования, безопасность)	41
Прикладные стандарты отраслей по направлениям развития нанотехнологий	
Нанoeлектроника	17
Наноинженерия	42
Функциональные материалы и высокочистые вещества	35
Функциональные материалы для энергетики	120
Функциональные материалы для космической техники	4
Нанобиотехнологии	17
Конструкционные наноматериалы	22
Композиционные наноматериалы	65
Нанотехнологии для систем безопасности	39
Итого:	402

#### Обзор стандарта ГОСТ Р 57408-2017 «Наноматериалы. нанопокрyтия сверхтвёрдые и износостойкие. Общие технические требования»

Стандартизация и сертификация в области наноматериалов призваны регулировать качество выпускаемой продукции путем разработки соответствующих норм, эталонов и стандартов. Необходимость разработки новых и адаптация существующих норм обусловлена особыми свойствами наноматериалов.

Одним из «свежих» национальных стандартов Российской Федерации является ГОСТ Р 57408-2017. Данный стандарт вступит в действие с 1

сентября 2017 года [4], однако уже сейчас вызывает большой интерес у специалистов.

Настоящий стандарт устанавливает общие требования к сверхтвёрдым и износостойким нанопокрyтиям и наносимому материалу. Распространяется на сверхтвёрдые и износостойкие нанопокрyтия, наносимые методами гетерофазного переноса, вакуумного и химического осаждения и др. В стандарте определены всего лишь два термина. Пожалуй разберём их.

*Сверхтвёрдые и износостойкие покрyтия* - тонкие слои из материалов, обеспечивающие повышенную твердость или снижающие коэффициент трения, содержащие структурные

элементы или системы структурных элементов, размер которых составляет от 1 до 100 нм, физическое и химическое взаимодействие которых обеспечивает существенное увеличение свойств, обусловленное проявлением наномасштабных факторов.

*Подложка* - основной материал, поверхность которого подвергается различным видам обработки,

в результате чего образуются слои с новыми свойствами или наращивается пленка другого материала.

Как и любой продукт, наноматериалы могут быть различны по свойственным характеристикам и неодинаковы по составу. На таблице 2 представлена классификация сверхтвердых и износостойких нанопокрывтий.

**Таблица 2. Классификация нанопокрывтий по ГОСТ Р 57408-2017.**

В зависимости от назначения сверхтвердые и износостойкие нанопокрывтия могут быть:				
однослойные		многослойные		
По способу получения нанопокрывтия:				
Магнетронного нанесения	Электрохимического легирования в водных растворах	Сверхзвукового холодного газодинамического нанесения	Микроплазменного нанесения	Лазерной наплавки

На покрытие, полученное тем или иным методом, в стандарте изложены требования к определенному показателю качества нанопокрывтия, начиная с того, какой должна быть подложкой, и заканчивая определенными функциональными свойствами этого покрытия.

Материал подложки должен соответствовать условиям эксплуатации и требованиям, установленным в нормативных документах или технической документации на изделие. Детали, предназначенные для нанесения сверхтвердых и износостойких нанопокрывтий, должны быть изготовлены в соответствии с требованиями, изложенными в нормативных документах или технической документации на изделие, иметь правильную форму детали, позволяющую наносить покрытие под углом 60-90°. Однако при нанесении в труднодоступных местах разрешается наносить покрытие под углом не менее 45°, за исключением метода электрохимического легирования.

На поверхности деталей, предназначенных для нанесения сверхтвердых и износостойких нанопокрывтий, не должно быть сварочных брызг, раковин, трещин, заусенцев, окалины, прижогов, ржавчины, обнаруживаемых визуально без применения увеличительных средств.

Во избежание возникновения контактной коррозии между материалами подложки и сверхтвердого и износостойкого нанопокрывтия допустимы сочетания материалов при нанесении покрытий в соответствии с ГОСТ 9.005

Подготовку поверхностей деталей к нанесению сверхтвердого и износостойкого нанопокрывтия, хранение и транспортирование подготовленных деталей необходимо проводить при относительно влажности воздуха не выше 75%, температура воздуха при этом должна быть не менее 15°C. Не допускается наличие коррозионно-активных веществ в составе воздуха.

Сверхтвердые и износостойкие нанопокрывтия должны содержать структурные элементы размером от 1 до 100 нм, физическое и химическое

взаимодействие которых обеспечивает существенное увеличение свойств, обусловленное проявлением наномасштабных факторов.

Для контроля качества сверхтвердого и износостойкого нанопокрывтия проводят контроль на образцах-свидетелях. Образцы-свидетели должны быть изготовлены из того же материала, при тех же параметрах технологического процесса подготовки поверхности и нанесения покрытия, что и контролируемое изделие. Твердость материала детали и образца-свидетеля должны быть идентичны. Количество образцов-свидетелей на каждый вид испытаний составляет 3—5 шт.

Что касается маркировки, то каждая партия изделий с нанесенным нанопокрывтием обязательно сопровождается документацией. Сопроводительная документация должна содержать такую информацию, как: наименование и параметры нанопокрывтия, организацию-изготовителя, номер партии, и конечно же дату изготовления.

Изделия с нанесенным сверхтвердым и (или) износостойким нанопокрывтием могут быть упакованы в контейнер или в чистую бязь ГОСТ 29298, в полиэтиленовые мешки по ГОСТ 17811. Упаковка должна быть запаяна и иметь сопроводительную документацию. При упаковке и распаковке образцов рекомендуется пользоваться хлопчатобумажными перчатками по ГОСТ 12.4.010 [5].

#### **Заключение.**

На сегодняшний день в России недостаточно действующих стандартов в области нанотехнологий и наноматериалов. Учитывая межотраслевой характер nanoиндустрии и необычных объектов, с которыми она работает, стандартизация в этой области должна идти по особому пути. Стандарты должны быть опережающими, т.е. предшествовать появлению новых устройств и процессов. Согласно стратегии этих стандартов они определяют необходимость создания новых инструментов и процессов, конкуренцию на мировом рынке для

быстрой коммерциализации и широкого распространения новых разработок.

Так же стоит отметить, что стандарты, распространяющиеся и касающиеся наноиндустрии в целом, нуждаются в структурировании. Это поможет в создании единой «нанобазы», пользуясь которой, будет удобно находить и анализировать нормативные технические документы – стандарты.

Не все планы были реализованы в рамках программы по развитию стандартизации в наноиндустрии. Часть стандартов, которые должны были быть выпущены еще в 2015 году до сих пор отсутствует [6-8]. Количество «запланированных» не соответствует «действительным». Отсюда и возникла потребность в создании единой базы стандартов, относящихся к наноиндустрии в целом.

Стандарты разрабатываются, принимаются и вводятся в действие по настоящее время. Рассмотренный ГОСТ Р 57408-2017 содержит фундаментальные требования к качеству нанопокрывтий, условиям хранения и транспортировки, форме и размеру изделия подлежащего к нанесению сверхтвердого и износостойкого нанопокрывтия.

#### Список литературы

1. Стандартизация: технические комитеты по стандартизации: [Электронный ресурс]. - многопольз. научн. сайт / Росстандарт. – электронная версия - Росстандарт, 2017. - Режим доступа.: <http://gost.ru/> (Дата обращения: 17.05.2017).

2. ЗЕЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЗЕЛЕННЫЕ СТАНДАРТЫ В НАНОИНДУСТРИИ [Электронный ресурс]. – Информ. портал / Стандартнано. – Электронный справочник. – Москва: Стандартнано, 2017. – режим доступа: <http://standardnano.ru/novye-instrumenty/zelenye-tehnologii/> (Дата обращения: 20.05.2017).

3. Центр в инновационной сфере стандартизации [Электронный ресурс], научн. центр / Центр стандартизации. – Электронная версия. – Москва: Центр стандартизации, 2010. – режим доступа:

<http://innovcenter.ru/documents/category/209/> (Дата обращения: 20.05.2017).

4. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии [Электронный ресурс]. - Многопредметн. един. агентство / Фед. аг-во по тех. рег. – Электронный справочник. – Москва: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2016. – режим доступа: <http://protect.gost.ru> (Дата обращения: 17.05.2017).

5. ГОСТ Р 57408-2017: [Электронный ресурс]. - Наноматериалы. Нанопокрывтия сверхтвердые и износостойкие. Общие технические требования. – Официальное издание / Стандартиформ. – Электронный справочник. – Москва: Стандартиформ, 2017. – режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/437125012> (Дата обращения: 22.05.2017).

6. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии :Информационный портал по стандартизации . – Информ. портал / Федеральное агентство [Электронный ресурс]. – Электронный справочник. – Москва: Федеральное агентство, 2012. – режим доступа: <http://standard.gost.ru/wps/portal/> (Дата обращения 17.05.17).

7. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. – Всероссийский фонд / Инф. сист. станд. «Техэксперт». – Москва: ИСС «Техэксперт», 2017. – режим доступа: <http://reforma.kodeks.ru/> (Дата обращения: 18.05.17).

