



«ИННОВАЦИИ В АТОМНОЙ ОТРАСЛИ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ»

**ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ**

11-15 декабря 2023г.

Материалы конференции

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГАОУ ВО «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»**

СЕВЕРСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ИННОВАЦИИ В АТОМНОЙ ОТРАСЛИ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

**Всероссийская научно-практическая конференция
студентов, аспирантов и молодых ученых
11-15 декабря 2023 г.**

Материалы конференции

УДК 621.039
И 665

Инновации в атомной отрасли: проблемы и решения: всероссийская научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых, 11-15 декабря 2023 г.: материалы конференции/ Министерство науки и высшего образования РФ, Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ", Северский технологический институт - филиал НИЯУ МИФИ (СТИ НИЯУ МИФИ); под ред. М.Д. Носкова. – Северск: Изд-во СТИ НИЯУ МИФИ, 2023. – 92 с. – Текст (визуальный): электронный

ISBN 978-5-93915-119-1

Сборник включает материалы конференции «Инновации в атомной отрасли: проблемы и решения». Приводятся научные и практические результаты исследований, связанных с проблемами развития атомного энергопромышленного комплекса, включая вопросы совершенствования химической технологии, оборудования и технологий ядерной отрасли, автоматизации и цифровизации технологических процессов и объектов.

Для студентов, аспирантов соответствующих специальностей и молодых ученых.

Материалы сборника издаются в авторской редакции. Авторы несут полную ответственность за достоверность информации и возможность её опубликования в открытой печати.

ISBN 978-5-93915-119-1

© Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 2023

Уважаемые участники конференции!

Всероссийская научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Инновации в атомной отрасли: проблемы и решения». В рамках конференции будут обсуждаться актуальные проблемы развития атомного энергопромышленного комплекса, включая вопросы совершенствования химической технологии, автоматизации технологических процессов, моделирование и информатизация технологий и объектов в атомной отрасли.

Целью конференции является содействие инновационно-техническому развитию атомной отрасли и внедрение результатов научных исследований в производство, а также совершенствование подготовки специалистов и кадров высшей квалификации для ГК «Росатом». В конференции принимают участие молодые ученые, аспиранты и студенты вузов, а также специалисты предприятий атомной промышленности.

Данный сборник будет способствовать профессиональному росту участников конференции, налаживанию делового сотрудничества и развитию творческих связей ученых и специалистов, работающих в атомной промышленности.

Председатель редакционной коллегии,
доктор физико-математических наук,
профессор, Заслуженный работник высшей
школы Российской Федерации

М.Д. Носков

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Секция Материалы и технологии атомного энергопромышленного комплекса</i>	<i>11</i>
<i>Бембеева В.Э. ПЕРЕРАБОТКА ЦИРКОНОВОГО КОНЦЕНТРАТА С УДАЛЕНИЕМ РАДИОАКТИВНЫХ ПРИМЕСЕЙ</i>	<i>12</i>
<i>Болдышев Д.В., Зайцев Д.В., Грачев Е.К., Илекис В.М., Буйновский А.С. ПОЛУЧЕНИЕ ПОРОШКОВ ЛИГАТУРЫ НЕОДИМ-КОБАЛЬТ.</i>	<i>13</i>
<i>Бутылина А.Н., Дмитриева О.С. ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА СВОЙСТВА ОКСИДОВ УРАНА, ПОЛУЧАЕМЫХ В ЛАБОРАТОРНОЙ СВЧ-УСТАНОВКЕ</i>	<i>14</i>
<i>Вартанов Е.И., Жиганов А.Н. ЗОЛЬ - ГЕЛЬ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ СНУП – ТОПЛИВА</i>	<i>15</i>
<i>Васильева О.В., Молоков П.Б. АНАЛИЗ ВОДЫ НА ТИТРАТОРЕ ФИШЕРА.....</i>	<i>16</i>
<i>Васильчук И.А., Муслимова А.В. РАЗДЕЛЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЛЕГКОЙ ПОДГРУППЫ ПРИ ПОМОЩИ РАЗЛИЧНЫХ ЭКСТРАГЕНТОВ.....</i>	<i>17</i>
<i>Гоман А.С., Макасеев Ю.Н., Житков С.А. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ДИОКСИДА ТИТАНА</i>	<i>18</i>
<i>Грачева Д.К., Грачев Е.К., Муслимова А.В., Илекис В.М., Кикенина И.К., Якубова М.И. ИССЛЕДОВАНИЕ СМЕШАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ШЛИФ-ОТХОДОВ МАГНИТНЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ РЗМ-Fe-V</i>	<i>19</i>
<i>Железнов В.Е., Жиганов А.Н., Софронов В.Л. ЭКСТРАКЦИОННАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТРАБОТАННОГО СНУП ТОПЛИВА.....</i>	<i>20</i>
<i>Зайцев Д.В., Болдышев Д.В., Грачев Е.К., Илекис В.М. КЛЮЧЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ МАГНИТОВ РЗМ-Fe-V МЕТОДОМ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ.....</i>	<i>21</i>
<i>Илекис В.М., Ушаков А.О., Грачева Д.К., Молоков П.Б., Якубова М.И. КОНТРОЛЬ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА БОРА ВТРИФТОРИДЕ БОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИК-СПЕКТРОМЕТРИИ.....</i>	<i>22</i>

Калинина А.И. УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДИОКСИДА
УРАНА ЯДЕРНОЙ ЧИСТОТЫ ИЗ ПОЛИУРАНАТОВ АММОНИЯ. 23

Кикенина И.К., Грачева Д.К., Грачев Е.К., Муслимова А.В., Илекис
В.М., Якубова М.И. ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ПРОЦЕССА
ХИМИЧЕСКОГО ТРАВЛЕНИЯ НА СВОЙСТВА ПОЛУЧАЕМЫХ
ПОРОШКОВ ВТОРИЧНЫХ МАГНИТНЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ
РЗМ 24

Клюжесв П.А., Степанов К.И., Макасеев Ю.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ
ТЕХНОЛОГИИ ШЛИКЕРНОГО ЛИТЬЯ 25

Косинова А.В., Бурков К.А., Муслимова А.В. ВЫБОР СПОСОБА
ОПРЕДЕЛЕНИЯ КИСЛОТНОСТИ ВОДНОЙ И ОРГАНИЧЕСКОЙ
ФАЗ ПОСЛЕ ЭКСТРАКЦИИ ТРИБУТИЛФОСФАТОМ..... 26

Кошельская А.С., Ткачук С.А., Макасеев Ю.Н., Муслимова А.В.
ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КОКСОВЫХ МАТЕРИАЛОВ
РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В
ПРОИЗВОДСТВЕ ФТОРА 27

Кулигина Е.В., Богданова С.А. СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ АНАЛИЗА
ПРИМЕСЕЙ В ФТОРСОДЕРЖАЩИХ ГАЗАХ..... 28

Лебедкина М.Е., Зеличенко Е.А., Чубенко Я.Б. РАСТВОРЕНИЕ
МЕДЬ-ЗАМЕЩЕННОГО ГИДРОКСИАПАТИТА В МОДЕЛЬНОМ
РАСТВОРЕ 29

Мальцева А.С., Циплакова А.А., Гузеева Т.И. ИССЛЕДОВАНИЕ
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕРЕБРА В СИНТЕТИЧЕСКОМ
ГИДРОКСИАПАТИТЕ 30

Мехряков И.К., Софронов В.Л. Молчанова А.В., Анкипович Е.И.,
Ожерельев О.А. ПРИМЕНЕНИЕ ТИТАНА ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ
ОТРАСЛЕЙ И ТЕХНОЛОГИЙ РОССИИ 32

Огнева А.А., Молоков П.Б. ПРОИЗВОДСТВО ТРИФТОРИДА БОРА. 33

Павлюк К.В., Софронов В.Л., Житков С.А., Макасеев Ю.Н.
ПОЛУЧЕНИЕ ХЛОРИДА ЛИТИЯ СУХИМ МЕТОДОМ..... 34

Петрова А.В., Богданова С.А. АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ХЛОРОВОДОРОДА В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ И ВОЗДУХЕ
РАБОЧЕЙ ЗОНЫ 35

Петрунина А.А., Чубенко Я.Б., Зеличенко Е.А., Гузеев В.В. ОБЗОР РАСТВОРИТЕЛЕЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИОНООБМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ	36
Радько С. В., Агеева Л.Д., Шнайдер Н.А. ИЗУЧЕНИЕ И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ УПОРНЫХ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД	37
Ренев В.О., Макасеев Ю.Н., Житков С.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОЛУЧЕНИЯ ЛИТИЯ	38
Савран Л.Е., Назаров А.И. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ НЕПРЕРЫВНОГО СИНТЕЗА НА МАТЕРИАЛАХ-ИММИТАТОРАХ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА.....	39
Селезнева О.К., Богданова С.А. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАССОВЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ГАЗООБРАЗНОГО ФТОРИСТОГО ВОДОРОДА	40
Селявская А.Е., Софронов В.Л., Селявский В.Ю. ПЕРЕРАБОТКА ОБОРОТОВ СМЕШАННОГО НИТРИДНОГО УРАН-ПЛУТОНИЕВОГО ТОПЛИВА	41
Сюткина Н.И., Софронов В.Л. СИНТЕЗ СНУП-ТОПЛИВА КАРБОТЕРМИЧЕСКИМ ВОССТАНОВЛЕНИЕМ	42
Чуркин А.А., Ткачук С.А., Макасеев Ю.Н., Житков С.А. ПИРОУПЛОТНЕНИЕ АНОДНЫХ ЗАГОТОВОК, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ШЛИКЕРНОГО ЛИТЬЯ	43
Шайдуров Д.Е., Степанов К.И., Макасеев Ю.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОМОЛА КОКСА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АНОДА ..	44
Широков А.В., Чуркин А.А., Ткачук С.А., Степанов К.И., Макасеев Ю.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПИРОУПЛОТНЕНИЯ ЗАГОТОВОК АНОДОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ШЛИКЕРНОГО ЛИТЬЯ	45
Шнайдер Н.А., Агеева Л.Д., Радько С.В. СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ФЛОКУЛЯНТОВ МАРОК MIRANG И ЕСОРPLUS ПУТЕМ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ НА ОБРАЗЦАХ ПУЛЬПЫ ФЛОТОКОНЦЕНТРАТА.....	46
Эйрих К.А., Софронов В.Л. СПЕКАНИЕ ТАБЛЕТОК СНУП ТОПЛИВА	47

<i>Якубова М.И., Молоков П.Б. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТРИФТОРИДА АЗОТА.....</i>	<i>48</i>
<i>Ярков С.Д., Назаров А.И. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ НЕПРЕРЫВНОГО СИНТЕЗА НА ЛЮМИНОФОРАХ</i>	<i>49</i>
<i>Секция Оборудование и технологии ядерной отрасли</i>	<i>50</i>
<i>Астраханцев Р.С., Карташов Е.Ю. ВЫВОД ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ХРАНИЛИЩ РАО ФГУП «РОСРАО»</i>	<i>51</i>
<i>Богущевич Н.В., Лохтина Л.Н. РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ПОДКАЧИВАЮЩЕЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ В СРЕДЕ SIMINTESN.....</i>	<i>52</i>
<i>Винныйчук В.А., Перепелицына А.В. ОРБИТАЛЬНАЯ СВАРКА ШВОВ СОЕДИНЕНИЙ КОЛЛЕКТОРОВ В ПАРОГЕНЕРАТОРЕ ПГВ – 1000МКП</i>	<i>53</i>
<i>Винныйчук В.А., Руденко Д.С. АВТОМАТИЧЕСКАЯ ДУГОВАЯ НАПЛАВКА СЕДЛА ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ ДЛЯ АЭС И НГХ.....</i>	<i>54</i>
<i>Гоман А.В., Лохтина Л.Н. МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НАСОСНОЙ СТАНЦИЕЙ В СРЕДЕ SIMINTESN</i>	<i>55</i>
<i>Давыдов Е.С., Холодова А.А., Попова Т.С. РАЗРАБОТКА ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ПАССИВНОЙ АВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА</i>	<i>56</i>
<i>Ерзиков И.А., Карташов Е.Ю. ВЫВОД ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПУНКТА ХРАНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ Г. БЛАГОВЕЩЕНСКА</i>	<i>57</i>
<i>Зимин А.А., Заринова Л.Ф. УСТАНОВКА ДЕЗАКТИВАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ ПУЛЬПОХРАНИЛИЩ РАО</i>	<i>58</i>
<i>Караваев П.В., Карташов Е.Ю. ВЫВОД ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПУНКТА ХРАНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ КОМБИНАТА «РАДОН»</i>	<i>59</i>
<i>Каширин Д.А., Карташов Е.Ю. ВЫВОД ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРИПОВЕРХНОСТНОГО ПУНКТА ЗАХОРОНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ ПРЕДПРИЯТИЯ «МАЯК».....</i>	<i>60</i>

Корсак К.С., Зарипова Л.Ф. УСТАНОВКА ДЛЯ ДЕМОНТАЖА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПУЛЬПОХРАНИЛИЩА АЭС	61
Мерзляков К.А., Карташов Е.Ю. СИСТЕМА ЭКСПРЕСС-МОНИТОРИНГА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ПРИ ВЫВОДЕ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЯДЕРНО- И РАДИАЦИОННО- ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ	62
Родчанин Д.Р., Борисов Д.А. ОБОРУДОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ.....	63
Сапова А.А., Софронов В.Л. ЛАЗЕРНЫЙ МЕТОД ДЕЗАКТИВАЦИИ РАО	64
Сусакин В.А., Карташов Е.Ю., Панфилова М.В. РАЗРАБОТКА УЧЕБНОГО СТЕНДА ТВС РЕАКТОРА НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ.....	65
Секция Автоматизация и цифровизация технологий и объектов атомной отрасли	66
Бакилин Д.В., Иванов К.А. СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРЕДПРИЯТИЙ ТОПЛИВНОГО ДИВИЗИОНА.....	67
Батурин В.П., Борисов Д.А. ФУНКЦИИ КОНТРОЛЛЕРОВ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВОМ.....	68
Березин А.А., Мелюшонок Н.С, Гуцул М.В., Истомин А.Д., Носков М.Д., Сербин А.В., Чеглоков А.А. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЛЕВОГО ПЕРСОНАЛА ДОБЫЧНОГО ПОЛИГОНА СПВ УРАНА	69
Бибко Д.В., Носков М.Д. ОБЛАЧНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ СБОРА ДАННЫХ ОТДЕЛА МАРКЕТИНГА СЕРВИСНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ	70
Веретенников Д.Г. РАДИАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОКСИДНОГО ТОПЛИВА С ДОБАВКОЙ АМЕРИЦИЯ.....	71
Воронцова А.А., Внуков Р.А. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТЕРЖНЕЙ-ВЫТЕСНИТЕЛЕЙ В РЕАКТОРАХ СО СПЕКТРАЛЬНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ	72

Ганжа Т.В., Сахабутдинов А.Е. ПРИМЕНЕНИЕ КОНЦЕПЦИИ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В УСТАНОВКЕ ГИДРИРОВАНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ	73
Гладченко Д.М., Шваб А.В. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГЕКСАФТОРИДА ВОЛЬФРАМА ВОДОРОДОМ.....	74
Гладченко Д.М., Шваб А.В. ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФТОРИРОВАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ТУГОПЛАВКОГО МЕТАЛЛА В ХИМИЧЕСКОМ РЕАКТОРЕ.....	75
Исанов К.И., Колесов В.В. АНАЛИЗ ОДНОКОМПОНЕНТНОГО ЗАМКНУТОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА РЕАКТОРА ТИПА ВВЭР-1200 НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ПЛУТОНИИ ИЗ ОЯТА	76
Мусин С.В., Шваб А.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕОДИНАМИКИ И ТЕПЛОПЕРЕНОСА ГРАНУЛИРОВАННОЙ СРЕДЫ В ПНЕВМАТИЧЕСКОМ ЦИРКУЛЯЦИОННОМ АППАРАТЕ.....	77
Мусин С.В., Шваб А.В. РАСЧЕТ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМЕНА В КАНАЛЕ ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСХОДА АГРЕССИВНЫХ ИЛИ РАДИОАКТИВНЫХ СРЕД	78
Пашкина В.В., Задорожная Н.Д., Волгина С.В. ТЕХНОЛОГИЯ «ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК» КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ	79
Петерс Н.А., Цыхлер Л.В., Лапкис А.А., Кикинчук О.А. ВЕРИФИКАЦИЯ ПРОГРАММЫ КОМПЛЕКСА ПРОЧНОСТНОГО РАСЧЕТА ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	80
Поволоцкая А.А., Яскевич Д.А., Гольишев И.Д., Спиридонов Е.В. ВИРТУАЛЬНЫЙ СТЕНД «ТЕПЛОВОЙ НАСОС» В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ВИТИ НИЯУ МИФИ	81
Правосуд С.С., Маслаков Д.С., Якубов Я.О. НЕЧЕТКИЙ ПИ-РЕГУЛЯТОР КОНТУРА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ МОЩНОСТИ РЕАКТОРА ВВЭР – 1200.....	82
Савенко А.В., Иванов М.Л., Иванов К.А. СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА	83

Сазонов И.С., Романов А.В. ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ ПОД ФЛЮСОМ	84
Сазонов И.С., Севашов В.А. АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ММА-ПРОЦЕССА НА БАЗЕ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ИНЕМ-200Т.....	85
Сербин А.В., Гуцул М.В., Истомин А.Д., Носков М.Д., Сакирко Г.К., Чеглоков А.А. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПЛАН-ФАКТНОГО АНАЛИЗА ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРЕДПРИЯТИЯ ДОБЫЧИ УРАНА МЕТОДОМ СКВАЖИННОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ	86
Соломаха А.Е., Шваб А.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАКРУЧЕННОГО ТЕЧЕНИЯ В ЦЕНТРОБЕЖНОМ АППАРАТЕ НА ОСНОВЕ КРИВОЛИНЕЙНОЙ ОРТОГОНАЛЬНОЙ СЕТКИ.....	87
Фомин А.А., Григорьева А.В., Чертков Ю.Б. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГОВЫДЕЛЕНИЯ В АКТИВНОЙ ЗОНЕ БЫСТРОГО РЕАКТОРА СО СВИНЦОВЫМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ ПО ПРОГРАММНОМУ КОМПЛЕКСУ DOLCE VITA/E1.0.....	88
Секция Проекты будущего	89
Вялова В.А. НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ РЕАКТОРНЫХ УСТАНОВОК ТИПА ВВЭР-1000 С КАРБИДНО-КОМПОЗИТНЫМ ТОПЛИВОМ	90
Широглазов М.М., Баширов С.М., Борисов Д.А. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ «СОРТИРОВКА»	91

*Секция
Материалы и технологии атомного
энергпромышленного комплекса*

Бембеева В.Э.

ПЕРЕРАБОТКА ЦИРКОНОВОГО КОНЦЕНТРАТА С УДАЛЕНИЕМ РАДИОАКТИВНЫХ ПРИМЕСЕЙ

*Национальный исследовательский Томский политехнический
университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30
e-mail: tpu@tpu.ru*

Цирконий является востребованным металлом в различных отраслях: от легкой до атомной промышленности. Самым распространённым минералом для получения циркония является циркон $ZrSiO_4$. Добываемый на Туганском месторождении в Томской области концентрат циркона содержит помимо циркония и кремния титан, железо, гафний и радиоактивные примеси, которые усложняют процесс переработки [1].

Данный концентрат подвергается изначальной плазменной активации с образованием диоксида циркония ZrO_2 и диоксида кремния SiO_2 .

Первым этапом является обескремнивание цирконового концентрата, которое осуществляется 30 %-ным раствором бифторида аммония NH_4HF_2 [2]. В результате образуются диоксид циркония ZrO_2 и гексафторосиликат аммония $(NH_4)_2SiF_6$.

Далее проводится процесс промывки в дистиллированной воде с целью растворения остатка гексафторосиликата аммония $(NH_4)_2SiF_6$, который остался в твердом остатке из-за недостатка растворителя.

Дезактивация проводится азотной кислотой HNO_3 которая при нагревании селективно переводит железо, алюминия и радиоактивные примеси в раствор.

Для определения эффективности исследования были проведены рентгено-флуоресцентный анализ и анализ радиоактивности на гамма-спектрометре. По результатам проведенной работы наблюдается снижение концентрации кремния и других примесей, также снижается суммарная активность с 10 336 Бк/кг до 3 289 Бк/кг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Металлургия циркония и гафния / Н.В. Барышников, В.Э. Гегер, Н.Д. Денисова, А.А. Казайн, В.А. Кожемякин и др. – М.: Металлургия, 1979. – 208 с.
2. А. А. Смороков, А. С. Кантаев, Д. В. Брянкин, А. А. Миклашевич. Разработка способа низкотемпературного обескремнивания активированного цирконового концентрата раствором NH_4HF_2 // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2022. – Т. 333. – № 4. – С. 27-36.

*Болдышев Д.В., Зайцев Д.В., Грачев Е.К.,
Илекис В.М., Буйновский А.С.*

ПОЛУЧЕНИЕ ПОРОШКОВ ЛИГАТУРЫ НЕОДИМ-КОБАЛЬТ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: danyaboldysev@gmail.com*

Твердофазное легирование является одной из важнейших составляющих процесса рециклирования магнитных материалов. Проведение легирования это один из самых лучших способов позволяющий значительно увеличить магнитные характеристики или восстановить магнитные свойства. Для того чтобы наилучшим образом повлиять на материал требуется выбрать правильную легирующую добавку, которая будет наиболее эффективным образом улучшать/восстанавливать магнитные характеристики. А для этого нужно подобрать такой легирующий материал, который будет легко изготовить, будет экономически выгоден, а также будет наилучшим образом влиять на характеристики материала.

Для этого научная группа выбрала для изучения два типа добавок, а именно многокомпонентный сплав (La, Ce, Nd, Pr)-Fe-Co, а также сплав NdCo. В процессе исследования было выявлено, что сплав РЗМ-FeCo комплексно влияет на восстановление магнитных характеристик. Сам сплав был получен кальцетермическим восстановлением и имеет особую структуру, но при всех его положительных сторонах содержит Dy и Tb, что значительно увеличивает стоимость легирующего компонента.

Ввиду выше сказанного научной группой было принято решение исследовать NdCo в качестве легирующей добавки из-за его положительных свойств. А именно, содержание Co повышает температуру Кюри, а также увеличивает коррозионную стойкость магнитов за счёт появления в составе граничных фаз интерметаллического соединения. Повышение температуры Кюри даёт возможность использовать данные магниты в более широких температурных диапазонах, а также повышение коррозионной стойкости делает материал менее восприимчивым к поглощению кислорода.

В докладе авторами будет представлено исследование лигатуры NdCo, технологии получения порошков гидридов из выбранной лигатуры и их свойств.

Бутылина А.Н., Дмитриева О.С.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА СВОЙСТВА ОКСИДОВ УРАНА, ПОЛУЧАЕМЫХ В ЛАБОРАТОРНОЙ СВЧ-УСТАНОВКЕ

*Димитровградский инженерно-технологический институт
НИЯУ МИФИ, 433511,
г. Димитровград, Ульяновская обл, ул Куйбышева, д. 294
e-mail: diti@mephi.ru*

После экстракционной очистки уран переводят в конечный продукт – оксиды. Для этого можно использовать два метода: первый – осаждение малорастворимых соединений урана с последующим термическим разложением до оксида [1]; второй – упаривание азотнокислых растворов урана до сиропообразного плава с последующим их термическим до оксида, в том числе и под воздействием микроволнового излучения [2].

Для проведения эксперимента был получен уранил трикарбонат аммония $(\text{NH}_4)_4 [\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3]$ методом осаждения. В качестве исходного раствора был использован формиат уранила и нитрат уранила, а в качестве – осадителя – кристаллический карбонат аммония и водный раствор карбоната аммония. Получение оксидов урана в виде весовой формы U_3O_8 и UO_2 проводили в лабораторной установке СВЧ-конверсии [3]. Для исследования порошков уранил трикарбоната аммония и оксидов урана использовали следующие методы: метод рентгенофазового анализа, сканирующей электронной микроскопии, измерение удельной поверхности и измерение размера частиц. По результатам анализа сделали сравнительные выводы о качестве получаемых порошков.

ЛИТЕРАТУРА

1. *И.Н Бекман. Ядерная индустрия. Спецкурс. Лекция 22. Радиохимическая переработка ОЯТ С. 14.*
2. *Куляко Ю.М., Трофимов Т.И., Пилюшенко К.С., Маликов Д.А., Перевалов С.А., Винокуров С.Е., Савельев Б.В., Мясоедов Б.Ф. Получение порошков оксидов урана денитрацией его азотнокислых растворов с использованием СВЧ излучения // Радиохимия. – 2019. – Т. 61, – №1. – С. 3-6.*
3. *Получение весовой формы урана из его соединений методом микроволнового разложения / М. Г. Дмитриев, О. С. Дмитриева, Д. А. Капралов [и др.] // Научный годовой отчет АО "ГНЦ НИИАР" (отчет об основных исследовательских работах, выполненных в 2021 г.): Сборник статей / Под общей редакцией В.В. Калыгина. – Димитровград: Акционерное общество «Государственный научный центр - Научно-исследовательский институт атомных реакторов», 2022. – С. 136-138. – EDN JUNGVM.*

Вартанов Е.И., Жиганов А.Н.

ЗОЛЬ - ГЕЛЬ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ СНУП – ТОПЛИВА

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: vartanovei@gmail.com*

Одной из главных задач современного этапа развития ядерной энергетики является разработка и создание реакторов, отвечающих принципу «естественной безопасности и самозащищенности»

Выбор топливной композиции для будущих быстрых реакторов определяется уникальным сочетанием в ней теплофизических, служебных и физико-химических свойств. Повышение ресурса работы и выгорания топливных элементов, увеличение теплопроводности и пластичности топлива, уменьшение выхода продуктов деления становятся на один уровень с требованиями технологичности и экономичности топлива. Практическая реализация реакторов на быстрых нейтронах и реакторов малой и средней мощности также приводит к дополнительным требованиям к разрабатываемому ядерному топливу. Необходимо обеспечить увеличение глубины выгорания в 1,5-2 раза по сравнению с достигнутыми уровнями, уверенное удержание продуктов деления внутри ТВЭЛов, надежную работу топлива при достаточно высоких температурах. С этой точки зрения к перспективному топливу можно отнести нитридное топливо.

В данной работе проведены исследования золь-гель метода получения смешанного нитридного уран-плутониевого ядерного топлива. Описаны преимущества и недостатки нитридного топлива по отношению к карбидному и оксидному виду топлива.

Выбор данного метода обусловлен тем, что нитридное топливо имеет и ряд преимуществ перед другими видами топлива, наиболее важными из которых являются высокая плотность и высокая теплопроводность.

В докладе авторами будут представлены технологическая схема золь-гель метода получения СНУП – топлива, а также приведено описание методики получения гель-сфер из уранилнитрата и нитрата плутония.

Васильева О.В., Молоков П.Б.

АНАЛИЗ ВОДЫ НА ТИТРАТОРЕ ФИШЕРА

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: ssti@mephi.ru*

Фторированные газы, такие как трифторид бора, трифторид азота, гексафторид вольфрама и другие, активно используются в микроэлектронной промышленности, при этом в производстве полупроводниковых приборов необходимо применять газы высокой степени чистоты. Одним из самых частых загрязнителей является вода, которая может оказать влияние на развитие коррозионных процессов и на физические свойства используемых газов. Для измерения влажности газа обычно используют следующие методы:

1) психометрический метод, основанный на зависимости интенсивности испарения влаги в окружающую газовую среду от влажности этой среды;

2) метод по определению точки росы, заключающийся в нахождении температуры, при которой водяной пар достигает линии насыщения и остается в равновесии с жидкостью;

3) поглотительный метод, основанный на поглощении гигроскопическим телом влаги из газа и изменении при этом физико-химических свойств этого тела;

4) метод Карла Фишера, построенный на титровании влаги йодом в присутствии диоксида серы. Бывает двух типов: кулонометрическим и волюметрическим. Кулонометрический метод Карла Фишера является селективным по отношению к воде и обеспечивает высокую точность определения влаги в пределах от 0,01 мг до 200 мг.

Авторы работы исследовали возможность модифицирования работы на титраторе модели «ПЭ-9210» для анализа газов. Для этого были проведены опыты по определению влаги в насыщенном водяным паром воздухе пузырьковым методом и определена оценка показателей качества методики анализа с применением метода варьирования навески. Автоматический титратор в СТИ НИЯУ МИФИ ранее для опытов не использовался, поэтому перед их проведением была проведена поверка прибора в соответствии с рекомендациями производителя.

Данное исследование по анализу воды на титраторе Фишера направлено на возможность определения воды в трифториде бора, и полученные результаты будут использованы при разработке методики анализа на содержание влаги в нем.

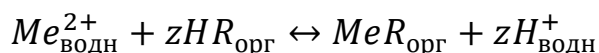
Васильчук И.А., Муслимова А.В.

РАЗДЕЛЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЛЕГКОЙ ПОДГРУППЫ ПРИ ПОМОЩИ РАЗЛИЧНЫХ ЭКСТРАГЕНТОВ

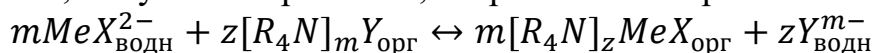
*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: ira.vasilchuk.002@mail.ru*

Стратегические элементы, такие как редкоземельные элементы, играют решающую роль в промышленности, особенно при производстве высокотехнологичных материалов. Крупнейшие мировые отрасли промышленности сильно зависят от редкоземельных материалов. Каждый год появляются инновации в таких отраслях, как современные технологии, зеленая энергетика или коммуникационные технологии, которым требуется больше стратегических металлов.

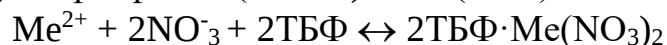
Для извлечения металлов из водной в органическую фазу могут быть использованы следующие виды экстракции: катионообменная, анионообменная и экстракция нейтральными реагентами. Распространенными катионообменными экстрагентами являются кислоты жирного ряда типа RCOOH (например, карбоновые кислоты) с числом углеродных атомов в радикале R от семи до девяти (C₇ - C₉) и нафтеновые кислоты.



Анионообменные экстрагенты относятся к классу аминов, которые являются производными аммиака NH₃. В зависимости от числа водородных атомов, замещенных в аммиаке углеводородными радикалами, получают первичные, вторичные или третичные амины.



Примером экстракции нейтральным реагентом может служить экстракция трибутилфосфатом (C₄H₉O)₃P=O (ТБФ).



Более подробно тема будет раскрыта в докладе. Будет рассмотрена тема процесса экстракции РЗМ легкой группы с помощью различных экстрагентов.

Гоман А.С., Макасеев Ю.Н., Житков С.А.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ДИОКСИДА ТИТАНА

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: anpaanrina10@gmail.com*

В РФ производится недостаточное количество пигментного диоксида титана, поэтому существует необходимость в импортировании недостающего количества пигментного диоксида титана.

Одним из источников диоксида титана является ильменит, по разведанным запасам которого страны СНГ занимают первое место в мире, причем большая часть (60 %) сосредоточена в России.

Диоксид титана можно получать из ильменита сернокислотным, хлоридным и фторидным методами. Последний находится в стадии разработки и освоения, в то время как сернокислотный метод используется в Крыму, но его недостатком является большое количество жидких токсичных отходов.

Преимущество фторидного метода переработки ильменита заключается в использовании оборотного бифторида аммония, что позволяет максимально снизить количество отходов и себестоимость производства.

В нашей работе представлены результаты исследований зависимостей: pH водной суспензии диоксида титана и относительной потери массы от температуры термообработки; насыпной плотности и масляного числа от фракционного состава. Приведены результаты микроскопических исследований порошка диоксида титана.

*Грачева Д.К., Грачев Е.К., Муслимова А.В.,
Илекис В.М., Кикенина И.К., Якубова М.И.*

ИССЛЕДОВАНИЕ СМЕШАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ШЛИФ-ОТХОДОВ МАГНИТНЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ РЗМ-Fe-B

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: ptiza24@yandex.ru*

При производстве магнитов, из-за несовершенства технологии обработки поверхности, а также не полным «выходом в годное», до 40% магнитного материала теряется с отходами, наибольшую часть из которых составляют шлифовальные отходы. В настоящее время шлиф-отходы и другие виды вторичных магнитных отходов практически не перерабатываются. С учетом возрастания роли сильных магнитов в различных областях их потребления, количество шлиф-отходов также будет увеличиваться. Поэтому внедрение простой и наиболее рентабельной технологий переработки шлиф-отходов магнитного производства позволит в дальнейшем решить проблему утилизации, сократить затраты на приобретение сырья и вернуть в производство значительное количество дорогостоящего импортного сырья, тем самым осуществить производство магнитов с большей ресурсоэффективностью.

Отсутствие в настоящее время в России производственных мощностей по производству неодима в сочетании с бурным ростом применения неодим-содержащих изделий делают поиск способов переработки отходов магнитного производства с целью возврата неодима в производство особенно актуальной задачей.

Научной группой была предложена смешанная последовательность технологических операций переработки шлиф-отходов, базирующаяся на совмещении процессов из методов «порошковой металлургии» и «гидрометаллургической» переработки магнитных материалов. По запатентованной авторами технологии проводилось измельчение шлиф-отходов, с последующим разделением элементов методами осаждения и предварительного растворения. Для сокращения количества технологических процессов, наибольшее внимание было приковано к улучшению характеристик процесса растворения измельченных шлиф-отходов магнитов.

В докладе авторами будут представлены более подробные результаты проведенного исследования.

Железнов В.Е., Жиганов А.Н., Софронов В.Л.

ЭКСТРАКЦИОННАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТРАБОТАННОГО СНУП ТОПЛИВА

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: Viktor.Zheleznoff@yandex.ru*

В мире постоянно растёт количество отработанного (облученного) ядерного топлива (ОЯТ) и основная задача радиохимической технологии заключается в переработке ОЯТ, т.е. их регенерация. Радиохимическая переработка ОЯТ – одна из важнейших стадий замкнутого ядерного топливного цикла, целью которой является выделение U и Pu с очисткой их от радиоактивных продуктов деления.