8. Программа разработки стандартов для наноиндустрии на 2010 – 2014 годы [Электронный документ]. – Программа разработки / Правительственная комиссия по высоким технологиям и инновациям. – Документ. – Москва: Правительственная комиссия по высоким технологиям и инновациям, 2009. – режим доступа: <http://www.rusnano.com/upload/OldNews/Files/34483/current.pdf> (Дата обращения: 21.05.2017).

УДК 66.0:65.011.4

Шевцова С.И., Зубарев А.М., Меньшиков В.В.

## ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ ИННОВАЦИОННОГО ИНЖИНИРИНГОВОГО ЦЕНТРА ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

**Шевцова София Ильинична**, студентка 4 курса бакалавриата факультета инженерной химии, e-mail: sofy345@mail.ru;

**Зубарев Андрей Михайлович**, аспирант 3 года обучения кафедры Инновационных материалов и защиты от коррозии, e-mail: amzubarev@gmail.com;

**Меньшиков Владимир Викторович**, д.т.н., профессор кафедры инновационных материалов и защиты от коррозии, РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия.

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия  
125047, Москва, Миусская пл., д. 9

*Целью настоящей работы является рассмотрение принципов создания специализированного Инжинирингового Инновационного Центра, задачами которого будет разработка и создание производств широкой номенклатуры химической продукции, технологии которой либо были утрачены в ходе реформирования и реорганизации, либо устарели или вообще отсутствуют в настоящее время в РФ, а также координирующих разработок для холдингов и корпораций.*

**Ключевые слова:** инновация, центр, объединения предприятий, кластер, партнерство, инновационное развитие, инжиниринг.

## APPROACHES TO THE CREATION OF INNOVATIVE ENGINEERING CENTER OF CHEMICAL TECHNOLOGY

Shevtsova S.I., Zubarev A.M., Men`shikov V.V.

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

*The purpose of this work is to consider the principles of creating a specialized Engineering Innovation Center, whose tasks will be the development and creation of productions of a wide range of chemical products, the technologies of which were either lost during the reform and reorganization, or are out of date or are not currently available in Russia, as well as coordinating developments for holdings and corporations.*

**Keywords:** Innovation, center, business combination, cluster, partnership, innovative development, engineering

Характерной чертой современного экономического развития в какой либо сфере деятельности является переход наиболее развитых стран к новому этапу формирования инновационного общества — построению экономики, базирующейся преимущественно на генерации, распространении и использовании знаний, то есть инновационному развитию.

В последние годы в мире произошел качественный скачок в понимании значения инноваций, которая стала неким показателем экономического и производственного развития страны, её экономическо-социального уровня. В связи с санкциями 2013-2014 годов в РФ отмечился резкое снижение уровня экономического развития. Это связано с тем, что многие отрасли промышленности находятся в большой зависимости от импортных составляющих. Кроме того, недостаточный уровень развития отечественной промышленности обуславливает низкую конкурентоспособность российских товаров, продукции химического, пищевого, военного и прочих назначений и высокий объем импортного продукта в целом. Для осуществления инновационного прорыва необходима системная и экономически оправданная интеграция различных ресурсов, таких как кадровые, инвестиционные, организационные, финансовые,

производственные, сырьевые и другие, а также их концентрация на решении ключевых задач инновационного развития.

С целью повышения экономического положения страны и ускорения темпов инновационного развития предлагается создать специализированный Центр, задачами которого будет разработка и создание производств широкой номенклатуры химической продукции, технологии которой либо были утрачены в ходе реформирования и реорганизации, либо устарели или вообще отсутствуют в настоящее время в РФ, а также координирующих разработок для холдингов и корпораций.

Для наиболее рациональной организации работы Центра были рассмотрены различные модели производственных объединений. Наибольшее внимание привлекли модели инновационного кластера, «тройной спирали» и структурной матрицы.

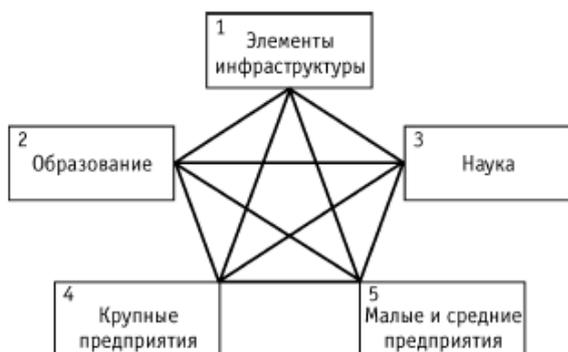
Инновационный кластер — это целенаправленно сформированная группа предприятий, функционирующих на базе центров: генерации научных знаний и бизнес-идей, подготовки высококвалифицированных специалистов. Каждое предприятие, входящее в кластер, реагирует в сети с остальными предприятиями-участниками, повышая производительность за счет совместной работы. Для

успешного функционирования кластера предпочтительно наличие в нем крупных, средних и малых предприятий, а так же представителей научно-образовательной области деятельности и инфраструктуры [1]. Взаимодействие участников различных отраслей представлено на рисунке 1а.

Интересна концепция «Тройной спирали», разработанная в начале XXI века и более детально рассмотрена авторами [2]. Концепция объединяет государство, университеты и бизнес-сообщество в один необходимый инструмент успешной кластеризации (т.е. объединения) как региональных экономик, так и экономики государства в целом. Благодаря такому сотрудничеству происходят естественное формирование инновационной динамики и творческое обновление, которое возникает в каждой

из трех институциональных сфер: университетской, промышленной и правительственной – при их пересечении (рисунок 1б).

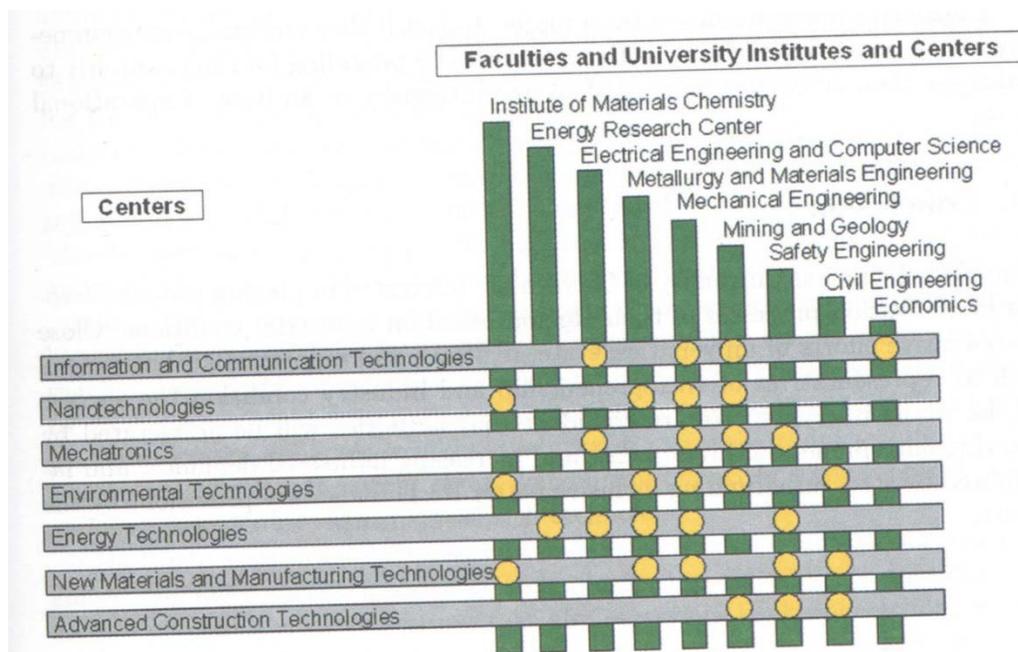
Примером успешного функционирования модели объединения усилий предприятия и научно-исследовательской базы является структурная матрица, применимая в Центре инноваций в Чешской Республике в городе Острава на базе Остравского Технического Университета, целью которого являются сплочение различных внутрирегиональных социально-экономических аспектов и максимальное использование существующих университетских научно-исследовательских структур региона с целью повышения эффективности работы местного промышленного комплекса [3]. Структурная матрица представлена на рисунке 1в.



а)



б)



в)

Рис. 1. Модели некоторых существующих форм объединения предприятий  
а – инновационного кластера; б – «тройной спирали»; в – структурной матрицы

Был сделан вывод, что наиболее успешная модель организации подобных координирующих организаций – структурная матрица, благодаря гибкой системе которой, специалисты выявляют, каким путем можно решить ту или иную проблему. Основной задачей при этом является создание сетевой группы, которая

будет ориентирована на потребности предприятий. Каждой области разработок соответствует определенная научно-исследовательская организация, готовая оказать научно-исследовательскую поддержку предприятиям, осуществляющих практической исполнение продукта. В результате популяризируется

научная сфера деятельности, положительно сказываясь на социальном аспекте региона, и при этом, повышается уровень развития промышленности.