Переработка ОЯТ топлива на основе смешанных нитридов урана и плутония (СНУПТ) включает следующие основные стадии:

- механическую фрагментацию (рубку) ТВС и ТВЭЛов с целью вскрытия топливного материала;
- окисление воздухом и растворение в азотной кислоте;
- очистку растворов от балластных примесей;
- экстракционное выделение и очистку урана, плутония и других товарных нуклидов;
- выделение диоксида плутония, диоксида нептуния, октаоксида триурана;
- переработку растворов, содержащих другие радионуклиды, и их выделение.

Основной стадией технологии регенерации ОЯТ является выделение U и Pu, их разделение и очистка от продуктов деления, которая осуществляется экстракцией трибутилфосфатом. На основе этого процесса был разработан метод, получивший название PUREX process (извлечение плутония и урана методом экстракции, PUREX). На данный момент PUREX процесс является основным в промышленной переработке отработавшего ядерного топлива. Он осуществляется на многоступенчатых экстракционных аппаратах различных конструкций непрерывного действия.

В работе будут изложены функциональные основы экстракции СНУП топлива, представлены принципиальная и аппаратурно-технологическая схемы процессов, а также физико-химические основы процесса переработки ОЯТ СНУПТ.

Зайцев Д.В., Болдышев Д.В., Грачев Е.К., Илекис В.М.

КЛЮЧЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ МАГНИТОВ РЗМ-Fe-B МЕТОДОМ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: sumpron@yandex.ru*

В настоящее время магниты на основе сплава системы РЗМ-Fe-B широко применяются в производстве компьютеров, телефонов, аудиотехники, медицинских устройств; в электродвигателях электромобилей и гибридных автомобилей; в генераторах ветряных турбин [1]. Таким образом, магниты на основе РЗМ-Fe-B остаются востребованными в силу своих уникальных свойств и широких областей применения, что обеспечивает им высокую актуальность в современном мире.

Ввиду этого для магнитной промышленности появляется потребность в отлаженной технологии рециклирования отработавших магнитных сплавов на основе РЗМ-Fe-B. Перспективным решением данной задачи является метод «магнит-к-магниту», основанный на процессах порошковой металлургии.

Для достижения высоких магнитных характеристик следует учитывать ряд ключевых особенностей технологических процессов получения магнитов системы РЗМ-Fe-B и их рециклирования методом порошковой металлургии.

Так, например, все стадии технологического процесса необходимо проводить с использованием специфического оборудования, выбор которого определяется необходимостью защиты материалов от контакта с кислородом воздуха, поскольку взаимодействие магнитных сплавов с ним приводит к появлению фазы Nd_2O_3 , что значительно ухудшает магнитные характеристики спеченных магнитов [2].

В докладе авторами будут рассмотрены особенности проведения технологических процессов порошковой металлургии, а также представлены нововведения в применяемых технологических процессах рециклирования методом «магнит-к-магниту».

ЛИТЕРАТУРА

1. Du X., Graedel T.E. Global Rare Earth In-Use Stocks in NdFeB Permanent Magnets // Journal of Industrial Ecology. – 2011. – Vol. 15, iss. 6. – P. 836-843.
2. Matsuura M., Goto R., Tezuka N., Sugimoto S. Influence of Nd Oxide Phase on the Coercivity of Nd-Fe-B // Materials Transactions. – 2010. – Vol. 51, N 10. – P. 1901-1904.

Илекис В.М., Ушаков А.О., Грачева Д.К., Молоков П.Б., Якубова М.И.

КОНТРОЛЬ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА БОРА ВТРИФТОРИДЕ БОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИК-СПЕКТРОМЕТРИИ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: ilekis111@gmail.com*

Природный бор состоит из двух стабильных изотопов – ^{10}B (19%) и ^{11}B (81%), которые широко используются в таких отраслях как: атомная энергетика, научные исследования, полупроводниковая промышленность, медицина.

За счет высокого сечения захвата тепловых нейтронов, 3837 барн, изотоп ^{10}B (бор-10) нашел широкое применение в атомной энергетике.

Изотоп ^{11}B (бор-11), за счет малого сечения захвата тепловых нейтронов, 5,5 мбарн, используется как нейтронно-прозрачный материал в электронике.

Известен ряд способов обогащения изотопов бора с использованием различных физико-химических методов: газоцентрифужное, обменная дистилляция, криогенная ректификация. Во всех перечисленных методах в качестве рабочего вещества используется трифторид бора.

Наиболее распространенным методом получения трифторида бора являются реакции соединений бора с фторсодержащими реагентами, например, взаимодействие оксида бора с безводным фтороводородом.

В зависимости от качества исходных реагентов, а также от процесса получения, газ может быть загрязнен различными примесями, например, O_2 , N_2 , CO_2 , Ar и др. В качестве основных методов анализа для изучения чистоты газов используются методы газовой хроматографии и ИК-спектроскопии.

Газовая ИК-спектроскопия может быть легко встроена в технологический процесс. Помимо этого, из-за разных интенсивности и колебательно-вращательного взаимодействия атомов друг с другом, ИК-спектроскопическим методом можно определять изотопы.

В докладе будут рассмотрены ИК-спектры поглощения различных примесных газов и трифторида бора, проведено моделирование спектра трифторида бора с различным изотопным соотношением и представлен алгоритм математической обработки спектральных данных для построения градуировочного графика.

Калинина А.И.

УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДИОКСИДА УРАНА ЯДЕРНОЙ ЧИСТОТЫ ИЗ ПОЛИУРАНАТОВ АММОНИЯ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: doctotwho02@icloud.com*

В данной работе был рассмотрен процесс получения диоксида урана из полиуранатов аммония. Цель работы – изучение процесса производства оксидного ядерного топлива, а также составление и улучшение технологической схемы.

В настоящее время способ получения из полиураната аммония является одним из ключевых в мире для получения оксидов урана, в том числе и для получения диоксида. Последний является промежуточным сырьём в технологиях изготовления различных видов ядерного топлива. Характеристика основных оксидов урана (UO_2 , UO_3 , U_3O_8) описана в докладе.

В работе приводятся характеристики основных видов топлив. Путём сравнения их достоинств и недостатков, для изучения было выбрано оксидное топливо.

В результате описания методов получения оксидов урана ядерной чистоты из различных соединений урана, был выбран АДУ-процесс – наиболее перспективный метод, который включает в себя два основных этапа. Первый этап – получение полиураната аммония, в котором происходит его осаждение из нитратных растворов. Второй этап – образование оксида урана, путём термического разложения. На последней стадии происходит восстановление высших оксидов урана до получения диоксида.

На основании полученного задания и литературных данных, была предложена технологическая схема для получения диоксида урана из полиураната аммония.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.Н. Жиганов, В.В. Гузеев, Г.Г. Андреев. Технология диоксида урана для керамического ядерного топлива. – 2002. – с.61-89.
2. Власов В.Г., Жуковский В.М. Кислородные соединения урана. М.: Атомиздат, 1972.

*Кикенина И.К., Грачева Д.К., Грачев Е.К.,
Муслимова А.В., Илекис В.М., Якубова М.И.*

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ПРОЦЕССА ХИМИЧЕСКОГО ТРАВЛЕНИЯ НА СВОЙСТВА ПОЛУЧАЕМЫХ ПОРОШКОВ ВТОРИЧНЫХ МАГНИТНЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ РЗМ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: irinakikenina@gmail.com*

В связи с ростом спроса на редкоземельные металлы, возникает необходимость рециклирования отработавших магнитных сплавов системы R-Fe-B, с возвратом ценных компонентов сплава. Важную роль в получении качественных магнитов из вторичного сырья играют процессы поверхностной очистки, к которым относится химическое травление. С его помощью поверхность вторичных магнитов очищают от окалины, масел, следов коррозии и окислов, которые препятствуют дальнейшей переработке и снижают магнитные свойства изготовленного из вторичного сырья магнита.

В ходе процесса химического травления вторичных магнитных сплавов происходит образование трещин и пор на поверхности сплава. Такое явление объясняется выщелачивающим действием кислоты на редкоземельные металлы, находящиеся в металлической фазе на поверхности. Это благоприятно влияет на свойства получаемых порошков из данных материалов.

Удаление защитного гальванического покрытия пескоструйной обработкой при рециклировании, влечет за собой коагуляцию шлаковой дроби на поверхности сплава. При правильно подобранных параметрах процесса химического травления можно удалить шлаковую дробь с поверхности материала вместе с окислами и железной окалиной, без значительной потери основных компонентов. Химическое травление магнитных сплавов проводят с применением различных разбавленных кислот, с последующим промыванием материала в ацетоне или гексане. В зависимости от цели переработки материала, возможно, многоразовое использование травильного раствора, с последующим выделением редкоземельных металлов, например, методами химического осаждения.

В данном докладе авторами будут рассмотрены основные положения влияния режимов процесса химического травления отработавших магнитных сплавов системы R-Fe-B в различных условиях и его влияние на свойства получаемых порошков этих сплавов.

Клюжев П.А., Степанов К.И., Макасеев Ю.Н.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ШЛИКЕРНОГО ЛИТЬЯ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: klyuzhev.pasha@mail.ru*

В данной работе необходимо было отлить форму составной части анода для дальнейшего получения фтора с помощью шликерного литья.

На сегодняшний момент технология шликерного литья представляет собой эффективный метод формирования сложных форм анодов для среднетемпературных электролизеров, применяемых в процессе производства фтора. Проблема, связанная с ограниченной прочностью и высокой пористостью коксовых анодов, решается с использованием порошка кокса, связывающегося парафином и подвергающегося последующей термообработке и термоградиентному газофазному уплотнению пироуглеродом. Этот инновационный подход не только повышает механическую прочность анодов, но и снижает пористость, благодаря чему улучшаются эксплуатационные характеристики среднетемпературных электролизеров для производства фтора. Исследование воздействия различных факторов на свойства анодных материалов, полученных этим способом, ставит перед собой задачу оптимизации и дальнейшего совершенствования данной технологии.

Такой подход к производству анодов через шликерное литье с последующим термоградиентным газофазным уплотнением предоставляет возможность более эффективного управления структурными и функциональными характеристиками материала. Использование парафина в качестве связующего в порошке кокса при шликерном литье предоставляет высокую гибкость в формировании сложных анодных конфигураций, обеспечивая точность и повторяемость процесса литья.

Цель проводимого исследования заключается в анализе воздействия различных параметров на прочность и долговечность анодных материалов, полученных указанным методом. Отслеживание влияния факторов, таких как концентрация парафина, температурные режимы термообработки и особенности термоградиентного газофазного уплотнения, позволяет оптимизировать процесс и достигнуть более высоких стандартов в области производства анодов для среднетемпературных электролизеров, используемых в процессах получения фтора.

Косинова А.В., Бурков К.А., Муслимова А.В.

ВЫБОР СПОСОБА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КИСЛОТНОСТИ ВОДНОЙ И ОРГАНИЧЕСКОЙ ФАЗ ПОСЛЕ ЭКСТРАКЦИИ ТРИБУТИЛФОСФАТОМ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: arina.kosinova01@mail.ru*

Выбор способа определения кислотности водной и органической фаз после экстракции ТБФ зависит от требований к точности и диапазону измерений, а также от условий проведения эксперимента.

Существует 3 основных подхода к определению кислотности: потенциометрическое титрование, индикаторные полоски и индикаторное титрование.

Метод потенциометрического титрования основан на резком изменении потенциала индикаторного электрода в точке эквивалентности в процессе титрования. Для определения кислотности используют рН-метр, который позволяет измерить концентрацию ионов водорода в растворе с высокой точностью. Метод используется для определения кислотности водной фазы.

Индикаторные полоски являются более простым и быстрым способом определения рН. Они служат для моментального скрининга образцов и подходят для определения кислотности водной фазы.

Индикаторное титрование является еще одним методом определения кислотности, который основан на добавлении титранта с точно установленной концентрацией к образцу и измерении объема, необходимого для достижения рН, соответствующего переходу цвета используемого индикатора. Данный метод можно использовать для определения кислотности как водной, так и органической фазы.

Таким образом, выбор способа определения кислотности зависит от конкретных задач, условий эксперимента и нахождения компромисса между точностью и продолжительностью анализа, а также опыта исследователя.

В докладе будут представлены результаты проведенных экспериментов и предложены рекомендации по выбору способа определения кислотности водной и органической фаз после экстракции ТБФ.

Кошельская А.С., Ткачук С.А., Макасеев Ю.Н., Муслимова А.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КОКСОВЫХ МАТЕРИАЛОВ РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ФТОРА

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: bvp8ee6k@gmail.com*

Фтор является одним из важнейших веществ в современной ядерной технологии, с его помощью получают гексафторид урана. В производственных условиях фтор получают среднетемпературным электролизом расплава трифторида калия. При этом в качестве анодов используют угольные (коксовые) пластины. От качества этих пластин существенно зависит производительность и время работы фторных электролизеров.

Существенным недостатком используемых в производстве фтора угольных анодов является их склонность к поляризации, анодному эффекту, когда происходит резкий рост напряжения на электролизере (до 50-60 В) и одновременное уменьшение силы тока. В настоящее время, как и ранее, весьма актуальным является поиск новых материалов, пригодных для изготовления анодов, имеющих ресурс работы до 15-20 тыс. часов и более.

Целью работы является исследование технических характеристик новых анодных материалов, разрабатываемых в настоящее время нами и рядом различных предприятий.

В данной работе будут рассмотрены такие материалы как: коксовая обожжённая пластина, производитель – ООО «Донкарб Графит», г. Челябинск; композитный анод, производитель – ООО «Научно-технологический центр углеродных и композиционных материалов» (ООО «НТЦ УКМ»), г. Челябинск; полуграфитовый кокс, покрытый стеклоуглеродом, изготовитель – ООО «Научно-технологический центр углеродных и композиционных материалов» (ООО «НТЦ УКМ»), г. Челябинск; коксовая пластина с синтетическим связующим, изготовитель – ООО «Научно-технологический центр углеродных и композиционных материалов» (ООО «НТЦ УКМ»), г. Челябинск.

Исследования этих материалов были проведены различными физико-химическими и физико-механическими методами, в том числе определение зольности и примесного состава, термогравиметрический и рентгенофазный анализ образцов.

Кулигина Е.В., Богданова С.А.

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ПРИМЕСЕЙ В ФТОРСОДЕРЖАЩИХ ГАЗАХ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: elizavetakuligina671@gmail.ru*

Фторсодержащие газы используются при производстве полупроводников материалов и в микроэлектронике. Из неорганических газов наиболее востребованными в микроэлектронной промышленности РФ являются: трифторид азота (NF_3), гексафторид вольфрама (WF_6) и трифторид бора (BF_3). Основным требованием для применения этих газов является высокая чистота продукта.

Трифторид азота – токсичный газ, не имеет запаха и цвета, является окислителем и поддерживает горение. Технические характеристики: качество 99,98 %. Содержит примеси: (CO_2), (CO), (CF_4), (N_2), закись азота (N_2O), (Ar), (O_2), (SF_6), гидролизуемые фториды и HF . Согласно требованиям, принятым международным газовым комитетом в виде SEMI – стандарта, максимально допустимое количество примесей не должно превышать 162 ppm.

Гексафторид вольфрама - бесцветный газ без запаха или прозрачная жидкость. Технические характеристики: качество 99,996%. Содержит примеси: O_2 и Ar , N_2 , CO_2 , CF_4 , HF , SiF_4 , SF_6 , CO . Так же в WF_6 должно контролироваться содержание металлов: Al , Ca , Co , Cr , Cu , Fe , K , Mg , Mn , Mo , Na , Ni , Pb , Th , U , Zn . Максимально допустимое количество примесей не должно превышать 31 ppm.

Трифторид бора - бесцветный газ, испаряется во влажном воздухе и имеет резкий запах, трудно воспламеняется и не поддерживает горение. Технические характеристики: качество 99,0 %. Содержит примеси: газы, нерастворимые в воде, SiF_4 , (SO_2), (SO_4^{2-}). Максимально допустимое количество примесей – не более 229 ppm.

Цель данной работы - литературный обзор методов анализа рассматриваемых примесей и выбор наиболее эффективного. Согласно SEMI-стандарта, для анализа газовых примесей следует использовать газовую хроматографию, а для анализа металлических примесей, по литературным данным [1], масс-спектрометрию.

ЛИТЕРАТУРА

1 Богданова С. А., Илекис В.М., Чубенко Я.Б., Молоков П.Б., Муслимова А.В., Ушаков А.О. Аналитический контроль фторсодержащих газов/ Междунар.науч.-практ. журнал «Наука и образование в современном мире: Вызовы XXI века». Серия «Химические науки» – г. Астана. – 2023 – С.31-36.

Лебединкина М.Е., Зеличенко Е.А., Чубенко Я.Б.

РАСТВОРЕНИЕ МЕДЬ-ЗАМЕЩЕННОГО ГИДРОКСИАПАТИТА В МОДЕЛЬНОМ РАСТВОРЕ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: lebedkiname@gmail.com*

В медицине имплантаты покрывают специальным покрытием, с целью быстрого заживления полученной в результате операции раны, для минимальной вероятности отторжения самого протеза, а также для улучшения сцепления с костной тканью. Поэтому данное покрытие должно обладать остеоинтеграцией, за счет схожего фазово-структурного состава, быть нетоксичным, иметь хорошую скорость биodeградации, вдобавок обладать антибактериальными свойствами.