В 2016 году идей создания Центра интересуется холдинг «Вертолёты России», руководство заводов которого, проведя ряд переговоров с потенциальным партнером НПО «Лакокраспокрытие», пришло к выводу, что взаимная работа с привлечением через Центр дополнительных организаций поможет быстрее и выгоднее решить насущную проблему смены технологии нанесения ЛКП на детали вертолётов с анодной

электрофоретического осаждения на катодное. Согласно проведенным расчетам средства, направленные на разработку технологии, благодаря сотрудничеству с подобным центром можно сократить практически в четыре раза. В связи с этим, рассматривая «Вертолёты России» как основного потребителя и заказчика, была составлена структурная матрица (рисунок 2). Преимущество подобной матрицы в том, что ее всегда можно дополнять новыми отраслями и фирмами-сотрудниками, укрепляя систему, и повышая темпы развития корпорации.

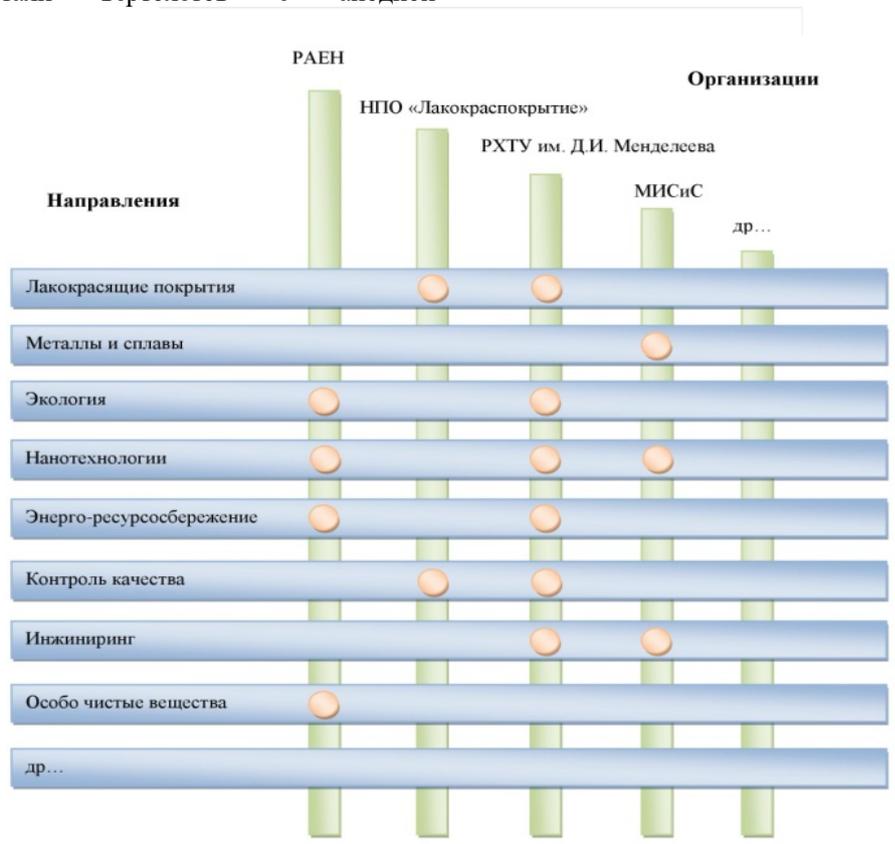


Рис. 2. Структурная матрица Инновационного Инжинирингового Центра

Организационно-правовой формой планируемого Центра решено выбрать автономную некоммерческую организацию, ставшую наиболее целесообразной для подобной организации формой после упразднения ФЗ «о некоммерческих организациях» некоммерческого партнерства. Для регистрации АНО был составлен Устав, основным учредителем которого выступила РАЕН, обосновав свою заинтересованность тем, что одной из главных целей академии является организация и координация фундаментальных и прикладных научных исследований в области естественных и гуманитарных наук, разработка и реализация приоритетных исследовательских программ и внедрение их результатов в практику, и следовательно, ее цели частично совпадают с целями Центра.

Таким образом, координирующая организация, построенная на основе структурной матрицы дает возможность выявить пересекающиеся области деятельности предприятий, готовых сотрудничать с

ней, и актуальными направлениями нерешенных задач корпорации-заказчика, а так же быстро найти максимально эффективное решение. По результатам переговоров, Центр признан эффективным и регистрируется по Уставу Автономной некоммерческой организации.

#### Список литературы

1. Меньшиков В.В. концепция Создание инновационно-территориального кластера «ХТ-кластер» в Сергиево-Посадском районе (г. Хотьково) Московской области
2. Смородинская Н.В. «Тройная спираль» как новая матрица экономических систем / Н. Смородинская // Проблемы современной экономики. – № 3. – 2011. – С. 66–78 с.
3. Kebo Vladimir. Center of Advanced Innovation Technologies (CAIT) / Vladimir Kebo, Vaslav Snasel // VSB. – Workshop Ostrava. 2005. – 205.

УДК 005.92

Карпухин М.С., Немеш К.З., Комарова С.Г.

## УСКОРЕННОЕ РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ БАЗЫ ДОКУМЕНТАЦИИ

**Карпухин Максим Сергеевич**, студент 4 курса факультета инженерной химии e-mail:

[maksim96karpuhin@gmail.com](mailto:maksim96karpuhin@gmail.com) ;

**Немеш Корнелия Золтановна**, студентка 4 курса факультета инженерной химии

**Комарова Светлана Григорьевна**, доцент кафедры стандартизации и инженерно-компьютерной графики

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

*На современном предприятии используют электронные базы документов. Данные базы занимают очень мало места и позволяют быстро найти необходимый документ без значительных временных затрат, сверить номер, дату и многие другие сведения.*

**Ключевые слова:** документооборот, электронная база данных, документация предприятия, реестр.

## ACCELERATED DEVELOPMENT OF THE ELECTRONIC DOCUMENTATION BASE

Karpuhin M.S., Nemesh K.Z., Komarova S.G.

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

*At the modern enterprise use electronic databases of documents. These databases take up very little space and allow you to quickly find the necessary document without significant time costs, check the number, date and many other information.*

**Keywords:** document management, electronic database, enterprise documentation, registry

В условиях ускоренного развития экономики, внедрения инновационных технологий производство продукции сопровождается значительным объемом сопроводительной и управленческой документации и возникает потребность в ускоренном и упрощенном использовании этих документов.

На современном предприятии используют электронные базы документов. Данные базы занимают очень мало места и позволяют быстро найти необходимый документ без значительных временных затрат, сверить номер, дату и многие другие сведения. Такие базы документов в том числе аттестатов, свидетельств о проверке и сертификатов разрабатываются на предприятиях. Примером может служить электронная база АО «МЕТАКЛЭЙ».

АО «МЕТАКЛЭЙ» — компания по производству наносиликатов и полимерных композиций на их основе. Компания обеспечивает 80% потребности внутреннего рынка в антикоррозионных покрытиях для газопроводных труб в условиях импортозамещения.

Согласно Уставу данного общества, их целью является извлечение прибыли, а предметом их деятельности является производство продукции, разработка и научный поиск новых материалов или модификаций, испытание продукции. Само предприятие имеет две площадки: первая - находится в Брянской области, где отрабатывают все технологические процессы производства, а вторая находится в Москве, где располагаются лаборатория для испытаний, исследований, разработок. На территории АО «МЕТАКЛЭЙ» в Москве располагаются 4 отдела, где проводятся испытания: физико-механический, аналитический, отдел химического анализа и отдел компаундирования.

На предприятии нам предоставили документацию, которую надо было объединить в одну электронную

базу. Формирование и обновление базы на данном предприятии происходило путем сверки сертификатов, проверок и аттестатов на бумажных носителях с уже имеющейся информацией. Примеры этих документов предоставлены на рисунках 1 и 2.

Делопроизводство и хранение документов зародилось еще в Древней Руси. В то время не было никаких стандартов, сертификатов, разрешений и заключений. Самыми первыми документами служили грамоты, завещания, житейские записи. Некоторые частные переписки также считались очень важными и их документировали. Главным материалом древнерусской документации являлся пергамент и для безопасного хранения их собирали в гостиных дворах, монастырях и центральных храмах.

Следующий этап документооборота произошел в 15-17 веке. В это время материал записей сменился на бумагу, изменился способ написания документов, изменились инструменты письма. Однако видовой состав документов почти не изменился и был однообразен. Вся документация разделялась на грамоты, приговоры, доклады, челобитные и другие. Появился важный признак официальности – формуляр. Хранение документов осуществлялось в кулях, мешках, сундуках, приказах (центральных органах управления).