Таким материалом может выступить гидроксиапатит, так как он является одним из главных компонентов костной ткани человека. Чтобы усилить антибактериальные свойства классического гидроксиапатита (ГА) и повысить скорость биodeградации было решено внедрить в его кристаллическую решетку ион меди, обладающий высокой бактерицидной активностью.

Медь, в свою очередь, сама по себе важна в организме человека. Она отвечает за поддержание нормальной структуры костей и хрящей, что важно при протезировании.

Очень важной характеристикой является скорость биodeградации материала, помещенного в организм. Так как различные травмы требуют разной скорости заживления.

Цель экспериментальной работы: провести растворение медь-замещенного гидроксиапатита в модельном растворе, с целью выявления скорости растворения Cu-ГА и сравнить ее со скоростью растворения классического ГА. В качестве модельного раствора был взят физраствор (0,9% NaCl).

Скорость растворения исследовали титриметрическим методом, по изменению концентрации ионов кальция, по скорости высвобождения ионов кальция из Cu-ГА и классического в течение 21 дня (1, 5, 7, 14, 21).

Результаты исследований показали, что Cu-ГА растворяется намного быстрее чем классический ГА. Следовательно, возможно регулировать скорость биodeградации, путем внедрения ионов меди.

Мальцева А.С., Циплакова А.А., Гузеева Т.И.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕРЕБРА В СИНТЕТИЧЕСКОМ ГИДРОКСИАППАТИТЕ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: albina.maltseva@mail.ru*

Использование гидроксиапатита в составе ранозаживляющих гелей и мазей, а также в составе костнозамещающих цементов диктует необходимость введения в их состав антисептика, обладающего широким спектром действия. Известно, что растворы серебра обладают широким спектром антимикробного и антибактериального действия, низкой аллергенностью, отсутствием резистивности микробов и вирусов [1], что делает вопрос получения композитов на основе гидроксиапатита с коллоидным серебром и растворами серебра чрезвычайно актуальным.

Для получения вышеуказанных материалов были проведены две серии экспериментов. Для серий экспериментов был взят синтетический гидроксиапатит. В первой серии к синтетическому гидроксиапатиту приливали концентрированное коллоидное серебро с дальнейшим его разбавлением [2]. Полученные растворы перевели в состояние порошка, для этого их выдерживали час в сушильном шкафу при температуре 95°C.

Во второй серии к синтетическому гидроксиапатиту приливали смесь растворов, состоящую из нитрата серебра, гидроксида натрия и гидроксида аммония, далее к полученному раствору добавили глюкозу. Данные растворы прокипятили до полного растворения осадка и далее прокаливали в течении часа в сушильном шкафу при температуре 95°C.

Полученные в ходе эксперимента образцы исследовали микроскопическим методом на оптическом микроскопе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петрицкая Е.Н, Рогаткин Д.А., Русанова Е.В. Сравнительная характеристика антибактериального действия препаратов серебра и наносеребра *in vitro*. // Альманах клинической медицины. – 2016. – 2. – 44(2) – 221–226.
2. Патент 2578601, МПК 6 H02 K 33/02 Российская Федерация. Способ получения серебряного катализатора на пористом носителе / Е.И. Кагакин, П.В. Лапсина, Д.Г. Додонов, В.И. Кашеварова. – № 2015106201/04; заявл. 24.02.2015; опубл. 27.03.2016, Бюл. № 9. – 4 с.

Мехряков И.К., Софронов В.Л.

REMIX-ТОПЛИВО И ОСНОВНЫЕ ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: mehryakov2000@mail.ru*

Замыкание ядерного топливного цикла позволит атомной энергетике стать экологически приемлемой и конкурентоспособной по отношению к другим способам производства электроэнергии.

Одним из способов замыкания ядерного топливного цикла является переработка всего урана и плутония ОЯТ без их разделения, т.е. использование регенерированной смеси топлива, так называемого REMIX-топлива.

Примерно 1% отработанного топлива составляет плутоний, и около 2/3 этого плутония является делящимся (примерно 50% ^{239}Pu , 15% ^{241}Pu). Во всем мире около 70 тонн плутония, содержащегося в ОЯТ, ежегодно удаляются при загрузке реакторов новым топливом.

REMIX-топливо производится из смеси отработавшего урана и плутония без их разделения, а также обогащенного природного урана с содержанием ^{235}U около 16-17%. Это дает топливо с содержанием примерно 1% ^{239}Pu и 4% ^{235}U , которое имеет выгорание до 50 ГВт/т в течение четырех лет. Отработанное REMIX-топливо через четыре года будет состоять из около 2% ^{239}Pu и 1% ^{235}U , а после «охлаждения» уран и плутоний повторно перерабатываются с добавлением низкообогащенного урана. Отходы ОЯТ остекловывают и складируются для геологического захоронения [1].

Использование РЕМИКС-топлива по сравнению с открытым топливным циклом снижает расход природного урана в ВВЭР примерно на 20% при рециркуляции. REMIX-топливо может служить заменой существующему реакторному топливу, но в отличие от МОХ-топлива и топлива из UO_2 стоимость его изготовления более высокая из-за более высоких уровней активности. Тепловыделяющая сборка REMIX-топлива ВВЭР-1000 будет содержать только 86 кг свежего обогащенного урана вместо 433 кг для топлива из UO_2 .

В связи с исчерпанием запасов природного урана актуальность применения замкнутого ядерного топливного цикла возрастает.

Молчанова А.В., Анкипович Е.И., Ожерельев О.А.

ПРИМЕНЕНИЕ ТИТАНА ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ОТРАСЛЕЙ И ТЕХНОЛОГИЙ РОССИИ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: ankipovichekaterina@mail.ru*

К 2026 году в России ожидается рост потребления титана и его диоксида в химической промышленности на 100%, в судостроении — на 70%, в атомной энергетике — на 50% и т.д. Обзор и анализ производственного потенциала титановой промышленности в России, выполненный в рамках настоящей работы, подтверждает актуальность дальнейших исследований по поиску путей модернизации технологии и повышения экономической эффективности производства.

Титан и сплавы на его основе нашли широкое применение в различных областях промышленности благодаря таким характеристикам как: прочность, легкость и высокая коррозионная стойкость. Кроме того, металл обладает низким коэффициентом теплового расширения, что позволяет работать с ним в широком диапазоне температур. Рынок титана делится на две основные части — это производство диоксида титана и металлического титана.

Титан в качестве металла в большей степени используется в авиационной, ракетной и кораблестроительной отраслях. Из него изготавливаются конструкционные материалы, химические реакторы, трубопроводы, изделия, работающие в агрессивных средах и при высоких температурах. Титан широко применяется при производстве различного оборудования, включая ядерные энергоустановки, позволяя значительно увеличить длительность их эксплуатации [1].

Основное сырье для получения титана — это титаномagnetитовые руды, крупнейшими запасами которых на территории России обладает Туганский ГОК «Ильменит» [2]. В докладе рассматривается возможность использования ильменитового или рутилового концентрата для открытия дополнительных импортозамещающих производств, использующих в технологическом цикле продукцию комбината.

ЛИТЕРАТУРА

1. ПАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА»: [Электронный ресурс]. URL: <https://vsmpro.ru/>. (Дата обращения 18.11.2023).
2. АО «ТГОК» ИЛЬМЕНИТ»: [Электронный ресурс]. URL: <https://ilmenite.ru>. (Дата обращения 20.11.2023).

Огнева А.А., Молоков П.Б.

ПРОИЗВОДСТВО ТРИФТОРИДА БОРА

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: angelina.ogneva@mail.ru*

Трифторид бора применяется в микроэлектронике, производстве интегральных схем, также задействован в нефтепереработке и научно-исследовательских целях. Являясь катализатором органического синтеза, реагент используется в полимеризации эфиров, ненасыщенных углеводородов, некоторых газов.

Проведя патентный анализ способов синтеза BF_3 , рассмотрено несколько технологий получения трифторида бора в промышленности. Многие методы невыгодны, трудоемкость и стоимость этих процессов не всегда экономически оправданы. Среди них была выделена одна технология, обладающая рядом преимуществ относительно других: процесс получения трифторида бора из тетрафторбората натрия с оксидом бора и серной кислотой является эффективным и позволяет получать высокочистый продукт, что важно для его применения; способ экономически выгоден, так как требует доступные и дешевые исходные материалы; метод применим в различных условиях и масштабах производства; кроме того, он обладает низкими рисками для здоровья и окружающей среды, что делает его более предпочтительным с точки зрения экологии.

В ходе исследования методов получения, также учитывалась стадия очистки, благодаря которой можно получить выход конечного продукта более 90%. Конечная технология включает в себя: синтез в реакторе смешения, куда загружают тетрафторборат натрия, оксид бора и концентрированную серную кислоту. Реакционную смесь нагревают до начала выделения газов, затем газ проходит через холодильник, абсорбционную трубку с оксидом бора и конденсируется при -183° в газовой ловушке. После этого, газ подвергают контакту с CaF_2 при $100-250^\circ$ с образованием фторборатного комплекса. После насыщения сорбента производят десорбцию BF_3 при $350-500^\circ$. Регенерированный CaF_2 используют в повторных циклах извлечения BF_3 .

Павлюк К.В., Софронов В.Л., Житков С.А., Макасеев Ю.Н.

ПОЛУЧЕНИЕ ХЛОРИДА ЛИТИЯ СУХИМ МЕТОДОМ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: kostya_pavlyuk_2000@mail.ru*

На данный момент литий используется во многих спектрах жизни человека, от производства фейерверков, химических реактивов, смазочных материалов и до аккумуляторов телефонов, которые почти у каждого в кармане, литий будет актуален ещё долгое время, а с каждым годом потребность в нём только растёт.

В настоящее время промышленным методом получения металлического лития является электролиз соли хлорида лития в расплаве солей $\text{LiCl} - \text{KCl}$, но для процесса электролиза требуется очень тщательно сушить соль хлорида лития, которая из-за своей гигроскопичности очень быстро снова поглощает воду из воздуха окружающей среды. Чтобы получить соль хлорида лития из карбоната лития его обрабатывают водным раствором соляной кислоты, после чего очищенный от примесей раствор хлорида лития упаривают, сушат и прокаливают в печи.

Представляет практический интерес «сухой» метод получения безводного хлорида лития путем хлорирования карбоната лития квалификации «хч». В качестве хлорирующего агента в лабораторном варианте исследований предлагается использовать тетрахлорметан. Тепловой эффект реакции составил $\Delta H = -248,77$ кДж/моль [1]. А энергия Гиббса для реакции составила $\Delta G = -3385,79$ кДж/моль [1] что говорит о её самопроизвольном протекании.

«Сухой» метод получения хлорида лития для промышленного производства является альтернативным вариантом «мокрому».

Так, например, известен промышленный метод производства безводного хлорида магния [2], в котором через распылённый оксид магния пропускают осушённый газ хлороводород с удалением газообразного продукта реакции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Равдель А.А, Понаморёва А.М. – «Краткий справочник физико-химических величин» – Санкт-Петербург «Иван Федеров» 2002.
2. Вусихис А.С, Леонтьев Л.И, Ситдилов Ф.Г – Патент RU2363657C2 «Способ безводного получения хлорида магния» 2009.

Петрова А.В., Богданова С.А.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХЛОРОВОДОРОДА В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ И ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: petrovagell12@gmail.com*

Хлористый водород (HCl) относится к веществам 2 класса опасности с рефлекторно-резорбтивным лимитирующим показателем вредности. В воздухе находится в виде пара. Оказывает остронаправленное действие – сильное раздражающее воздействие на слизистые человека, обладает канцерогенными свойствами. В производственных помещениях, связанных с производством или использованием HCl, требуется автоматический контроль содержания его в воздухе. Предельно допустимые концентрации хлористого водорода в воздухе рабочей зоны установлено ПДК_{Мр} = 5 мг/м³.

В настоящее время существуют различные методы определения HCl в атмосферном воздухе и воздухе рабочей зоны: титриметрические (аргентометрия, йодометрия и др.), фотометрические, электрохимические (ионметрия).

Цель исследования – анализ методов и выбор наиболее оптимального для определения хлороводорода в воздухе рабочей зоны и в атмосферном воздухе.

В результате изучения теоретического материала установлено, что наиболее перспективным методом является потенциометрия с ионселективными электродами (ИСЭ). Метод отличается простотой, экспрессностью, позволяет использовать недорогие аналитические средства и соответствующие методики определения микроконцентраций веществ в различных объектах (вода, воздух, почва, биологические объекты).

ЛИТЕРАТУРА

- 1 РД 52.04.186-89 Руководство по контролю загрязнения атмосферы.
- 2 Основы аналитической химии. В 2 кн. /под ред. Ю. А. Золотова. М.: Высш. шк., 2000.

Петрунина А.А., Чубенко Я.Б., Зеличенко Е.А., Гузеев В.В.

ОБЗОР РАСТВОРИТЕЛЕЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИОНООБМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: alinapetrulina2002@gmail.com*

В настоящее время актуальным является получение ионообменных материалов для многих отраслей промышленности: химической, пищевой, для очистки промышленных сточных вод, в медицине и т.д. Существенным недостатком этих материалов является их стоимость, конструктивная сложность аппаратов и зависимость от зарубежных поставок сырья. Поэтому предлагается работа, исследующая возможность получения ионообменного материала на основе более доступного, возобновляемого сырьевого ресурса – например, целлюлозы.

Целлюлоза – природный полимер, элементарное звено которого включает три гидроксильные группы. Путем избирательного окисления гидроксильных групп целлюлоза может приобретать новые функциональные группы, приобретая свойства слабокислотного катионита. В работе рассмотрены публикации, в том числе зарубежные, по растворению целлюлозы. Определены требуемые свойства к применяющимся в настоящее время ионообменным материалам в соответствии с ГОСТ 20298-2022. Определены перспективные растворители для дальнейшей работы по получению ионообменных материалов на основе целлюлозы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Березин А.С., Тужиков О.И.* Механизмы растворения целлюлозы в прямых водных растворителях (обзор) // Известия ВолГТУ, 2010. – №2. – С. 5-23.
2. *Mohammad G., Tsianou M., Alexandridis P.* Fundamental Understanding of Cellulose Dissolution Can Improve the Efficiency of Biomass Processing // Agri Res & Tech: Open Access J. – 2018. – Vol. 16. – I. 2. – P. 1-5.
3. *Heinze T., Koschella A.* Solvents applied in the field of cellulose chemistry: A mini review // Polimeros-ciencia E Tecnologia – Polimeros, 2005. - №15. – P. 84-90.

Радько С. В., Агеева Л.Д., Шнайдер Н.А.

ИЗУЧЕНИЕ И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ УПОРНЫХ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: ms.laniyar@mail.ru*

Золото как ресурс представляет интерес не только для развития экономики страны и ювелирной промышленности, но и активно используется в некоторых отраслях медицины, техники и электроники. Однако на этапе переработки сырья золотодобыча сталкивается с определенными трудностями, требующими поиска наиболее эффективных технологических решений.

В настоящее время запасы богатого легкообогатимого золота практически исчерпаны. Большая часть рудной базы России состоит из упорных руд, в которых золото находится в тонковкрапленном состоянии в сульфидных минералах, представленных преимущественно пиритом и арсенопиритом и содержащих минералы сурьмы, меди, мышьяка и углистое вещество, что делает невозможным использование традиционного метода его извлечения цианированием. В связи с этим появляется необходимость проводить предварительную подготовку сырья, облегчающую дальнейший процесс извлечения драгоценного металла.

В мировой практике изучаются и исследуются несколько технологий, позволяющих перерабатывать упорные золотосодержащие руды: автоклавное и бактериальное окисление, ультратонкое измельчение, окислительный обжиг; обработка мощными электромагнитными импульсами, ускоренными электронами, ультразвуком.

Данная работа посвящена теоретическому изучению методов переработки золотосодержащих упорных руд и концентратов, а также рассмотрению их особенностей и сравнению преимуществ и недостатков каждого из методов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барченков В.В. Основные технологические процессы переработки золотосодержащих руд / В. В. Барченков; ЗАО "ИИС - Минералз". - Санкт-Петербург: Интермедия, 2013. – 469 с.
2. Седельникова Г. В., Романчук А. И. Эффективные технологии извлечения золота из руд и концентратов // Г.В. Седельникова, А.И. Романчук. – Горный журнал, 2007. № 2. – с. 45-50.

Ренев В.О., Макасеев Ю.Н., Житков С.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОЛУЧЕНИЯ ЛИТИЯ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: dfcz.hytyd@gmail.com*

На сегодняшний день значение лития тяжело переоценить. Литий широко применяется в различных отраслях, включая производство литий-ионных аккумуляторов, использование в термоядерной энергетике, медицине и т.д. В связи с развитием технологий его потребление непрерывно растет и становится актуальным увеличение производительности электролизеров и качества получаемого металла.

Основной метод промышленного получения чистого металлического лития - электролиз, который ведется с использованием расплава солей LiCl и KCl в качестве электролита при температуре 400-430°C.

Данный процесс протекает в электролизере, который представляет собой корпусную ванну сварной конструкции из нержавеющей стали с введенными в нее угольными анодами и приваренными к ее днищу стальными катодами.