Третий этап документооборота возник в 18 веке при Петре I. В период 1718-1720 гг. было создано 12 коллегий и каждая имела свой регламент, на смену которых пришел «Генеральный регламент». Коллежское делопроизводство - организация работы с документами в коллегиях. Этот способ организации работы с документами был более прогрессивным. Появилась упорядоченная система регистрации, которая велась в специальных журналах. В период коллежского делопроизводства были заложены основы организации учета и хранения документов, появилось

название "архив". Было предписано иметь два архива - общий для всех коллегий в специальном ведении и финансовый.



Рисунок 1. Свидетельство о поверке



Рисунок 2. Аттестат

Далее произошел значительный скачок в производстве, обороте и хранении документов: указ на

замену коллегий на министерства, указ на единообразии изложения, порядок прохождения по инстанциям, развитие стенографии, создание бюро «Стандартизация», принятие постановления «О мерах по улучшению архивного дела в СССР», разработка и утверждение стандартов ГОСТ 6.38-72 "Требования к оформлению документов" и ГОСТ 6.39-72 "Формуляр - образец" и многое другое. Но последний этап в развитии современного делопроизводства – это создание электронных баз, которые значительно облегчают поиски нужной документации (На данный момент действителен государственный стандарт РФ ГОСТ Р 6.30-2003 «Унифицированные системы документации. Унифицированная система организационно-распорядительной документации. Требования к оформлению документов»)

Одновременно с этим возникла классификация документов по признакам, чтобы их было проще рассортировать и найти нужный в архивах и картотеках. Документы классифицируются по: наименованиям, способу фиксации (письменные, графические или фото-, кино- или фотодокументы), степени сложности, степени гласности, юридической силе, срокам исполнения и многие другие.

Самой известной базой данных на территории РФ, является Единый реестр сертификатов соответствия. Для удобства поиска того или иного сертификата в реестре сделан поисковик с указанием дат, продукции, изготовителя, заявителя (рисунок 3).

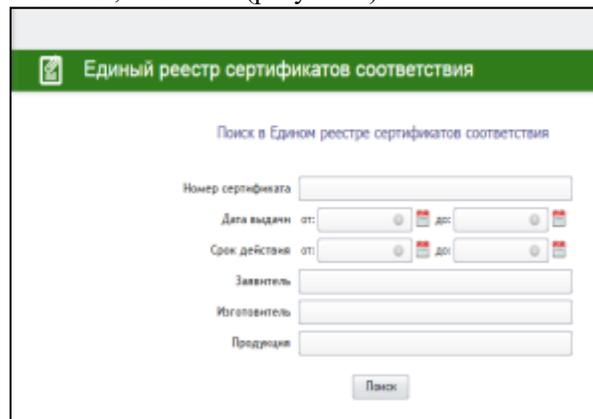


Рисунок 3 – Поисковик Единого реестра сертификатов соответствия

При вводе необходимой информации в базе появится необходимый документ, его полное название, описание продукта, прошедшего сертификацию, наименование изготовителя, а также срок действия сертификата.

На каждую модель может приходиться один или несколько сертификатов, проверка на соответствие проводится ежегодно. Следует отметить, что сертификаты с истекшим сроком действия также хранятся в архиве.

В большинстве случаев базы документов находятся в открытом доступе. Данный способ хранения документации удобен, как для компаний (исключается риск полной потери документа, в случае утери базы на предприятии), для органов (наличие возможности проверки без больших затрат времени), осуществляющих сертификацию и для потребителей (возможно убедиться, что продукт безопасен).

УДК 658.562

Немеш К.З., Карпухин М.С., Комарова С.Г.

## СЕРТИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ НА ПРИМЕРЕ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА

**Немеш Корнелия Золтановна**, студентка 4 курса факультета инженерной химии, e-mail: [korneliya\\_nemesh@mail.ru](mailto:korneliya_nemesh@mail.ru) ;

**Карпухин Максим Сергеевич**, студент 4 курса факультета инженерной химии

**Комарова Светлана Григорьевна**, доцент кафедры стандартизации и инженерно-компьютерной графики  
Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия  
125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

*Каждое новое предприятие обязано сертифицировать оборудование, находящееся в ее распоряжении. Предлагается начать сертификацию сразу целой технологической линии с последующей регистрацией и внесением в реестр сертификата соответствия.*

**Ключевые слова:** сертификация, технический регламент, технологическое оборудование, сертификат соответствия.

## LINE CERTIFICATION FOR EXAMPLE POLYVINYLCHLORIDE'S PRODUCTION

Nemesh K.Z., Karpukhin M.S., Komarova S.G.

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

*Each new enterprise is obliged to certify the equipment at its disposal. It is proposed to begin certification at once of the whole technological line with the subsequent registration and entering in the register of the certificate of conformity.*

**Keywords:** certification, technical regulations, technological equipment, certificate of conformity.

В переводе с латинского слово «сертификация» («*sertifico*») означает «подтверждаю», «удостоверяю». Согласно ИСО/МЭК 2 сертификация – это процедура подтверждения соответствия результата произведенной деятельности, товара, услуги нормативным требованиям, посредством которой третья сторона документально удостоверяет, что продукция, работа (процесс) или услуга соответствует заданным требованиям.

Каждое новое предприятие обязано сертифицировать оборудование, находящееся в ее распоряжении. В настоящее время принято проводить процедуру подтверждения соответствия отдельно на каждое оборудование, однако, такой процесс сложен для только что запустившего производство предприятия, так как требует достаточных капиталовложений. Предлагается начать сертификацию сразу целой технологической линии с последующей регистрацией и внесением в реестр сертификата соответствия. По завершении процедуры на выходе предприятие получает готовый документ, согласно которому технологическая линия является сертифицированной, а соответственно и оборудование, входящее в ее состав. К сертификату прилагается документ, в котором прописываются все единицы оборудования, с полным их описанием и деятельностью работ, которые на них можно выполнять.

Данная процедура необходима для того, чтобы на рынок не попала низкокачественная продукция, которая сможет нанести ущерб как здоровью и жизни конечного потребителя, так и чистоте окружающей среды, и безопасности работников предприятий, на которых планируется установка агрегатов. В результате ее проведения выдается документальное подтверждение качества устройств, а также готовности их запуска в эксплуатацию. Без полученного документа сертификации товар (в данном случае, технологическое оборудование) не сможет на законных основаниях изготавливаться и продаваться на территории нашей страны.

Документом, подтверждающим соответствие сертифицированной продукции требованиям, является сертификат соответствия.

Сертификацию осуществляют аккредитованные органы по сертификации средств измерений с учетом результатов испытаний аккредитованных лабораторий при наличии лицензированного соглашения с органом сертификации, который несет ответственность за объективность и достоверность результатов.

Можно рассмотреть процедуру подтверждения соответствия на конкретном примере. Ниже приведена технологическая схема периодического процесса производства поливинилхлорида полимеризацией в суспензии (рис. 1):



проведения испытаний для осуществления процедуры оценки соответствия.

Следует отметить, что без соответствия оборудования данному техническому регламенту ввоз его на территорию Российской Федерации запрещен.

Помимо ТР ТС 010/2011 используется ТР ТС 032/2013 «О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением». Данный технический регламент не носит обязательного характера, он идёт как дополнение к ТР ТС 010/2011

и предполагает обязательную и добровольную сертификацию для технологического оборудования в соответствии с категорией и рабочей средой, на которое оно поделено.

Единственным документом, подтверждающим соответствие машины и (или) оборудования требованиям технического регламента, является декларация о соответствии или сертификат соответствия (рис. 2 и рис. 3).

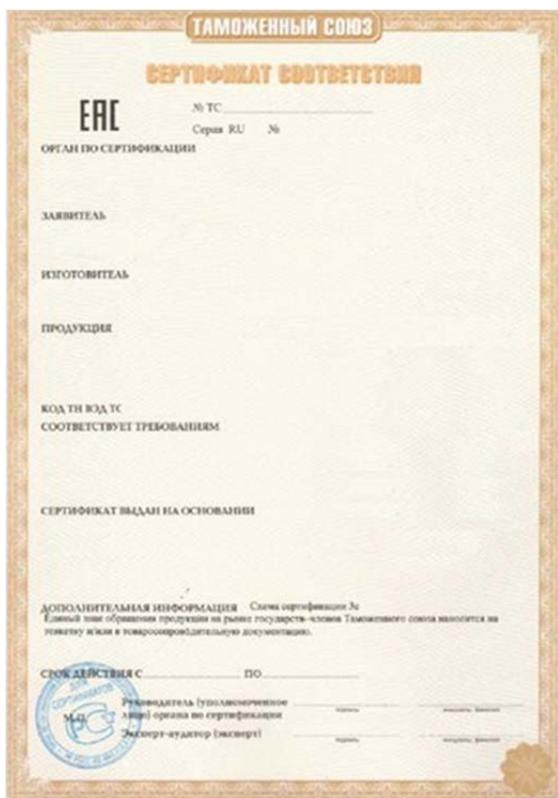


Рис. 2 – Сертификат соответствия

Эти документы имеют равную юридическую силу и действуют на единой таможенной территории Таможенного союза. Документы и материалы, подтверждающие результаты сертификации, хранятся в органе по сертификации, выдавшем сертификат соответствия, в течение срока службы оборудования, прошедшего процедуру сертификации.

В настоящее время сертификация носит обязательный характер для предприятий, собирающихся запускать собственное производство. Чтобы уменьшить затраты на получение сертификата соответствия необходимо пересмотреть методы подтверждения соответствия и использовать более рациональное решение.



Рис. 3 – Декларация о соответствии

Выявить плюсы и минусы данного способа возможно только после проведения практической части. На теории это решение имеет все шансы на положительный успех, так как включает в себя облегченный способ проведения процедуры сертификации. Его можно будет применять не только на предприятиях, специализирующихся на химическом производстве, но и в ряде других случаев, что так же в свою очередь облегчит труд и затраты индивидуальных предпринимателей и владельцев крупных сетевых производств.

УДК 004.942:65.016.4

Касьянов В.К., Зубарев А.М., Богомолов Б.Б., Меньшиков В.В.

## СТРУКТУРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОГО ИНЖИНИРИНГОВОГО ЦЕНТРА

**Касьянов Виталий Константинович**, студент 3 курса бакалавриата факультета инженерной химии,  
**Зубарев Андрей Михайлович**, аспирант 3 года обучения факультета инженерной химии, e-mail:  
amzubarev@gmail.com;

**Богомолов Борис Борисович**, к.т.н., доцент кафедры инновационных материалов и защиты от коррозии РХТУ им. Д.И. Менделеева;

**Меньшиков Владимир Викторович**, д.т.н., профессор кафедры инновационных материалов и защиты от коррозии РХТУ им. Д. И. Менделеева

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия  
125047, Москва, Миусская пл., д. 9

*Процесс структурного моделирования бизнес-процессов позволяет комплексно решить организационные и экономические задачи инжинирингового центра, учитывая его особенности и структуру. Это дает возможность для более быстрого и эффективного внедрения новых технологий в промышленность.*

**Ключевые слова:** структурное моделирование, бизнес-процессы, инновационный инжиниринговый центр

## THE BUSINESS-PROCESS STRUCTURAL MODELING OF THE FUNCTIONING OF THE INNOVATIVE ENGINEERING CENTER

Kasyanov V.K., Zubarev A.M., Bogomolov B.B., Men'shikov V.V.

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

*The process of structural modeling of business processes allows to solve complex organizational and economic tasks of the engineering center, taking into account its features and structure. This allows for more rapid and effective implementation of new technologies in the industry.*

**Keywords:** structure modeling, business processes, innovative engineering centre.

Для быстрого роста и модернизации экономики требуется развитие инновационных технологий. Большинство задач, связанных с совершенствованием технологических решений в химических производствах, кроме технологических аспектов учитывают только финансовую оценку решения. При этом не учитываются важные задачи организации и управления, оценивающие проблемы инновационного, производственного, информационного менеджмента [1].

Внедрению инноваций в реальный сектор экономики способствуют научно-исследовательские инжиниринговые центры на базе высших учебных заведений. Создание инжинирингового центра имеет ряд преимуществ, как для вузов, так и для реального сектора экономики:

- ✓ Коммерциализация научных разработок вуза
- ✓ Подготовка высококвалифицированных кадров
- ✓ Дополнительное финансирование передовых разработок
- ✓ Улучшение деятельности инновационных предприятий посредством передовых разработок

- ✓ Использование инфраструктуры научных организаций и вузов для ведения исследований и создания разработок прикладного характера

Основной функцией инжинирингового центра является своевременная коммерциализация научных разработок вуза, включающее результат коммерциализации инновации как продукт.

В настоящее время в РФ благодаря государственной программе «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» от 23 июля 2013 г., в рамках которой осуществляется подпрограмма «Развитие инжиниринговой деятельности и промышленного дизайна», создано и успешно функционирует более 30 инжиниринговых центров [3]. Функционирование подобных центров достаточно трудоемкий и ресурсозатратный процесс, который требует регламентации процесса принятия решений. Поэтому мы предлагаем для управления функционированием научно-исследовательских инжиниринговых центров, используя методическое обеспечение (методологию) структурного моделирования бизнес-процессов [2].

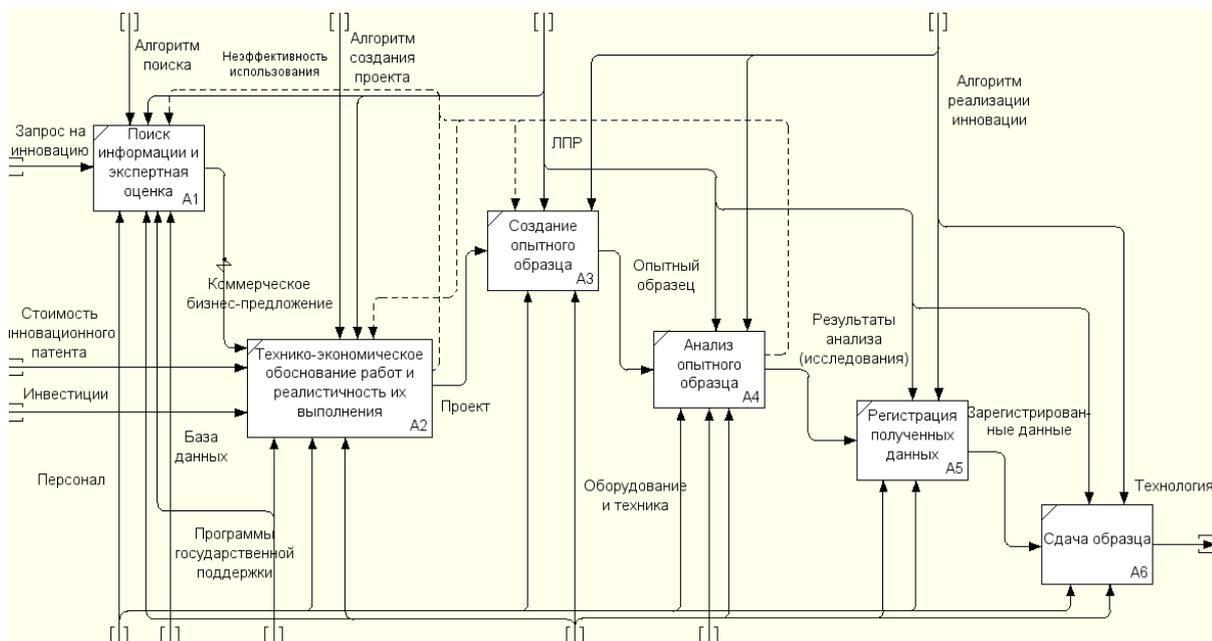


Рис. 1. Диаграмма IDEF0 функционирования инжинирингового центра

На рис.1 представлена IDEF0 диаграмма модели бизнес-процесса функционирования инжинирингового центра, которая на основе баз данных технологий и патентов позволяет по требованию заказчика на инновационную технологию сформировать бизнес-предложение новой технологии а так же регламент её создания и внедрения на предприятие [1].

**Функция «Поиск информации и экспертная оценка».** Целью данной функции является формирование бизнес-предложения выполнения данной заявки на основании алгоритма поиска информации по базам данных патентов и получения всесторонней оценки инновации.

**Функция «Технико-экономическое обоснование работ и реалистичность их выполнения».** Целью функции является формирование проектной документации на создание инновационной технологии на основе поступившего бизнес-предложения с оценкой стоимости интеллектуальной собственности и возможностями инвесторов. В проектную документацию будут входить такие данные, как технические требования к новой технологии, сроки на её создание и бюджет, а так же смета необходимых работ и регламенты их выполнения.

**Функция «Создание опытного образца».** В данной функции по проектной документации создается прототип заданного объекта – опытный образец. Результатом функции служит сопроводительная документация, описывающая характеристики результата НИОКР и процесса его выполнения, что передаётся на следующую стадию.

**Функция «Анализ опытного образца».** Результатом данной функции является результат проверки образца после регламентированного всестороннего исследования на соответствие

параметров продукта требованиям заказчика и заносится в отчет. В случае несоответствия требованиям, пересматривается технология создания образца.

**Функция «Регистрация полученных данных».** Результаты успешных инновационных разработок необходимо зарегистрировать в органах по охране интеллектуальной собственности, а параметры объекта занести в форму, которая будет использоваться при процедуре приёмки.

**Функция «Сдача образца».** Результатом функции является принятая и внедрённая заказчиком инновационная технология - акт о внедрении.