В данной работе рассмотрены достоинства и недостатки конструкций существующих электролизеров для получения металлических лития и натрия, факторы, влияющие на качество металла, эффективность и энергопотребление процесса. Предложена конструкция герметичной установки для реализации процесса.

Савран Л.Е., Назаров А.И.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ НЕПРЕРЫВНОГО СИНТЕЗА НА МАТЕРИАЛАХ-ИММИТАТОРАХ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: glink17.hijabka@gmail.com*

Тепловыделяющий элемент (ТВЭЛ) – главный конструктивный элемент активной зоны гетерогенного ядерного реактора, содержащий ядерное топливо. В ТВЭЛах происходит деление тяжелых ядер ^{235}U или ^{239}Pu сопровождающееся выделением тепловой энергии. ТВЭЛы собираются в ТВС (тепло-выделяющие сборки), которые и загружаются в активную зону реактора. Кампания ядерного реактора (срок службы ТВС) – время работы реактора с одной и той же загрузкой ядерного топлива определяется глубиной выгорания.

Ограничение продолжительности кампании реактора связано с реакцией материала тепловыделяющих элементов на накопление продуктов деления. В результате деления ядра вместо одного атома образуются два новых, суммарный объем которых примерно в 2 раза больше объема разделившегося атома. С учётом того, что значительная часть продуктов деления – газы, накопления продуктов деления ведет к появлению внутренних перенапряжений в материале, что приводит к деформации ТВЭЛов нарушается герметичность покрытия и, радиоактивные газы попадают в теплоноситель.

Цель данного исследования – изучить технологию непрерывного синтеза и с помощью неё повысить физико-химические свойства ядерного топлива. Технология непрерывного синтеза позволяет повысить плотность материала, что позволит заполнить мельчайшие поры, в которые проникает газ. В процессе данной технологии происходит два термоудара при загрузке и выгрузке. Термоудар – это явление, характеризующееся быстрым изменением температуры, которое приводит к кратковременной механической нагрузке на объект, что позволяет добиться большей гомогенности смеси.

Анализ литературных данных показал, что наиболее перспективным и практически применимым в качестве материала имитатора является TiO_2 (оксид титана).

ЛИТЕРАТУРА

1. Южно-сибирский научный вестник. Производство технологически равновесных оксидных функциональных материалов с повышенными электрофизическими параметрами. Л.М. Канцельсон, Б.М. Кербель ООО НПП “Технологика”, г. Ростов-на-Дону, 2013. – 12 с.

Селезнева О.К., Богданова С.А.

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАССОВЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ГАЗООБРАЗНОГО ФТОРИСТОГО ВОДОРОДА

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: oliaselezneva60@gmail.com*

Фтористый водород (HF) – высокоактивное химическое соединение, которое оказывает разрушающее действие на организм. Известно, что HF поражает некоторые растения уже при содержании в воздухе около 0,001-0,0005 мг/м³, что значительно ниже суточной и разовой ПДК [1]. Здоровье работников многих отраслей промышленности подвергается риску при вдыхании воздуха, содержащего HF и твердые фториды. В связи с этим требуется наличие средств контроля для мониторинга концентраций HF, в частности, в промышленных стоках, лабораториях и атмосфере вокруг промышленных объектов для принятия соответствующих мер в случае обнаружения опасных концентраций HF [2].

В настоящее время используется большое количество методов определения HF в различных типах вод, в атмосферном воздухе и воздухе рабочей зоны. Среди них выделяют: ионометрический метод, флуориметрию, фотометрию и ионную хроматографию.

Цель данного исследования – изучить физико-химические основы методов, провести сравнительный анализ и выбрать наиболее оптимальный метод для определения массовых концентраций фтороводорода в атмосферном воздухе и воздухе рабочей зоны.

Анализ литературных данных показал, что наиболее перспективным и практически применимым для контроля природных вод, проб атмосферного воздуха является фотометрический метод. Данный метод позволяет определять очень низкие концентрации HF; достаточно прост; предполагает использование относительно простого и недорогого оборудования и реагентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новый справочник химика и технолога. Аналитическая химия. Ч.1. С.-Пб.: АНО НПО “Мир и семья”, 2002. – 964 с.
2. РД 52.04.797 – 2014. Массовая концентрация фторида водорода в пробах атмосферного воздуха. Методика измерений фотометрическим методом с использованием ксиленолового оранжевого. – Введ. 2015 – 07 – 01. С.-Пб.: Министерство природных ресурсов и экологии РФ. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2014 – 50 с.

Селявская А.Е., Софронов В.Л., Селявский В.Ю.

ПЕРЕРАБОТКА ОБОРОТОВ СМЕШАННОГО НИТРИДНОГО УРАН-ПЛУТОНИЕВОГО ТОПЛИВА

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: 81772@mail.ru*

Использование нитридного топлива в реакторах на быстрых нейтронах вместо обычных оксидных топлив оказывает благоприятное воздействие на поведение топлива в активной зоне реактора и уменьшает потерю реактивности при выгорании. Современные конструкции ядерных реакторов на быстрых нейтронах с нитридным топливом и со свинцовым охлаждением имеют более высокую безопасность, экономичность и повышенную эффективность трансмутации малых актиноидов по сравнению с реакторами на быстрых нейтронах с оксидным топливом. Можно утверждать, что использование нитридного топлива в ядерных реакторах может быть перспективным и усилия на его разработку и исследования вполне оправданы.

При производстве нитридного топлива, часть материалов попадает в отходы из-за ряда особенностей технологии изготовления СНУП топлива. Например, это спеченные таблетки СНУП топлива, не соответствующие требованиям технических условий как по химическому составу по основным компонентам и/или примесям, так и по геометрическим параметрам; таблетки, имеющие дефекты на поверхности, и т.д. К сожалению, эти дефекты невозможно технологически поправить, поэтому их направляют на повторную обработку. Факт образования и накопления брака является основным критерием снижения экономических показателей производства ядерного топлива.

В результате анализа опубликованных работ предлагается перерабатывать эти отходы по технологии, включающей следующие основные операции: измельчение твердого брака/скрапа, растворение полученного порошка в кислотах, аффинаж растворов с получением соединений урана и плутония, пригодных для повторного их использования в производстве СНУП топлива. Это позволит существенно повысить выход порошков СНУП в готовый продукт.

Сюткина Н.И., Софронов В.Л.

СИНТЕЗ СНУП-ТОПЛИВА КАРБОТЕРМИЧЕСКИМ ВОССТАНОВЛЕНИЕМ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: no28062000@gmail.com*

В настоящее время огромное значение имеет развитие атомной промышленности. Для наилучшего выделения энергии необходимо получить топливо с подходящими характеристиками.

В данной работе будет рассматриваться смешанное нитридное уран-плутониевое топливо (СНУП-топлива). Это обуславливается его следующими характеристикам:

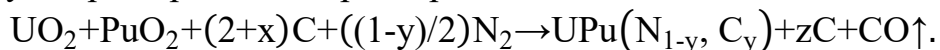
- высокая плотность ($\approx 13 \text{ г/см}^3$);
- высокая теплопроводность (в 10-15 раз больше, чем у оксидов);
- низкая температура;
- возможность квазиравновесного режима реактора;
- меньший минимально возможный запас реактивности (на номинальной мощности в зависимости от конструкции активной зоны).

Существуют несколько способов синтеза СНУП-топлива.

Исторически первым способом для получения нитридного топлива был выбран металлогидридный. Однако данный способ получения неэкономичен, связан с решением дополнительных технологических проблем и поиском способов обеспечения безопасности вследствие использования водорода, который является взрывопожароопасным реагентом.

Наиболее востребованным является способ получения СНУП-топлива карботермическим методом.

Суммарная реакция карботермического восстановления:



Указанный способ является наиболее проработанным с точки зрения промышленного освоения и имеет преимущество в использовании в качестве исходных материалов оксидов, являющихся продуктом действующих предприятий радиохимической переработки облученного топлива.

Недостатком является необходимость контроля примесей в получаемых порошках, а также соблюдение заданной газовой атмосферы в печи.

В докладе будет подробно рассмотрен карботермический синтез СНУП-топлива.

Чуркин А.А., Ткачук С.А., Макасеев Ю.Н., Житков С.А.

ПИРОУПЛОТНЕНИЕ АНОДНЫХ ЗАГОТОВОК, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ШЛИКЕРНОГО ЛИТЬЯ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: Lexxxa2000@bk.ru*

Фтор, является важнейшим агентом в ядерной промышленности. В связи с этим вопрос о наиболее эффективном и экономически выгодном способе встает с каждым годом все более остро.

Так как основным методом получения элементарного фтора является среднетемпературный электролиз, вопрос модернизации электролизеров является наиболее актуальным. Наиболее уязвимым местом являются аноды, изготовленные из спеченного кокса. Главными их недостатками являются: высокая открытая пористость, невысокая прочность и низкая устойчивость к перепадам токовых нагрузок. Существующая технология спекания коксовых пластин технологически сложна, а также позволяет удалить всего 90% связки в процессах первой и второй пропитки. По этой причине не удастся снизить открытую пористость коксовой пластины ниже 20-25%.

Данные проблемы позволяет решить технология уплотнения порошка кокса пиролизическим углеродом, образующимся в результате разложения метана или пропан-бутановой смеси на границе температурного поля 1000°C. Перемещение границы температурного поля в образце в процессе обработки, обеспечивает заполнение пироуглеродом по всему объему, тем самым создавая плотную безпористую структуру.

Для создания анода сложной формы используется технология литья шликера в подготовленную форму. Связующим компонентом для порошка кокса выступает парафин.

Отлитые заготовки, подвергаются термообработке с выдержками на определённой температуре. Вначале с целью удаления парафина, а затем при термоградиентном газофазном уплотнении, что на порядок повышает их прочностные характеристики и уменьшает пористость структуры вследствие осаждения на них пироуглерода.

Целью данной работы является исследование влияния различных факторов на прочностные и эксплуатационные характеристики образцов анодного материала, а также получение опытных образцов с целью их дальнейших испытаний.

Шайдулов Д.Е., Степанов К.И., Макасеев Ю.Н.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОМОЛА КОКСА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АНОДА

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: Danchic56@gmail.com*

Целью исследования является технология помола кокса для изготовления анода. В настоящее время в промышленности электрохимический метод получения фтора является основным, в дальнейшем его применяют для получения гексафторида урана. Ядерная энергетика занимает важное место в современном мире. Из этого следует, что потребность в производстве фтора возрастает с каждым днем. В нынешнее время используются аноды, выполненные в форме пластин, которые имеют некоторые недостатки. А именно: большую пористость, недостаточную прочность, а также небольшую устойчивость к токовым нагрузкам. Все эти недостатки приводят к сокращению срока эксплуатации электролизера. В свою очередь, коксовый анод обладает нужными свойствами и его применение в промышленности значительно упростит производство фтора.

В рамках исследования проводился помол пекового кокса. Изначально в ступке, а в дальнейшем в планетарной мельнице. В зависимости от массы угля, загруженного в стакан, подбирался оптимальный режим помола, включающий в себя: подбор стакана, подбор определенного количества шаров и их размеров, а также число оборотов на мельнице. Подбор режима необходим для получения порошка определенного фракционного состава -100 мкм, в свою очередь, соотношение крупной фракции к мелкой должно быть 70/30 или 80/20. Анализ состава порошка после помола проводился с применением лазерного измерительного прибора. Результаты анализа были представлены в графическом форме. Данный гранулометрический состав необходим для обеспечения наиболее плотной упаковки, где пустоты между крупными частицами заполняются мелкими. Все это целесообразно для точного гранулометрического состава, ведь при его достижении полученный порошок будет обладать нужными свойствами.

Таким образом, исследование предоставляет практическую информацию о процессе помола и понятии плотной упаковки для достижения необходимых свойств порошка в производственных условиях.

*Широков А.В., Чуркин А.А., Ткачук С.А., Степанов К.И.,
Макасеев Ю.Н.*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПИРОУПЛОТНЕНИЯ ЗАГОТОВОК АНОДОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ШЛИКЕРНОГО ЛИТЬЯ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: thelittledoggaf@gmail.com*

Цель данного исследования заключается в изучении воздействия различных факторов на прочностные и эксплуатационные свойства образцов анодного материала, полученных методом шликерного литья с последующим термоградиентным газофазным уплотнением пироуглеродом. На сегодняшний момент электрохимический метод является основным процессом промышленного производства фтора, который играет ключевую роль в разделении изотопов урана. С увеличением потребности промышленности в элементарном фторе возникает неотложная необходимость в модернизации и оптимизации среднетемпературных электролизеров для его производства. Однако, коксовые аноды, обладающие высокой открытой пористостью, недостаточной прочностью и низкой устойчивостью к токовым нагрузкам, становятся уязвимым звеном, существенно сокращая срок службы среднетемпературных электролизеров фтора.

Существующая технология спекания коксовых пластин позволяет удалять лишь 90% связки в процессах первой и второй пропитки, что ограничивает возможность снижения открытой пористости коксовой пластины ниже 20-25%. Решением данной проблемы представляется внедрение технологии термоградиентного газофазного уплотнения порошка кокса пиролитическим углеродом, образующимся при пиролизе метана или пропан-бутановой смеси на границе температурного поля 1000°C. Этот процесс обеспечивает объемное заполнение пор пироуглеродом, формируя компактную, безпористую структуру.

Для изготовления анодов сложной формы из порошка кокса предлагается использовать технологию шликерного литья, где в качестве связующего используется парафин. Полученные заготовки анодов проходят термообработку для удаления парафина, а затем подвергаются термоградиентному газофазному уплотнению, что существенно повышает их прочностные характеристики и снижает пористость структуры за счет осаждения пироуглерода на поверхности.

Шнайдер Н.А., Агеева Л.Д., Радько С.В.

**СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ФЛОКУЛЯНТОВ
МАРОК MIRANG И ЕСОPLUS
ПУТЕМ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ
НА ОБРАЗЦАХ ПУЛЬПЫ ФЛОТОКОНЦЕНТРАТА**

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: narionata@yandex.ru*

В химическом производстве важная роль уделяется обогащению полезных ископаемых. Одним из таких методов является флотация – процесс отделения ценного компонента руды от пустой породы, основанный на различии в смачиваемости материалов.

Особый интерес в данном способе представляет флокуляция – этап, во время которого происходит образование рыхлых скоплений мелких частиц, находящихся во взвешенном состоянии, и их последующее оседание или всплытие. На производствах для осуществления этапа используются флокулянты, которые значительно влияют на процесс сгущения.

Так как флокулянты (высокомолекулярные соединения) способны растворяться в воде, то при введении в системы с несмешиваемыми веществами данные соединения химически связываются с поверхностью частиц и объединяют частицы в прочные и более крупные образования (флокулы), способствуя их быстрому осаждению [1].

Однако эффективность флокуляции во многом зависит от характеристик самого реагента. Данная исследовательская работа посвящена лабораторным испытаниям флокулянтов марок Mirang и EсоPlus в специальных цилиндрических сосудах на образце пульпы флотоконцентрата и сравнительному анализу их скорости осаждения при различных расходах реагентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бауман А. В. Сгущение и водооборот. Комплексные решения «НОУ-ХАУ» / А. В. Бауман. – Новосибирск, Гормашэкспорт, 2011. – 52 с.

Эйрих К.А., Софронов В.Л.

СПЕКАНИЕ ТАБЛЕТОК СНУП ТОПЛИВА

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: kristina.ejrix.00@mail.ru*

Спекание смешанных нитридных уран-плутониевых таблеток (СНУПТ) представляет собой важный этап в производстве топливных элементов для ядерных реакторов. Этот процесс обеспечивает не только формирование желаемой структуры и геометрии таблеток, но и оптимизацию их химического состава для обеспечения эффективного и устойчивого ядерного реакторного топлива. В данном исследовании рассматриваются ключевые аспекты процесса спекания таблеток, которыми являются:

1) выбор состава: выбор правильного химического состава смешанных нитридных уран-плутониевых таблеток критичен для обеспечения необходимой эффективности и безопасности ядерного топлива;

2) процесс спекания: этот этап является многоступенчатым и включает в себя нагревание сырья до определенной температуры, давления и выдержку при этих условиях, затем этот же процесс повторяют при более высокой температуре и так до максимальной температуры спекания, чтобы обеспечить образование таблеток определенной структуры, физико-механических и теплофизических свойств;

3) структура: структура и геометрия таблеток играют важную роль в эффективности ядерного топлива, так как оптимальная структура способствует равномерному распределению тепла и эффективному управлению ядерными реакциями.

В докладе будут детально представлены перечисленные выше аспекты, рассмотрены влияния различных факторов на основные качественные показатели топливных таблеток из смешанных нитридов урана и плутония.

Таким образом, изучение и оптимизация процесса спекания смешанных нитридных уран-плутониевых таблеток имеет важное значение для обеспечения безопасности и эффективности ядерной энергетики, а также для исследований в области ядерной науки и технологии.

Якубова М.И., Молоков П.Б.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТРИФТОРИДА АЗОТА

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: shachnevamr@yandex.ru*

В современном мире высокочистый трифторид азота (NF_3) имеет важное промышленное значение, в связи с его широким применением в производстве микроэлектроники в качестве мягкого фторирующего агента. Данный газ производят в больших количествах по всему миру, однако пока не производят в России.