Результатом работы модели является реализация инновационной технологии, созданной в процессе деятельности инжинирингового центра для предприятия-заказчика посредством последовательного формирования коммерческого бизнес-предложения, плана проектных работ, а так же создания и анализа полученного в результате НИОКР опытного образца.

### Список литературы

- 1.Б.Б. Богомолов, Е.Д. Быков, В.В. Меньшиков, А.М. Зубарев. Организационно-технологическое моделирование химико-технологических систем // Теорет. основы хим. технологии. 2017. Т.51 № 2 с. 221-229
- 2.Б.Б. Богомолов. Структурное моделирование химико-технологических процессов: учеб. пособие – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2016, 148 с.
- 3.В.В. Меньшиков, Ю.М. Аверина, А.М. Зубарев. Технологический маркетинг, коммерциализация и принципы реализации инноваций. учеб. пособие – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2017. – 140 с.

УДК 656.073+620.9

Царева А.М., Ходченко С.М.

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА НА ОСНОВЕ СОЗДАНИЯ ГАЗОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ КЛАСТЕРОВ

**Царева Алена Михайловна**, студентка четвертого курса, факультета инженерной химии, e-mail: [alyo.tsaryowa2012@yandex.ru](mailto:alyo.tsaryowa2012@yandex.ru);

**Ходченко Светлана Михайловна**, доцент кафедры Логистики и экономической информатики, РХТУ им. Д. И. Менделеева, Москва, Россия

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия  
125047, Москва, Миусская пл., д. 9

*Переработка попутного газа связана с высокими начальными затратами и экономически невыгодна для большинства компаний нефтегазохимического комплекса. Показано, что указанная проблемы могут быть успешно решены на основе создания газоперерабатывающих кластеров.*

**Ключевые слова:** попутный нефтяной газ, инновационный кластер, газоперерабатывающий кластер, конкурентоспособность, региональная политика.

## ANALYSIS OF ASSOCIATED OIL GAS PROCESSING EFFICIENCY ON THE BASIS OF THE CREATION OF GAS-PROCESSING CLUSTERS

Tsaryova A.M., Goatchenko S.M.

Russian Chemical and Technological University. DI. Mendeleev, Moscow, Russia

*Associated gas processing is connected with high initial costs and is not economically profitable for all companies in the oil and gas chemical complex. It is shown that this problem can be successfully solved on the basis of the creation of gas-processing clusters.*

**Key words:** associated petroleum gas, innovation cluster, gas processing cluster, competitiveness, regional policy

Сжигание попутного нефтяного газа (ПНГ) приводит не только к тепловому загрязнению окружающей природной среды, которое наряду с выбросами парниковых газов служит одним из факторов глобального потепления на нашей планете, но также и к потере ценного энергетического ресурса и углеводородного сырья для производства продуктов нефтегазохимии с высокой добавленной стоимостью [1].

На заседании Правительства России 1 ноября 2012 года при обсуждении проекта государственной программы «Развитие науки и технологий» на 2013-2020 годы была отмечена необходимость существенного расширения исследовательской деятельности в стране на основе механизма технологических платформ и инновационных кластеров [2].

Кластерная форма является одной из форм инновационного развития проектов в нефтегазохимическом комплексе. В целом кластер – это группа географически взаимосвязанных компаний (предприятий, добывающих и перерабатывающих нефть и газ; поставщиков комплектующих и оборудования, научно-исследовательских институтов и др. организаций), которые взаимодополняют друг друга и увеличивают конкурентную способность отдельных компаний и кластера в целом. Конкуренция внутри кластера является важнейшим фактором, приводящим его к активному развитию. В ходе

внутренних и малых конфликтов между предприятиями, входящими в состав кластера, происходит оптимизация его устройства, что позволяет ему повысить возможность участия в глобальной конкуренции. Территориально кластер может охватывать от небольшой группы производств в одном городе или целого региона до целой страны или нескольких стран. Формирование кластеров происходит обычно там, где ожидается активное продвижение в области техники и технологии производства, благодаря чему возможен выход на новые рыночные ниши.

Многие страны используют кластерный подход для поддержки наиболее перспективных направлений предпринимательской деятельности.

Большее внимание уделяется взаимосвязям и взаимозависимости участников, входящих в состав кластера. Одно из важнейших отличий кластера от других форм сотрудничества состоит в том, что стороны, связанные в одну цепочку, концентрируются на определенной индивидуальной деятельности или исследований.

Выделим следующие преимущества кластеров:

1. Кластер играет важнейшую роль для роста внутреннего рынка, что благоприятно влияет на экономику государства в целом [2]. Конкурентоспособность экономики отдельных регионов возможна благодаря наличию кластеров.

2. Не менее важным является влияние географической конкуренции на улучшение

производственных процессов и внедрение инновационных технологий в сам кластер.

3. Кластерный подход позволяет сформировать благоприятную среду для инновационно-ориентированного развития. Участники кластера, имеющие взаимосвязанные виды экономической деятельности, инвестируют родственные специализированные технологии, человеческие ресурсы, что приводит к возникновению новых фирм. В кластерах приходят к наиболее эффективным решениям задач за счет проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию технологических платформ, что приводит к обеспечению конкурентоспособности предприятия.

4. Кластерный подход меняет промышленную политику. Органы власти не поддерживают отдельные предприятия или виды экономической деятельности, все усилия направлены на развитие взаимоотношений между отдельными хозяйственными субъектами и государственными институтами. Данная политика позволяет эффективно реализовывать инновационные и инвестиционные проекты регионального назначения.

5. Кластерный подход является эффективным инструментом, который дает активное региональное развитие, что благоприятно влияет на торговый баланс региона; увеличение занятости, заработной платы.

6. Кластерная форма приводит к образованию особой формы инноваций – «совокупного инновационного продукта». Данная инновация является продуктом нескольких организаций, что позволяет ее быстро распространить в общем экономическом пространстве.

Распространение кластеров, являясь показателем экономически развитого государства, реализует идею инновационного развития регионов. Следует учитывать, что помимо факторов, стимулирующих развитие кластерной структуры, существуют и такие, которые сдерживают его развитие: плохо развитые связи между научно-исследовательскими институтами и бизнесом, низкое качество делового климата, недостаточный уровень доверия между представителями бизнеса, науки и власти.

В России примером эффективной кластерной структуры может служить созданный 11 апреля 2012г. Газоперерабатывающий кластер Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (ХМАО – Югры). На собрании Правительства ХМАО 11 апреля 2012 года было принято решение о разработке программы развития инновационного территориального кластера ХМАО – Югры по созданию нефтегазохимического производства по переработке ПНГ. В итоге в декабре 2013 года путем создания коммерческого партнерства был образован кластер «Газоперерабатывающий кластер Ханты-Мансийского автономного округа – Югры». В 2015 году летом название было изменено на Союз газоперерабатывающего сектора ХМАО – Югры «Газоперерабатывающий кластер Югры».

Перед кластером поставлены следующие задачи:

1. Разработка инновационных проектов развития газоперерабатывающего кластера.

2. Разработка и реализация проектов газоперерабатывающего кластера с привлечением различных участников.

3. Продвижение на рынок продуктов с добавленной стоимостью участников кластера.

4. Привлечение различных ресурсов для реализации профессиональных интересов.

Якорными компаниями кластера являются АО НК «Руснефть» и ООО «Газпромнефть – Хантос»; в состав инновационных и инжиниринговых компаний входят: ООО «Газохим Техно», ООО «Премиум Инжиниринг», ООО «Югра – МВС Технологии», а также сильную поддержку осуществляют «Технопарк высоких технологий» и Фонд развития ХМАО – Югры.

**АО НК «Руснефть»** занимает 10-е место по объему добычи нефти и 8-е место по объему добычи природного и попутного нефтяного газа среди компаний России.

В Ханты-Мансийском автономном округе присутствует три предприятия принадлежат «Руснефти»: АО «Варьганнефть», АО МПК «Аганнефтегазгеология» и АО НАК «Аки-Отыр».

АО «Варьганнефть» оказывает услуги по добыче нефти, а также успешно реализует программу по утилизации ПНГ. На сегодняшний день уровень утилизации достиг 95% за счет ввода в эксплуатацию новых объектов газовой инфраструктуры (газопровод УПСВ Западно-Варьганского участка до КС-3 «Варьганская» с подводным газопроводом «ДНС – Рославльское месторождение – точка врезки»).

АО МПК «Аганнефтегазгеология» оказывает услуги по добыче нефти. В рамках программы по утилизации ПНГ была проведена реконструкция системы энергообеспечения Мохтиковского нефтепромысла, а также были смонтированы газопоршневые машины фирмы «Jenbacher». Уровень утилизации ПНГ в настоящее время достигает 95%.

**ООО «Газпромнефть – Хантос»** - активно развивающееся нефтяное предприятие, которое с 2005 года ведет свою деятельность на территории ХМАО, а также Тюменской области. Предприятие занимает лидирующие позиции по темпу прироста нефтедобычи не только среди компаний, которые работают на территории Югра, но и среди дочерних предприятий «Газпромнефти».