Все ныне известные способы получения трифторида азота можно разделить на три основные группы: синтез из элементов, синтез из соединений и электрохимические способы производства, последние из которых наиболее развиты и возможны для промышленного получения высокочистого газа. В основном практически все методы обладают следующими недостатками: низкий выход продукта, проведение технологических процессов при высоких температурах, взрывоопасность, а также высокое содержание нежелательных примесей, в связи с чем возникает необходимость многоступенчатой очистки для дальнейшего применения трифторида азота, а, следовательно, и значительные экономические потери и энергозатраты.

В данной работе исследуются электрохимические методы производства трифторида азота, а именно получение NF_3 электрохимическим фторированием аммиака.

Выбор данного метода обусловлен высоким выходом продукта, проведением процесса при более низких температурах, нежели чем в других способах получения, минимальным содержанием примесей и возможностью снижения взрывоопасности метода, которая достигается добавлением избытка фтора в реакционную зону. Помимо этого, данный метод является практически безотходным. Технологический процесс проходит в одну стадию в одном аппарате – электролизере, являющимся по конструкционным особенностям аналогичным электролизеру для получения фтора.

В докладе авторами будут представлены подробные результаты исследования технологии получения трифторида азота электрохимическими способами, методика анализа примесей и дальнейшая очистка газа для его применения в микроэлектронике.

Ярков С.Д., Назаров А.И.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ НЕПРЕРЫВНОГО СИНТЕЗА НА ЛЮМИНОФОРАХ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: sem.sk.00@mail.ru*

Люминофор – это порошкообразный компонент, преобразующий поглощенную им световую, механическую, тепловую энергии в световое (не тепловое) излучение.

В настоящее время явление люминесценции активно используется в создании люминесцентных ламп и светодиодов, в люминофорных экранах для медицинского оборудования, в цветных экранах телевизоров и других электронных приборов, в дизайне, а также в системе безопасности и эвакуации.

Алюминат стронция – соединение $\text{SrO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (SrAl_2O_4). Будучи активированным редкоземельными ионами двухвалентного европия (Eu^{2+}) и трёхвалентного диспрозия (Dy^{3+}), представляет собой люминофор с длительным зелёным послесвечением.

В процессе технологии непрерывного синтеза происходит два термоудара при загрузке и выгрузке материала.

Термоудар – это явление, характеризующееся быстрым изменением температуры, которое приводит к кратковременной механической нагрузке на объект, что позволяет добиться не только измельчению, но и одновременному переформированию в наноразмерные макрообъекты, включающие в себя его наноразмерные образования.

Цель данного исследования – используя алюминат стронция, как люминофор, изучить технологию непрерывного синтеза. Определить дисперсность люминофора, а также оптические свойства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Южно-сибирский научный вестник. Производство технологически равновесных оксидных функциональных материалов с повышенными электрофизическими параметрами. Л.М. Канцель сон, Б.М. Кербель ООО НПП “Технологика”, г. Ростов-на-Дону, 2013. – 12 с
2. Ставропольский Государственный Университет. Синтез и исследование полифункциональных люминофоров на основе алюмината стронция. Зверева Е.М. 2008 г.

*Секция
Оборудование и технологии ядерной отрасли*

Астраханцев Р.С., Карташов Е.Ю.

ВЫВОД ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ХРАНИЛИЩ РАО ФГУП «РОСПРАО»

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: astr@mail.ru*

Процесс вывода из эксплуатации хранилищ радиоактивных отходов, принадлежащих Мурманскому отделению филиала «Северо-Западный территориальный округ» ФГУП «РосРАО», является неотъемлемой частью стратегии обеспечения безопасности и экологической устойчивости в области обращения с ядерными материалами, требующей внимания и реализации в соответствии с высокими стандартами и нормативами.

Основными видами деятельности Мурманского отделения филиала "Северо-Западный территориальный округ" ФГУП "РосРАО" были транспортирование радиоактивных отходов и эксплуатация пункта хранения, и при этом, площадка хранения радиоактивных отходов была классифицирована как IV категория потенциальной радиационной опасности и обладала характерной инфраструктурой и барьерами защиты. Решение о выводе из эксплуатации данных объектов было принято в 2012 году и предполагало разработку плана мероприятий в соответствии с законодательством Российской Федерации.

В процессе инвентаризации и вывода из эксплуатации трансурановых радиоактивных отходов (ТРО) и жидких радиоактивных отходов (ЖРО) в Мурманском отделении филиала "Северо-западный территориальный округ" ФГУП «РосРАО», были применены разнообразные методы и технологии. Это включало использование электрического и маневренного крана "Пионер" для извлечения ТРО, с последующей сортировкой и упаковкой в контейнеры. Для жидких радиоактивных отходов осуществлялась их откачка из емкостей в транспортные контейнеры и бочки. В результате проведенных работ, были извлечены, инвентаризированы и переданы на переработку все ранее накопленные радиоактивные отходы.

В результате проведенных работ по выводу из эксплуатации, бывший пункт хранения РАО достиг заданного конечного состояния и был снят со специализированного государственного контроля и учета как объект использования атомной энергии.

Богушевич Н.В., Лохтина Л.Н.

РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ПОДКАЧИВАЮЩЕЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ В СРЕДЕ SIMINTECH

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: ssti@mephi.ru*

Автоматизация процесса управления насосной станцией является одной из актуальных задач в сфере автоматизации систем теплоснабжения, обеспечивающая безопасность работы, предотвращая тем самым возможные ошибки оператора в процессе эксплуатации.

Насосная станция включает в себя одну или несколько насосных установок, вспомогательные системы и оборудование. Автоматизация процесса управления подкачивающей насосной станцией (ПНС) позволяет регулировать технологические характеристики системы теплоснабжения, обеспечивая безопасность работы.

В научно-исследовательской работе выполнен обзор существующих видов насосных станций. Для автоматизированного управления подкачивающей насосной станцией проанализированы и выбраны технические средства контроля параметров и исполнительные механизмы с учетом условий измерения и требуемых характеристик.

Разработана структурная схема системы автоматизации ПНС и алгоритм автоматизированного управления.

В программе SimInTech разработан общий вид компьютерной модели. Эти результаты использованы в последующей работе, связанной с моделированием системы управления насосной станцией в среде SimInTech.

ЛИТЕРАТУРА

1. Клюев А.С. Автоматическое регулирование / А.С. Клюев. – Москва: Высшая школа, 2008. – 351с. - Текст: непосредственный.
2. Фарзани Н.Г. Технологические измерения и приборы / Н.Г. Франзе. - Москва: Высшая школа, 2010. – 456 с. - Текст: непосредственный.
3. Хабаров С.П. Построение распределенных моделей в системе SimInTech: методические указания / С.П. Хабаров, М.Л. Шилкина. – Санкт- Петербург: СПбГЛТУ, 2018. – 122 с.- Текст: непосредственный.

Винныйчук В.А., Перепелицына А.В.

ОРБИТАЛЬНАЯ СВАРКА ШВОВ СОЕДИНЕНИЙ КОЛЛЕКТОРОВ В ПАРОГЕНЕРАТОРЕ ПГВ – 1000МКП

*Волгодонский инженерно-технический институт НИЯУ МИФИ,
Ростовская обл., г. Волгодонск, ул. Ленина, д. 73/94
e-mail: viti@terphi.ru*

Сварные соединения №111-1 и 111-2 в парогенераторе ПГВ-1000МКП – швы приварки коллекторов первого контура к корпусу парогенератора в патрубок ДУ-1200, являются стыковыми кольцевыми соединениями 1-й категории безопасности, без доступа к обратной стороне шва. Сварка производится электродами УОНИИ-13/55 с сопутствующим подогревом, одновременно двумя сварщиками диаметрально-противоположными участками.

Ручная дуговая сварка является одним из наиболее предрасположенных к дефектам способов выполнения сварных соединений, вероятность возникновения дефекта в сварном шве значительно повышается, что негативно сказывается на качестве изделия. Сварка ведётся вручную длительное время в условиях сопутствующего подогрева, что повышает влияние человеческого фактора на качество сварного соединения [1].

Для изготовления сварных соединений №111-1 и 111-2 предлагается использовать автоматическую установку для сварки цилиндрических изделий АДП-1204 в наклонную разделку. Установлено, что ее использование для орбитальной сварки швов №111 является обоснованным и актуальным, исходя из технических характеристик, конструкции и возможностей системы управления [2].

В данной работе предложен альтернативный способ выполнения сварных соединений №111-1 и 111-2 парогенераторов ПГВ-1000МКП, позволяющий обеспечить повторяемость и качество процесса за счет применения автоматической орбитальной сварки.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Подрезов Н. Н., Томилин С.А., Шишов В. В.* Повышение эксплуатационной надёжности сварных соединений парогенераторов для реакторных установок на основе ВВЭР [Текст]
2. Автоматическая установка для сварки цилиндрических патрубков в корпусные изделия АДП-1204. Паспорт. НПФ «ИТС», Санкт-Петербург.

Винныйчук В.А., Руденко Д.С.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ДУГОВАЯ НАПЛАВКА СЕДЛА ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ ДЛЯ АЭС И НГХ

*Волгодонский инженерно-технический институт НИЯУ МИФИ,
Ростовская обл., г. Волгодонск, ул. Ленина, д. 73/94
e-mail: viti@terphi.ru*

Твердосплавная наплавка на ответственных изделиях трубопроводной арматуры выполняется по типу 10Х25Н13Г2 с подслоем 08Х17Н8С6Г и сопутствующим подогревом изделия выше 200 °С. Ручную дуговую наплавку, выполняют покрытым электродом с подменным сварщиком.

Учитывая то, что наплавка происходит в условиях повышенной температуры и достаточно длительное время, возникает риск влияния человеческого фактора на качество наплавляемого материала. Как известно, ручная дуговая наплавка покрытым электродом является одним из наиболее дефектных способов из-за неравномерности ведения процесса, входа в процесс и его завершения [1].

Для твердосплавной наплавки предлагается установка Пензенского завода ЗАО «ПКТБА». Экспериментально установлено, что ее применение для обеспечения требуемых параметров и режимов наплавки в трубопроводной арматуре является обоснованным и актуальным, исходя из конструкции, технических характеристик и возможностей системы управления [2].

Использование установки ПКТБА-СГПФ автоматической твердосплавной наплавки проволокой ответственных изделий трубопроводной арматуры позволит повысить качество наплавленного металла, увеличить скорость процесса и уменьшить влияние человеческого фактора, обеспечив повторяемость результатов технологического процесса.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Григорьев С.М., Титов В.В., Саражинский И.В. Справочник инженера–сварщика (Энциклопедический словарь инженера – сварщика от «А» до «Я» на CD). Центр промышленного маркетинга, М., 2003. – 407 с.
- 2 И.И. Фрумин. Автоматическая электродуговая наплавка./ И.И. Фрумин// Харьков: Металлургиздат., 1961, - 421с

Гоман А.В., Лохтина Л.Н.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НАСОСНОЙ СТАНЦИЕЙ В СРЕДЕ SIMINTECH

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: ssti@mephi.ru*

Насосная станция — сооружение, включающее в себя одну или несколько насосных установок, а также вспомогательные системы и оборудование.

Автоматизация процесса управления подкачивающей насосной станцией позволяет регулировать технологические характеристики системы теплоснабжения, обеспечивая безопасность работы.

В научно-исследовательской работе выполнен обзор существующих видов насосных станций.

Для исследования автоматизированного управления подкачивающей насосной станцией (ПНС) проанализированы выбранные технические средства автоматизации. Разработана структурная схема системы автоматизации ПНС и алгоритм автоматизированного управления.

Построена компьютерная динамическая модель в среде SimInTech, позволяющая определить влияние различных параметров (температуры и давления) на работу системы.

Отдельно в субмодели «Алгоритм управления» моделируется алгоритм управления преобразователями частоты и задвижками. Здесь заложена логика процесса изменения частоты насоса и степени открытия задвижек, а также действия при возникновении аварийной ситуации.

Численные эксперименты в компьютерной модели подтверждают, что значения технологических параметров находятся в требуемых диапазонах.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Хабаров С.П.* Построение распределенных моделей в системе SimInTech: методические указания / С.П. Хабаров, М.Л. Шилкина. — Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2018. — 122 с. - Текст: непосредственный.
2. *Клюев А.С.* Автоматическое регулирование / А.С. Клюев. — Москва: Высшая школа, 2008. — 351с. - Текст: непосредственный.
3. *Фарзани Н.Г.* Технологические измерения и приборы / Н.Г. Франзе. - Москва: Высшая школа, 2010. — 456 с. - Текст: непосредственный.

Давыдов Е.С., Холодова А.А., Попова Т.С.

РАЗРАБОТКА ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ПАССИВНОЙ АВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА

*Волгодонский инженерно-технический институт НИЯУ МИФИ,
347360, г. Волгодонск, Ростовская обл., ул. Ленина 73/94
e-mail: davidov_egor00@mail.ru, Holodovaaan2605@mail.ru,
Tanya930@rambler.ru*

Ядерный реактор – это одно из самых опасных устройств на АЭС, именно поэтому корпуса ядерных реакторов являются одной из наиболее надежных конструкций, предотвращающих последствия при возникновении как внешних, так и внутренних чрезвычайных ситуаций. Как известно, третьим защитным барьером в случае аварийной ситуации является сам корпус реактора, а четвертым – контейнмент, изготовленный из железобетона и имеющий толщину стенки 1 м. Все это предотвращает любые негативные воздействия.

Однако российские АЭС должны быть готовы к любым возможным вариантам развития событий, в том числе негативным. Одним из дополнительных способов защиты может являться создание своеобразной сферы внутри ядерного блока, изготовленной из стали 15Х2ГН2ТРА, имеющей высокую прочность, вязкость и износостойкость, в которую будет помещен корпус ядерного реактора [1].

Кроме того, что данная сфера будет изготовлена из стали повышенной прочности, в нее возможно будет вмонтировать баки с водным раствором карбоната натрия, который в случае ЧС будет заполнять данную конструкцию, что позволит избежать возможного загрязнения в активной реакторной зоне.

Все это позволит дополнительно обезопасить АЭС и не допустить экологических катастроф.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марочник сталей и сплавов / В. Г. Сорокин, А. В. Волосникова, С. А. Вяткин // Машиностроение. — 1989. — 340-345 с.

Ерзиков И.А., Карташов Е.Ю.

ВЫВОД ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПУНКТА ХРАНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ Г. БЛАГОВЕЩЕНСКА

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: ilya625@inbox.ru*

Вопрос об утилизации и безопасном обращении с радиоактивными отходами в настоящее время является актуальной проблемой в современном мире. Радиоактивные отходы представляют серьезную угрозу для здоровья человека и окружающей среды, поэтому необходимость вывода из эксплуатации пунктов хранения таких отходов является неотложной задачей.

При эксплуатации таких объектов возможны серьезные последствия, включающие воздействие на здоровье людей и загрязнение окружающей среды. Пункты хранения имеют ограниченный срок службы и стареют, что повышает риск аварийных ситуаций. В работе рассматривается вывод из эксплуатации на примере ПХРО г. Благовещенска.

Вывод из эксплуатации (ВЭ) начинается со сбора информации о пункте хранения, в том числе о радиационно-опасных объектах и спецканализации, находящихся на территории промзоны. В целях безопасности вывода из эксплуатации необходимо изучить особенности территориального расположения ПХРО, а также провести радиационно-экологические исследования.

Все проведённые измерения позволяют получить общую картину радиационной обстановки как на территории ПХРО, так и за её пределами. Ведь одной из главных задач ВЭ является дезактивация территории всего объекта хранения радиоактивных отходов.

Для обеспечения безопасности персонала при выводе из эксплуатации необходимо проводить постоянный радиационный контроль, а также ежедневный осмотр систем, обслуживание и поддержание в рабочем состоянии противопожарных систем.

После проведения всех мероприятий по сбору информации и измерений концентрации радионуклидов выбирают концепцию вывода из эксплуатации, на основании которой и начинается весь цикл проводимых работ.

Зимин А.А., Заринова Л.Ф.

УСТАНОВКА ДЕЗАКТИВАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ ПУЛЬПОХРАНИЛИЩ РАО

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: bolyle558@gmail.com*

В современном мире вопросы безопасности и управления радиоактивными отходами (РАО) становятся все более актуальными и значимыми. Особое внимание уделяется обеспечению безопасности при хранении и обработке ядерных материалов, в том числе при эксплуатации пульпохранилищ. Пульпохранилища представляют собой специализированные сооружения, предназначенные для временного хранения отходов с высоким уровнем радиоактивности. Деактивация оборудования применяется при плановом ремонте и выведении из эксплуатации пульпохранилищ.

Цель данной работы заключается в исследовании установки для деактивации оборудования пульпохранилищ РАО.

Способы удаления радиоактивных загрязнений с помощью деактивирующих веществ при обработке зараженных объектов различны. Их выбирают в зависимости от характера деактивируемых объектов, особенностей материалов, из которых они изготовлены, условий проведения деактивации, наличия необходимых средств и других факторов.

К оборудованию пульпохранилищ в основном относятся теплотрассы и его комплектующие, а также резервуары для захоронения РАО. Чаще всего применяется химические реагенты высокой концентрации («жесткие» методы), для вентилей, насосов, трубопроводов и транспортировочных контейнеров. Для внешней конструкции применяются удаляемые полимерные плёнки, которые можно наносить на деактивируемую поверхность различными техническими средствами, в том числе в виде аэрозолей.

Анализ существующих технологий и методов, позволил сделать вывод, что на данный момент не существует метода полностью обеспечивающего безопасность персонала и удовлетворяющие изменение коэффициента деактивации.

Караваев П.В., Карташов Е.Ю.

ВЫВОД ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПУНКТА ХРАНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ КОМБИНАТА «РАДОН»

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: otmorojennui@gmail.com*

Вывод из эксплуатации объектов хранения радиоактивных отходов это процесс, включающий в себя все мероприятия, направленные на безопасное и законное окончательное удаление или утилизацию радиоактивных отходов, производимых в результате использования ядерной энергии или других источников радиации. Этот процесс может включать в себя различные способы, такие как хранение, переработка или утилизация путем преобразования отходов в более стабильные и менее опасные формы. Вывод из эксплуатации ядерно и радиационно опасных объектов является важным шагом для обеспечения безопасности и защиты окружающей среды от потенциального воздействия радиации.

Специальный комбинат «Радон» был создан для обеспечения безопасной и надежной утилизации отработанных радиоактивных материалов, чтобы предотвратить негативные последствия влияния на окружающей среды и общества. По своей сути этот комбинат является пунктом хранения радиоактивных отходов. В 1998 году произошла чрезвычайная ситуация, в результате чего отходы затопило водой. После данного инцидента было решено построить ангар для дальнейшей ликвидации самого хранилища. Для этого отходы из трех заглубленных в землю хранилищ должны быть упакованы в двухсотлитровые бочки, залиты цементом, размещены в контейнеры и аккуратно расставлены в ангаре. В дальнейшем планировалось провести радиационное обследование пустых хранилищ, дезактивировать их, разобрать конструкции и засыпать образовавшиеся ямы землей.

Одним из способов вывода из эксплуатации объектов хранения радиоактивных отходов, является захоронение радиоактивных отходов на месте. Этот метод включает перемещение отходов в специально подготовленные для этого места, таких как подземные хранилища или глубокие геологические разрезы. Данный способ является наиболее длительным и наиболее безопасным выводом из эксплуатации объектов хранения радиоактивных отходов.

Каширин Д.А., Карташов Е.Ю.

ВЫВОД ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРИПОВЕРХНОСТНОГО ПУНКТА ЗАХОРОНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ ПРЕДПРИЯТИЯ «МАЯК»

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: DanialCaldwell@mail.ru*

Вывод из эксплуатации приповерхностного пункта захоронения радиоактивных отходов (ППЗРО) предприятия Маяк, созданного в 1954 году отработавший свой срок эксплуатации и ставший источником радиационного загрязнения, необходим для проведения комплексного инженерного и радиационного обследования (КИРО).

Основной способ вывода из эксплуатации ППЗРО основан на принципе многослойной изоляции отходов от окружающей среды. Он включает в себя следующие этапы:

1. извлечение контейнеров с отходами из хранилища и их транспортировка на специальную площадку для дефектоскопии и ремонта;
2. переупаковка контейнеров с отходами в новые стальные барабаны с бетонным заполнением и обеспечением необходимого уровня радиационной защиты;
3. размещение переупакованных контейнеров в новое хранилище, оборудованное дренажной системой и геомембраной для предотвращения проникновения грунтовых вод;
4. засыпка хранилища слоями глины, песка и гравия для создания барьеров и снижения воздействия атмосферных осадков;
5. устройство над хранилищем искусственного рельефа из грунта и бетона для обеспечения стабильности и дренирования поверхностных вод;
6. озеленение территории и установка сигнальных знаков и ограждений;
7. организация наблюдения и контроля за состоянием ППЗРО в течение всего срока эксплуатации.

В результате проведённой работы, вывод из эксплуатации ППЗРО обеспечивает минимизацию рисков для здоровья людей и окружающей среды, а также направлен на восстановление естественных природных условий на территории захоронения.

Корсак К.С., Заринова Л.Ф.

УСТАНОВКА ДЛЯ ДЕМОНТАЖА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯ ПУЛЬПОХРАНИЛИЩА АЭС

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: karina_korsak@bk.ru*

Все отходы атомной промышленности захораниваются в специализированных сооружениях, шламохранилищах и могильниках. Такие сооружения в среднем имеют срок эксплуатации около 40-60 лет. Пульпохранилища разделяются на три типа: открытые, закрытые и природные. Закрытое пульпохранилище создается с использованием закрытых емкостей или контейнеров, где радиоактивные материалы размещаются под контролем температуры и влажности. Чаще всего, стены и пол закрытых хранилищ изготавливают из материалов, устойчивых к коррозии и химическим воздействиям, железобетонных конструкций и стали. Для безопасного вывода из эксплуатации проводится оценка текущего состояния сооружения и его радиационное обследование, извлечение радиоактивных отходов (РАО), обработка и утилизация отходов, разборка и демонтаж железобетонных конструкций (ЖК), оценка и мониторинг экологических последствий и соблюдение существующих нормативных документов.

Важным условием для демонтажа конструкций после удаления РАО, является мониторинг радиационных уровней в зоне демонтажа с использованием специализированных приборов, обеспечение работников средствами защиты и постоянный мониторинг загрязнений окружающей среды.

При разборе ЖК в окружающую среду поступает большое количество пыли и образуются твердые радиоактивные отходы. Для данного вида задач используется конструирование защитного экрана над территорией всего пульпохранилища и производственной площадки.

Для демонтажа железобетонных конструкций с учетом эффективности выполнения работ и экономической целесообразности основное внимание уделяется выбору наиболее подходящего оборудования.

Мерзляков К.А., Карташов Е.Ю.

СИСТЕМА ЭКСПРЕСС-МОНИТОРИНГА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ПРИ ВЫВОДЕ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЯДЕРНО- И РАДИАЦИОННО- ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: Atomicstudent@yandex.ru*

Система экспресс-мониторинга, основанная на применении ракет малой мощности (РММ) со встроенными специализированными датчиками, предназначена для периодического контроля радиационной обстановки и обеспечения безопасного вывода ядерно- или радиационно- опасных объектов из эксплуатации за счет своевременного мониторинга радиационной безопасности атмосферы. Данная система включает три ключевых компонента:

1. РММ с радиозондом и набором датчиков для сбора данных, включая измерение радиационного фона, систему отслеживания зонда и компактные воздушные фильтры с абсорбирующим радионуклиды компонентом.
2. Наземный комплекс для приема, обработки и анализа данных, полученных от ракет, включающий программное обеспечение для визуализации и анализа результатов измерений и базу данных для хранения всей информации об измерениях и формировании отчетности.
3. Процесс работы системы включает запуск ракеты малой мощности на заданную высоту, отделение радиозонда для измерения радиационного фона и иных параметров, передачу данных от датчиков на наземный комплекс через радиоканал, спуск ракетоносителя после проведения измерений, обработку, анализ и сохранение полученных данных в базе. Программное обеспечение обеспечивает анализ и визуализацию информации в реальном времени для оперативного реагирования на изменения радиационной ситуации.

Проект реализуется в виде нескольких стадий: разработка и проверка РММ и модуля датчиков, формирование комплекса наземной принимающей и обрабатывающей установки, создание системы связи радиозонда с компьютерной системой для передачи и обработки полученной информации, испытание и корректировка системы, оценка экономической эффективности и производительности системы, а также создание правил ее эксплуатации и обеспечения безопасности.

Родчанин Д.Р., Борисов Д.А.

ОБОРУДОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: matushevskiy_96@mail.ru*

В настоящее время в мире происходит процесс, стремящийся к созданию и внедрению в процесс производства информационных технологий, называемый “Индустриализация 4.0”. Одной из ключевой его составляющей является технология “Промышленный интернет вещей (Industrial Internet of Things, IIoT)”.

Промышленный интернет вещей – технология, объединяющая цифровые платформы для хранения и обмена данными, и физические устройства, отправляющие информацию о параметрах окружающей среды [1].

Одним из важнейших типов устройств для данной сети являются сетевые шлюзы, принимающие информацию от устройств сбора данных и передающих их в облачное хранилище [2]. Под такие задачи существует линейка сетевых шлюзов Anybus IIoT. Примером устройства данной линейки может выступать Anybus IIoT - MQTT-OPC UA. Данный сетевой шлюз работает по одному из самому применяемому протоколу MQTT, является достаточно надёжным, не требует сложной настройки, позволяет работать со старыми устройствами. Рабочие температуры составляют от 0 до 55 °С, а скорость передачи данных составляет от 1,2 до 57,6 Кбит/с.

Ещё одной, подходящей под задачи IIoT линейкой сетевых шлюзов, является MOXA IIoT, а именно модель UC-8112-ME-T-LX1. Данный сетевой шлюз упрощает передачу данных, обеспечивают интеграцию с множеством популярных облачных сервисов. Достаточно низкое энергопотребление, широкий диапазон рабочих температур (-40..85 °С), поддержка высокоскоростной передачи данных (от 300 бит/с до 921,6 кбит/с) – всё это делает сетевой шлюз данной линейки одним из самых предпочтительных при проектировании и построении сети IIoT.

ЛИТЕРАТУРА

1. Софтел [Электронный ресурс] // Промышленный интернет вещей IIoT. - URL: <https://sofiot.ru/promyshlennyj-internet-veshhej/> (дата обращения 08.11.2023).
2. Conintel [Электронный ресурс] // Особенности внедрения IIoT. - URL: <https://conintel.ru/b/osobennosti-vnedreniya-iiot/> (дата обращения: 13.11.2023).

Сапова А.А., Софронов В.Л.

ЛАЗЕРНЫЙ МЕТОД ДЕЗАКТИВАЦИИ РАО

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: sapova.anastasiia@yandex.ru*

Проблема накопления радиоактивных отходов (РАО) является важной в атомной отрасли. Образование РАО, в том числе металлических, происходит не только в результате технологических процессов ядерного топливного цикла, но и при выводе из эксплуатации зданий, сооружений, конструкций, оборудования объектов использования атомной энергии.

Одним из методов дезактивации металлических отходов, загрязненных радиоактивными веществами, является применение лазерного излучения. В сущности, лазерной очистки лежит эффект испарения. Он заключается в том, что при воздействии лазерного излучения, плотности мощности которого достаточно для доведения металла до температуры кипения, на границе раздела загрязнение-металл происходит переход материала из твердой фазы в паро-газо-плазменную. Различают механизм сухой и влажной лазерной дезактивации.

При сухой дезактивации разрушение слоя загрязнения может происходить вследствие следующих механизмов: быстрое тепловое расширение тонкого поверхностного слоя приводит к образованию областей сжатия и расширения, в результате чего формируется ударная волна, которая распространяется вглубь материала и разрушает слой загрязнения. Другим механизмом является возникновение термических напряжений вследствие радиального теплового расширения поверхностного слоя, что приводит к разрушению пленки.

При влажной дезактивации поверхность покрывают слоем жидкости. Поглощая лазерное излучение, происходит нагрев жидкости выше температуры кипения, что приводит к объемному кипению. После прекращения импульсного воздействия, пузырьки схлопываются и создают ударную волну, которая распространяется вглубь материала и вызывает разрушение загрязняющего слоя.

В докладе будут рассмотрены механизмы дезактивации металлических РАО, а также представлены недостатки и преимущества лазерного метода дезактивации.

Сусакин В.А., Карташов Е.Ю., Панфилова М.В.

РАЗРАБОТКА УЧЕБНОГО СТЕНДА ТВС РЕАКТОРА НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: ssti@mephi.ru*

В условиях стремительного развития реакторов на быстрых нейтронах как направления промышленности возникает необходимость ознакомления учащихся высших учебных заведений с устройством современных реакторных установок этого типа. С целью реализации этой потребности предлагается разработать учебный стенд, способный ознакомить учащегося с внутренним устройством быстрого реактора и происходящими в нем процессами.

Основной целью этого проекта является разработка стенда, включающего ТВС реактора на быстрых нейтронах, где в качестве основы была выбрана конструкция ТВС БН-600. Стенд включает в себя элементы сборки разного масштаба для наглядной демонстрации её устройства и визуализации происходящих в ней процессов. Для полноты исполнения программы математической модели ТВС используется персональный компьютер, а в дальнейшем – микроконтроллер. Изменение параметров системы стенда возможно как с помощью внешних элементов управления, так и программно.

Математическая модель разработана и исполняется на основе программного обеспечения SimInTech, осуществляющего моделирование технологических процессов, протекающих в различных объектах, с одновременным моделированием системы управления [1]. Производство элементов макета ТВС реализуется посредством различных способов изготовления, в том числе с помощью технологии 3D-печати.

Разработанный стенд позволит получить наглядную информацию о работе и месторасположении ТВС, что позволит более качественно получать и усваивать теоретические знания студентами различных специальностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Разработка, производство и эксплуатация тепловыделяющих элементов энергетических реакторов : В 2 кн. / [Решетников Ф.Г., Бибилашвили Ю.К., Головин И.С. и др.]. — М. : Энергоатомиздат, 1995. — Кн. 2. — 335 с. : ил. — Библиогр.: с. 315—330.

*Секция
Автоматизация и цифровизация технологий и
объектов атомной отрасли*

Бакилин Д.В., Иванов К.А.

СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРЕДПРИЯТИЙ ТОПЛИВНОГО ДИВИЗИОНА

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: bakilin.dmitriy@gmail.com, KAIvanov@mephi.ru*

Получение аналитической информации для принятия управленческого решения сложный и трудоёмкий процесс. Он усложняется многоуровневой обработкой поступающих данных, подготовленных в ручном режиме. Это сказывается на актуальности, полноте и сохранности информации. В конечном итоге страдает скорость и качество принятия управленческих решений.

Данное обстоятельство указывает на необходимость автоматизации процесса сбора данных и их предоставления, максимально исключая «человеческий фактор». Это позволит формировать рекомендации для управленческого решения более эффективно.

Предложенная концепция подразумевает сокращение количества элементов системы сбора данных, а также уменьшение времени реакции на отклонения в технологическом процессе.

В основе разработанных методик и алгоритмов лежит обработка собранных данных по заранее определённым критериям принятия управленческих решений. Это даёт возможность предварительной оценки получаемых данных для подкрепления предоставляемой информации прогнозами и рекомендациями.

Таким образом, разрабатываемый подход аналитической поддержки принятия управленческих решений на предприятии позволяет реализовать концепцию организации единого информационного пространства предприятия с гибкими функциональными возможностями.

Практическая реализация теоретических основ данного подхода позволит создать эффективную автоматизированную систему для поддержки управленческой деятельности предприятия, которая будет обладать гибкой настройкой структуры, обеспечивая тем самым масштабирование в отрасли.

Батурин В.П., Борисов Д.А.

ФУНКЦИИ КОНТРОЛЛЕРОВ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВОМ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: cimbernout@mail.ru*

Программируемые логические контроллеры (ПЛК) используются в современных автоматизированных системах управления технологическими процессами (АСУТП). ПЛК осуществляют управление технологическим процессом, основываясь на заложенной в них программе. Отечественная компания «ОВЕН» [1] занимается разработкой ПЛК, одним из которых является ПР200 [2], на примере которого будет рассмотрен функционал контроллеров.

ПР200 используется для решения локальных задач автоматизации, например, в мехатронном модуле «Сортировка» такой задачей является сортировка заготовок в зависимости от требований. С помощью контроллера осуществляется управление элементами полевого уровня автоматизации, а именно: конвейерной лентой, толкателями, снятие показаний с контрастного датчика, индуктивного датчика, оптических датчиков положения. Контроллер обладает модульной конструкцией, что позволяет пользователю добавлять необходимое ему оборудование, в зависимости от требований. Программирование ПР200 осуществляется с помощью программного обеспечения OWEN Logic, на языках стандарта МЭК 61131-3, а именно FBD. Помимо вышеуказанных характеристик ПЛК обладают стандартизированными системами крепления и сигналами, что позволяет производить замену одних контроллеров в системе на другие.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод: современные ПЛК удобно использовать в АСУТП, так как их многие характеристики стандартизованы. Помимо этого, многие ПЛК модульные, то есть способны соединяться с дополнительными модулями расширения.

ЛИТЕРАТУРА

1. «ОВЕН» [Электронный ресурс] // URL: <https://owen.ru/> (Дата обращения 22.11.2023)
2. ОВЕН ПР200 [Электронный ресурс] // URL: <https://owen.ru/product/pr200> (Дата обращения 22.11.2023)

*Березин А.А., Мелюшонок Н.С., Гуцул М.В., Истомин А.Д.,
Носков М.Д., Сербин А.В., Чеглоков А.А.*

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЛЕВОГО ПЕРСОНАЛА ДОБЫЧНОГО ПОЛИГОНА СПВ УРАНА

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: berezin_s3@mail.ru*

Скважинное подземное выщелачивание (СПВ) – это процесс добычи полезных ископаемых путем использования растворов, которые выщелачивают полезные компоненты из руды на месте залегания.

В настоящее время на горнодобывающих предприятиях активно применяются цифровые технологии, которые все чаще переносятся на мобильные платформы. Полевому персоналу необходимо оперативно получать и сохранять данные в режиме реального времени. В связи с этим актуальным является задача создания мобильного приложения для полевого персонала на добычном полигоне СПВ урана.