В настоящее время компания активно осваивает новые нефтяные площади, внедряет современные технологии по интенсификации нефтедобычи, модернизирует бурение скважин, процессы обустройства кустовых площадок, а также занимается благотворительностью и участвует в общественной жизни региона.

АО НАК «Аки-Отыр» осуществляет добычу и подготовку нефти к дальнейшей переработки. На УПК Нижне-Шапшинского месторождения была построена и введена в эксплуатацию эжекторная

установка, которая позволяет без применения компрессорного оборудования транспортировать на газоперерабатывающие мощности дополнительный объем ПНГ за счет энергии газа высокого давления.

ООО «Газохим Техно» - компания, которая предлагает инновационную технологию Мини-GTL, являющуюся эффективной для переработки попутного нефтяного газа или природного газа в объеме 10-200 млн. м<sup>3</sup> в год.

GTL-технология является инновационной технологией переработки ПНГ. GTL-технология (англ. Gas-to-liquids — газ в жидкость) — процесс преобразования метана в высококачественные углеводородные продукты; источником метана могут служить твердое топливо, природный газ, попутный нефтяной газ. На установках Мини-GTL из попутного нефтяного газа производят моно продукт – синтетическую нефть, который можно смешивать с конвенционной минеральной нефтью.

ООО «Премииум Инжиниринг» - инжиниринговая компания, которая реализует проекты по обустройству нефтегазовых промыслов.

ООО «Югра – МВС Технологии» - компания, создающая технологии модульного оборудования, реализующая высокотехнический уровень подготовки низконапорных газов к утилизации.

В результате кластерной политики в регионе происходит не только объединение предприятий разных отраслей, но и изменение отраслевой промышленности в целом, внедрение инновационных технологий, которые кардинально меняют технико-промышленный уклад [8]. При создании регионального кластера следует принимать во внимание новые научные решения, а не способы рационализации сложившегося производства [9-10]. Поэтому основная поддержка кластеров должна исключать все барьеры, мешающие внедрению инновационных технологий.

#### Список литературы

1. Борисова Е.В., Ходченко С.М. Логистическое управление бизнес-процессами внедрения блочно-модульной малотоннажной установки переработки попутного нефтяного газа // Успехи в химии и химической технологии. 2015. Т. 29. №2 (161). С. 101-103.
2. Стенограмма заседания Правительства России 1 ноября 2012 года // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.ceninauku.ru/page\\_29802.htm](http://www.ceninauku.ru/page_29802.htm) (дата обращения: 1.06.2017)
3. Кожевникова, С.Ю. Перспективы регионального социально – экономического развития Российской Федерации на основе формирования кластерной модели предпринимательства. Глобальный экономический кризис: реалии и пути преодоления / С.Ю.Кожевникова, В.В.Тумалева // Сборник научных статей. – СПб: НОУ ВПО Институт бизнеса и права, 2009, - №7. ISSN 2070-7428.
4. Багаутдинова, Н.Г. Формирование территориально-производственного кластера в региональной экономике. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://spei.tatarstan.ru/> (дата обращения: 1.06.2017).
5. Миндлин, Ю.Б. Проблемы использования кластеров в Российской Федерации/ Ю.Б. Миндлин, Е.П. Колпак, Ю.Е. Балыкина // Вестник НГУЭУ, 2014, - №1, - С.22-32.
6. Российская кластерная обсерватория. Москва: Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики. 2016. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://cluster.hse.ru/cluster/>. (дата обращения 1.06.2017)
7. Малькова А.Р. Кластерные эффекты в экономике современной России // Электронный научный журнал УЭС. 2012. №13. С. 18-22.
8. Михеев А.А. Экономические проблемы регионов и отраслевых комплексов // Проблемы современной экономики. 2013. №3 (27). С. 17-18.
9. Сидорова Н.П., Шамин А.А. Анализ факторов эффективности сельскохозяйственных предприятий различных организационно правовых форм // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Экономика и управление. 2014. №5 (24). С. 67-77.

УДК 006.022

Скарлат Д.М., Годяев А.В., Комарова С.Г.

## ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ РЫБНОЙ ПРОДУКЦИИ

**Скарлат Денис Максимович**, студент 3 курса факультета инженерной химии, e-mail: skarlat-denis@mail.ru;  
**Годяев Алексей Витальевич**, студент 3 курса факультета инженерной химии, e-mail: ololosholoev2345@mail.ru  
**Комарова Светлана Григорьевна**, к.т.н., доцент кафедры стандартизации и инженерно-компьютерной графики; Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия 121596, Москва, ул. Говорова, д. 16, корп. 4, кв. 1

*Техническое регулирование - правовое регулирование отношений в области разработки, практического применения и исполнения обязательных требований к выпускаемой продукции...техническое регулирование играет важнейшую роль при обращении продукции на рынке или выполнении определённых работ. С течением времени разрабатываются и вводятся новые технические регламенты. С 1 сентября 2017 года вступает в силу технический регламент на пищевую рыбную продукцию. Только соответствуя техническому регламенту, продукция может быть обращена на рынке Евразийского экономического союза.*

**Ключевые слова:** *техническое регулирование; Евразийский экономический союз; обзор нового технического регламента.*

## TECHNICAL REGULATION OF FISH PRODUCTS

Skarlat D.M., Godyaev A.V., Komarova S.G.

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

*Technical regulation - legal regulation of relations in the field of development, practical application and execution of obligatory requirements to the products...technical regulation plays a critical role in the handling of goods in the market or the performance of certain works. With time being developed and introduced new technical regulations. From 1 September 2017, shall come into force technical regulations on food fish production. Only the corresponding technical regulations, products may be drawn on the market of the Eurasian economic Union.*

**Keywords:** *technical regulation of the Eurasian economic Union; an overview of new technical regulations.*

Техническое регулирование - правовое регулирование отношений в области разработки, применения и исполнения обязательных требований к выпускаемой продукции на всех ее стадиях жизненного цикла, или на какой-то определенной стадии жизненного цикла продукции, а также в области применения требований на добровольной основе и правовое регулирование отношений в области оценки соответствия. Таким образом техническое регулирование играет важнейшую роль при обращении продукции на рынке или выполнении определённых работ.

Во-первых, это Федеральный закон, за которым закреплены технические регламенты. Технический регламент - документ, утвержденным высшим органом государственной власти международного договора в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, или указом Президента Российской Федерации, или постановлением Правительства Российской Федерации, или нормативным правовым актом федерального органа исполнительной власти по техническому регулированию и устанавливает обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования (продукции или к продукции и связанным с требованиями к продукции процессам

проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации). Иными словами, технический регламент – документ, имеющий статус закона.

Не соответствие продукции требованиям распространяющегося на нее технического регламента, а также введение покупателя в заблуждение является несоблюдением закона. В этом случае изготовитель несет ответственность в соответствии с законодательством Российской Федерации [1].

Во-вторых, технический регламент гарантирует безопасность продукции и связанных с ней процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации.

На пищевую продукцию есть и свой технический регламент [2], в котором представлены общие требования к выпускаемой продукции. Точно также существует технические регламенты «О безопасности упаковки» и «Пищевая продукция в части её маркировки». Но это не все, существуют и другие технические регламенты на другой вид продукции. В этой статье рассматривается технический регламент на пищевую рыбную продукцию.

Несмотря на множество вступивших в силу технических регламентов, которые в частности касаются пищевой продукции, не пропала необходимость в разработке и установлении четких требований, которые гарантировали бы безопасность рыбной продукции.

### Обзор технического регламента Евразийского экономического союза «О безопасности рыбы и рыбной продукции» (ТР ЕАЭС 040/2016)

Технический регламент разработан в целях защиты жизни и здоровья человека, животных и растений, имущества, окружающей среды, предупреждения действий, вводящих в заблуждение потребителей пищевой рыбной продукции относительно ее назначения и безопасности.

Действие нормативно-правового документа распространяется на пищевую рыбную продукцию, выпускаемую в обращение на территории Евразийского экономического союза (далее – Союз). Объектами технического регулирования настоящего технического регламента являются: пищевая рыбная продукция в переработанном или непереработанном виде и процессы стадий жизненного цикла продукции промышленного производства.

Пищевая рыбная продукция выпускается в обращение на территории Союза при ее соответствии требованиям технического регламента и иных технических регламентов Союза (технических регламентов Таможенного союза), действие которых на нее распространяется., и при условии, что она прошла оценку соответствия.

Прошедшая оценку соответствия продукция маркируется единым знаком обращения продукции на рынке Союза. Запрещается обращение рыбной продукции на рынок, если: *продукция имеет истекший срок годности, не соответствует требованиям рассматриваемого в статье технического регламента и иных технических регламентов.* В противном случае рыбная продукция подлежит изъятию из обращения собственником пищевой рыбной продукции самостоятельно либо по предписанию уполномоченных органов государственного контроля государства-члена.

Пищевая рыбная продукция должна соответствовать требованиям безопасности, установленным настоящим техническим регламентом, а также требованиям технического регламента Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011).

Пищевая продукция аквакультуры не должна содержать натуральные или синтетические гормональные вещества и генетически модифицированные организмы. Максимально допустимые уровни содержания остатков ветеринарных препаратов, стимуляторов роста животных лекарственных средств, содержание которых в пищевой продукции аквакультуры животного происхождения контролируется на основании информации об их применении, предоставляемой изготовителем, при выпуске ее в обращение на территории Союза, не должны

превышать допустимые уровни, установленного технического регламента. Исключения:

левомицетин, тетрациклиновая группа и бацитрацин. К обращению на рынок не допускается следующая пищевая рыбная продукция: произведенная из ядовитых рыб; не соответствующая потребительским свойствам по органолептическим показателям; мороженая, имеющая температуру в толще продукта выше минус 18°C; подвергнутая размораживанию в период хранения; содержащая опасные для здоровья человека биотоксины. Так же не допускается реализация пищевой рыбной продукции, употребляемые в пищу части которой поражены видимыми паразитами.

При разногласиях в оценке органолептических показателей непереработанной пищевой рыбной продукции животного происхождения проводится определение показателя общего азота летучих оснований. Показатель азота должен быть строго в заданных пределах. В противном случае, при превышении предельных норм общего азота летучих оснований продукция считается непригодной для промышленной переработки и потребления в пищу.

Условия перевозки, хранения, производства должны быть соблюдены требованиям данного технического регламента и требованиям технического регламента Таможенного союза "О безопасности пищевой продукции" (ТР ТС 021/2011). Материалы, контактирующие с пищевой рыбной продукцией в процессе ее хранения, перевозки и реализации, должны соответствовать требованиям безопасности материалов, контактирующих с пищевой продукцией. В процессе хранения, перевозки и реализации пищевой рыбной продукции не допускается размораживание замороженной пищевой рыбной продукции. При хранении пищевой рыбной продукции должны соблюдаться установленные изготовителем условия хранения с учетом следующих требований, представленных в таблице 1.

Таблица 1 - Минимальные требования к хранению рыбной продукции

Вид рыбной продукции	Температура хранения
Охлажденная	не выше 5°C
Мороженая	не выше минус 18°C
Подмороженная	от минус 3°C до минус 5°C
Живая	должны содержаться в условиях, обеспечивающих их жизнедеятельность

Упаковка для пищевой рыбной продукции должна соответствовать требованиям настоящего технического регламента и требованиям технического регламента Таможенного союза "О безопасности упаковки" (ТР ТС 005/2011). Упаковывание пищевой рыбной продукции должно осуществляться в условиях, не допускающих контаминации загрязнения продукции [3,4]. Упаковка пищевой рыбной продукции должна:

обеспечивать безопасность пищевой рыбной продукции и неизменность ее органолептических показателей в течение срока годности; производиться из материалов, соответствующих требованиям, предъявляемым к материалам, контактирующим с пищевой продукцией; храниться в отдельном помещении в условиях, обеспечивающих безопасность пищевой рыбной продукции.

#### Заключение

Подводя итог, следует подчеркнуть, что вышеописанные требования, обеспечивающие безопасность продукции, не относятся на домашнюю рыбную продукцию, так же как и на продукцию, выпускаемую непромышленным производством. Данный регламент был принят 18 октября 2016 года, но еще не вступил в силу. Дата вступления в силу 01 сентября 2017 [5, 6].

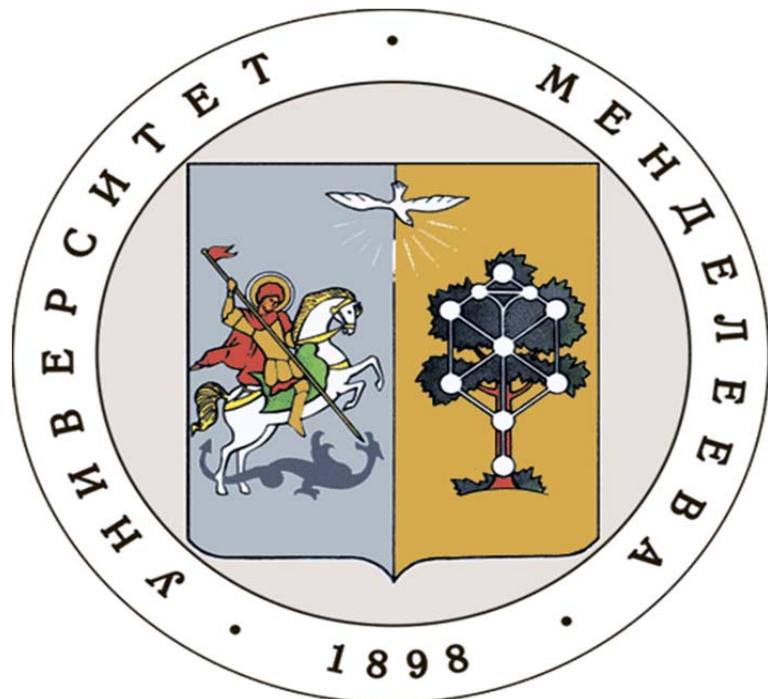
Очевидно, что можно сделать следующий вывод: соблюдение действующего технического регламента является обязательным условием функционирования на рынке рыбной продукции в России.

Стоит отметить, что в связи с вступлением России в Евразийский экономический союз 1 января 2015 года: поменялся знак обращения продукции на рынке и новые технические регламенты принимаются на уровне не Таможенного союза, как было раньше до вступления, а Евразийского экономического союза [7]. В Евразийский союз входят страны: Россия, Белоруссия, Казахстан, Армения, Киргизия.

#### Список литературы

1. Федеральный закон «О техническом регулировании» от 27.12.2002 N 184-ФЗ // Совет Федерации, 05.04.2017 (Дата обращения: 17.05.2017).
2. ТР ТС 021/2011: [Электронный документ]. - ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ ТАМОЖЕННОГО СОЮЗА «О безопасности пищевой продукции». – Официальное издание / Комиссия таможенного союза. – Электронный документ. – Комиссия таможенного союза, 2011. – режим доступа: <http://www.tsouz.ru> (Дата обращения: 22.05.2017).
3. ТР ЕАЭС 040/2016: [Электронный документ]. - Технический регламент Евразийского экономического союза «О безопасности рыбы и рыбной продукции». – Официальное издание / Официальный сайт Евразийской экономической комиссии [www.eaeunion.org](http://www.eaeunion.org), 20.03.2017. – Электронный справочник. – Официальный сайт Евразийской экономической комиссии [www.eaeunion.org](http://www.eaeunion.org), 20.03.2017, 2017. – режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420394425> (Дата обращения: 22.05.2017).
4. ТР ТС 022/2011: [Электронный документ]. - ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ ТАМОЖЕННОГО СОЮЗА «Пищевая продукция в части ее маркировки». – Официальное издание / Комиссия таможенного союза. – Электронный документ. – Комиссия таможенного союза, 2011. – режим доступа: <http://www.tsouz.ru> (Дата обращения: 22.05.2017).
5. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии: Информационный портал по стандартизации. – Информ. портал / Федеральное агентство [Электронный ресурс]. – Электронный справочник. – Москва: Федеральное агентство, 2012. – режим доступа: <http://standard.gost.ru/wps/portal/> (Дата обращения 17.05.17).
6. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. – Всероссийский фонд / Инф. сист. станд. «Техэксперт». – Москва: ИСС «Техэксперт», 2017. – режим доступа: <http://reforma.kodeks.ru/> (Дата обращения: 18.05.17).
7. Википедия – свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – Энциклопедия / Wikimedia Foundation, Inc. – Энциклопед. – Москва: Wikimedia Foundation, Inc, 2017. – режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/> (Дата обращения: 21.05.2017).

**Российский химико-  
технологический  
университет  
имени Д.И. Менделеева**



**При поддержке**

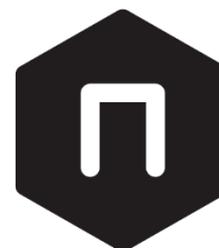
**Российского химического  
общества им. Д. И. Менделеева**



**ООО «БИНАКОР-ХТ»**



**Федерального государственного  
учреждения культуры "Политехнический  
музей"**



Научное издание

**УСПЕХИ В ХИМИИ И ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

**Том XXXI**

**№ 5 (186) 2017**

Компьютерная верстка: Зверева О.В.  
Текст репродуцирован с оригиналов авторов

Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева  
Студенческое трансферное агентство разработок и технологий (С.Т.А.Р.Т)

Адрес университета: 125047, г. Москва,

Миусская пл., д. 9