В данной работе представлено описание мобильного Android-приложения, которое предоставляет возможности для быстрого получения и ввода данных по скважине для полевого персонала на добычном полигоне. Приложение предоставляет информацию об описании, местоположении, и конструкции скважины, режимах работы скважины, проведенных геофизических исследованиях и ремонтно-восстановительных работах, данным о насосном оборудовании и др. Привязка к конкретной скважине выполняется с помощью сканирования специального QR-кода, или с помощью выбора объекта из списка скважин. Приложение дает возможность вводить актуальную информацию по насосным агрегатам, проведенным ремонтно-восстановительным работам, событиям и замечаниям. Информация хранится в локальной базе данных устройства, актуальность данных обеспечивается синхронизацией с базами данных предприятия.

Разработанное мобильное приложение повышает эффективность работы полевого персонала за счёт оперативного доступа к необходимой технологической информации и ввода актуальных данных. Использование приложения снижает риск ошибок, предотвращает потерю информации и позволяет проводить оперативный мониторинг работы и состояния скважин.

Бибко Д.В., Носков М.Д.

ОБЛАЧНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ СБОРА ДАННЫХ ОТДЕЛА МАРКЕТИНГА СЕРВИСНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: bibkodw@icloud.com*

Разработанное приложение позволяет осуществлять автоматический сбор маркетинговых данных из множества источников, проводить их анализ, а также визуализацию как исходных данных, так и результатов анализа. Приложение предназначено для сотрудников и руководителей отдела маркетинга.

Импорт данных доступен из таких информационных систем как: CRM-система Битрикс24, рекламная система Яндекс Директ, рекламная система социальной сети Вконтакте, система веб-аналитики Яндекс Метрика и система веб-аналитики Google Analytics. Для работы доступны значения по более чем 30 показателям эффективности рекламных кампаний (количество показов объявлений, количество переходов по объявлениям, количество продаж и др.). Импортированные данные сохраняются в базу данных под управлением СУБД PostgreSQL. На основе импортированных данных рассчитываются значения показателей эффективности рекламной кампании, таких как: коэффициент кликабельности объявления, коэффициент конверсии из перехода по объявлению в звонок, стоимость привлечения обращения в организацию и др.

Приложение позволяет выполнять расчеты плановых значений показателей эффективности, проводить план-фактный анализ с уведомлениями о недостижении, выполнении или перевыполнении плана; отображать объединённые данные из множества источников в едином отчете; экспортировать данные для офлайн работы. Визуализация результатов работы происходит в виде табличных, графических и других отчетов. Таким образом, приложение снижает время, затрачиваемое специалистами на сбор и объединение данных из разных источников, а также сокращает время на выработку управленческих решений, принятие которых необходимо для повышения эффективности от инвестиций в маркетинг. Пользователям приложения не нужны навыки программирования для настройки импорта из сторонних источников данных, поэтому использование приложения позволяет снизить расходы предприятия на техническое сопровождение деятельности отдела маркетинга.

Веретенников Д.Г.

РАДИАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОКСИДНОГО ТОПЛИВА С ДОБАВКОЙ АМЕРИЦИЯ

*Национальный исследовательский Томский политехнический
университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30
e-mail: dgv3@tpu.ru*

Проблемой использования топлива UO_2 является его низкая теплопроводность ($\lambda = 4,5 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ при 1000 К). Используемая на практике добавка Gd_2O_3 снижает теплопроводность топлива на 20 % и более [1]. В качестве добавок, улучшающих свойства топлива и активной зоны, также рассматриваются Be, B, C, Mg, Al, Si, Er и др.

Однако, некоторые из этих элементов (в основном лёгкие) являются целевыми для (α , n)-реакций и поэтому могут осложнить радиационную обстановку. Расчёт в Sources-4C с использованием модели пучка α -частиц с энергией 5,15 МэВ, падающего на материал мишени с интенсивностью 10^6 α -частиц/с, показывает значительный выход (α , n)-нейтронов в свежем топливе с добавками ^9Be , $^{10,11}\text{B}$, ^{13}C , $^{25,26}\text{Mg}$, ^{27}Al , $^{29,30}\text{Si}$ при сравнении с $^{17,18}\text{O}$ в составе UO_2 .

В связи с этим, рассматривались топливные составы с добавками тяжелых элементов. Оптимальным является выгорающий поглотитель ^{241}Am в составе AmO_2 в гомогенном исполнении (0,2 ат.%), так как в таком случае теплопроводность топлива не снижается [2].

Нейтронно-физический расчёт и расчёт состава топлива выполнены в WIMS-D5B и для штатной ТВС ВВЭР-1200 и ТВС, содержащей AmO_2 . Расчёт нейтронной компоненты радиационных характеристик топлива выполнен в SOURCES-4C.

Использование добавки 0,2 ат.% AmO_2 повышает радиационный фон свежего топлива незначительно (< 8 %). ОЯТ с AmO_2 имеет мощность эквивалентной дозы нейтронного излучения на конец кампании выше в 3,5 раза по сравнению с таковой для штатного ОЯТ, причём разница уменьшается по мере выдержки топлива.

Мощность эквивалентной дозы нейтронного излучения ОЯТ после 7 лет выдержки в случае UO_2 $H_{T,R} = 6,18 \text{ Зв/(ч}\cdot\text{ТВС)}$, в случае $\text{UO}_2 + 0,2 \text{ ат.\% AmO}_2$ $H_{T,R} = 15,98 \text{ Зв/(ч}\cdot\text{ТВС)}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Теплофизические свойства модифицированного оксидного ядерного топлива / В.Г. Баранов [и др.] // Атомная энергия. – 2011. – Т. 110, вып. 1. – С. 36-40.
2. Shelley A., Ovi M.H. Use of americium as a burnable absorber for VVER-1200 reactor // Nuclear Engineering and Technology. – 2021. – V. 53.

Воронцова А.А., Внуков Р.А.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТЕРЖНЕЙ-ВЫТЕСНИТЕЛЕЙ В РЕАКТОРАХ СО СПЕКТРАЛЬНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ

*Обнинский институт атомной энергетики НИЯУ МИФИ,
249034, г. Обнинск, Калужская обл., Студгородок д. 1
e-mail: vorontsovaaa@oiate.ru*

На сегодняшний день две трети энергоблоков в России – корпусные легководные реакторы под давлением, представляя, таким образом, основу ядерно-энергетической отрасли. При этом в рамках концепции двухкомпонентной ядерной энергетики в перспективе развитие реакторов с более высоким коэффициентом воспроизводства, достигающегося за счет перехода к более жесткому спектру нейтронов, чем у существующих ВВЭР. Использование реакторных установок со спектральным регулированием является потенциальным вариантом развития.

В настоящей работе рассмотрен один из вариантов спектрального регулирования: использование вытеснителей в межтвэльном пространстве [1]. Для этого построена модель регулярной решетки, имеющую схожую геометрию с решеткой ВВЭР-1200 [2].

Оценены Кбеск, зависимость реактивности от плотности теплоносителя от 0 до 1 г/см³ с шагом 0.1 г/см³, температуры топлива от 300 до 3000 К с шагом 300 К. Подобрана концепция извлечения вытеснителей в течение топливной кампании, глубина выгорания топлива увеличена на 8 МВт·сутки/кг.

В первом приближении оценены доля экономии борной кислоты, затрат на установку циркониевых стержней-вытеснителей и вклад увеличения глубины выгорания на отпускную стоимость электроэнергии [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Элазака А. Методики спектрального регулирования в реакторах с водой под давлением: дис. канд. техн. наук: 05.14.03. – НИЯУ МИФИ, Москва, 2022 – 180 с.
2. Внуков Р.А., Колесов В.В., Жаворонкова И.А., Котов Я.А., Праманик М.М. Влияние размещения выгорающего поглотителя на нейтронно-физические характеристики тепловыделяющей сборки ВВЭР-1200. // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2021. – № 2. – С. 27-37. DOI: <https://doi.org/10.26583/npe.2021.2.03>.
3. В.В. Харитонов, Д.Ю. Семенова, Е.В. Акинфеева. Прогнозирование эффективности инвестиций в цифровизацию ядерной энергетики // Проблемы прогнозирования. 2021. № 6 (189). С. 104-112. DOI: 10.47711/0868-6351-189-104-112.

Ганжа Т.В.^{1,2}, Сахабутдинов А.Е.²

ПРИМЕНЕНИЕ КОНЦЕПЦИИ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В УСТАНОВКЕ ГИДРИРОВАНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ

*¹Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65*

*²Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники,
634050, г. Томск, пр. Ленина, 40,
e-mail: ale.xander.s@yandex.ru*

В лаборатории Северского технологического института «Национально исследовательского ядерного университета «МИФИ», на кафедре «Машины и аппараты химических и атомных производств» разработана автоматизированная система управления экспериментальной установки гидрирования редкоземельных металлов (РЗМ). Данная установка является гидравлической системой, которая позволяет освободить экспериментатора от необходимости непосредственного управления установкой [1].

Тщательное тестирование установки влечет за собой значительные накладные расходы и сложность проверки работы каждой отдельной подсистемы. Применение концепции аппаратно-программного моделирования (АПМ) ориентировано на решение проблем, сосредоточенных на удобстве тестирования.

В работе [2] представлен пример внедрения АПМ при проектировании системы управления судовой холодильной установки, с использованием среды моделирования Matlab Simulink.

Подходящим программным комплексом для реализации АПМ установки гидрирования РЗМ является среда моделирования MARC, которая позволяет реализовать многоуровневую модель технологической системы с возможностью проводить ее тестирование с различными сценариями использования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шорников Ю.В., Мяндин С.А. Компьютерное моделирование гидравлических систем. // Международный научный журнал «Молодой ученый». – 2017. – № 22 (156). – С. 104-110.
2. Вынга А.В., Авдеев Б.А. Использование программно-аппаратного моделирования при проектировании системы управления судовой холодильной установкой // Вестник государственного университета и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. – 2017. – Т. 9, № 4 – С. 806—813.

Гладченко Д.М., Шваб А.В.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГЕКСАФТОРИДА ВОЛЬФРАМА ВОДОРОДОМ

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина 36
e-mail: danil.1997_97@mail.ru*

Известно, что технология получения покрытий или изделий из вольфрама, который относится к наиболее тугоплавким металлам, является чрезвычайно трудоемким процессом. Перспективным способом получения изделий из вольфрама является метод, основанный на осаждении вольфрама из газовой фазы с помощью реакции восстановления водородом его фторидов [1].

Как правило, процесс газофазного формования осуществляется в коаксиальном канале, расположенном вертикально, однако, в силу свободной конвекции, за счет градиентов температуры и концентрации, такая геометрия не позволяет получать равномерный слой вольфрама на подложке. Поэтому в данной работе предлагается использовать кольцевой канал, расположенный горизонтально с нижней подачей смеси и с вращением внутренней трубки вокруг своей оси, что, очевидно, позволит получать равномерную толщину вольфрама на подложке трубки. В такой постановке в работе рассматривается математическое моделирование аэродинамики и тепломассопереноса в химическом реакторе с учетом химической гетерогенной реакции. Решение задачи проводилось на основе уравнений переноса импульса Навье-Стокса, уравнениях переноса теплоты и вещества и оригинальных граничных условий в реакционной зоне аппарата. При этом плотность смеси считалась функцией температуры и концентрации, а изменение плотности на перенос импульса учитывалось на основании приближения Буссинеска [2]. Разработанная математическая модель может быть использована для оптимизации процесса осаждения тугоплавких металлов в химических реакторах, а также для совершенствования рассматриваемой перспективной технологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Красовский А.И., Чужко Р.К., Трегулов В.Р. и др. // Фторидный процесс получения вольфрама // М.: Наука, 1981– 261 с.
2. Шваб А.В., Гичева Н.И. Моделирование свободной и вынужденной конвекции в вихревой камере химического реактора // Вестник Томского. университета. Математика и механика. 2017. № 49. С. 114-123.

Гладченко Д.М., Шваб А.В.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФТОРИРОВАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ТУГОПЛАВКОГО МЕТАЛЛА В ХИМИЧЕСКОМ РЕАКТОРЕ

*Национальный исследовательский Томский государственный
университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина 36
e-mail: danil.1997_97@mail.ru*

Известно, что в химической, атомной и космической отрасли промышленности широко используется метод фторирования. Следует отметить, что перспективная технология фторирования тугоплавких металлов затрагивает актуальную проблему, которая касается с одной стороны утилизации отходов этого ценного сырья при производстве изделий или покрытий из них, а с другой – обеспечивает высокий уровень защиты окружающей среды. Физико-математическая модель процесса фторирования металлического вольфрама базируется на уравнениях Навье-Стокса, теплопереноса, массообмена и уравнения неразрывности. Как следует из опытных данных, для более полного использования фтора используются очень небольшие скорости движения смеси по реактору. Поэтому применяется приближение Буссинеска, т.е. считается плотность постоянной величиной, а ее изменение учитывается за счет градиентов температуры и концентрации в силе Архимеда [1]. Существенным моментом при решении является определение температуры на подложке с металлическим вольфрамом, так как реакция фторирования является экзотермической и ее скорость прохождения зависит от температуры. На основе баланса выделившегося тепла и массы гексафторида вольфрама, а также с учетом законов Фурье и Фика определяются граничные условия в реакционной зоне реактора. Численное решение задачи проводилось эволюционным способом на основе метода расщепления полей скорости и давления на разнесенной сетки с применением метода чередующих направлений в «дельта» форме. Достоверность полученных результатов подтверждается тестовыми исследованиями и опытными данными [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Шваб А.В., Брендаков Р.В., Порохнин А.Ю. // Моделирование процесса фторирования металлического вольфрама // Вестник Том. ун-та. Математика и механика. 2018. № 53. С.116-129.
2. Королев Ю.М. Оптимизация фторирования порошка вольфрама фтором в реакторе с неподвижным слоем при обеспечении экологических требований // Известия вузов. Цветная металлургия. 2016. № 4. С. 23–33.

Исанов К.И., Колесов В.В.

АНАЛИЗ ОДНОКОМПОНЕНТНОГО ЗАМКНУТОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА РЕАКТОРА ТИПА ВВЭР-1200 НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ПЛУТОНИИ ИЗ ОЯТ

*Обнинский институт атомной энергетики НИЯУ МИФИ,
249034, г. Обнинск, Калужская обл., Студгородок д. 1
e-mail: isanov_kirill@mail.ru*

В данной работе рассмотрена проблема накопления запасов ОЯТ. Часть запасов ОЯТ приходится на невыгоревший уран-235 и накопившийся уран-236, плутоний и минорные актиниды. Так, по разным оценкам на данный момент накоплено порядка 400-500 тонн плутония, в т.ч. невыделенные запасы из ОЯТ. Плутония ОЯТ имеет разное качество, основные качества плутония: энергетический ОЯБ ВВЭР, энергетический ОЯТ РБМК, энергетический ОЯТ БН и оружейный плутоний.

Проблема накопления энергетического плутония и необходимость его повторного вовлечения в топливный цикл обретает новую актуальность [1]. Это обосновывается приближением сроков заполнения хранилища отработавшего ядерного топлива (ХОЯТ) на горно-химическом комбинате (ГХК). Следующим этапом развития атомной энергетики является переход на двухкомпонентный топливный цикл в связках быстрый реактор – тепловой реактор [2].

Проблему накопленных запасов энергетического плутония предлагается решить организацией вовлечения плутония в замкнутый однокомпонентный топливный цикл.

Так, в работе рассчитывался выход МОКС топлива на стационарный уровень, с ежегодной подпиткой из запасов плутония ОЯТ. Определялось время выхода на стационар, общая доля плутония и доля плутония подпитки по мере выхода на стационар, а также после выхода на стационар. Данные расчеты проведены для четырех видов плутония, описанных ранее.

Определен потенциал вовлечения накопленных запасов плутония и экономия природного урана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н.В. Ковалев, А. М. Прокошин и др. Использование плутония из отработавшего смешанного топлива РЕМИКС в реакторе БН-1200. - Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2023. - №1. – С. 70-71.
2. А.А. Андрианов, В.В. Коробейников и др. Оптимизационные исследования структуры ядерной энергетики России с реакторами на тепловых и быстрых нейтронах с использованием пакета MESSAGE. Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2010. - №2. – С. 160-163.

Мусин С.В., Шваб А.В.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕОДИНАМИКИ И ТЕПЛОПЕРЕНОСА ГРАНУЛИРОВАННОЙ СРЕДЫ В ПНЕВМАТИЧЕСКОМ ЦИРКУЛЯЦИОННОМ АППАРАТЕ

*Национальный исследовательский Томский государственный
университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина 36
e-mail: mmnt98@mail.ru*

Одной из актуальных проблем инновационного развития химической и атомной промышленности является создание новых износостойких и жаропрочных покрытий в технологических процессах. При создании таких материалов необходимо использование порошков с заданными свойствами. Существуют механические технологии, однако в настоящее время более перспективными являются пневматические методы переработки порошковых сред. Эти технологии снижают энергозатраты за счет использования гравитационных сил и энергии сжатого воздуха. В частности, процессы смешения, усреднения, сушки гранулированных сред могут одновременно осуществляться в пневматическом циркуляционном аппарате (ПЦА) [1]. В работе представлена математическая модель динамики движения гранулированной среды на основе осесимметричных уравнений переноса импульса, теплоты и вещества в цилиндрической системе координат с использованием известной модели «степенной жидкости» в рабочей зоне ПЦА. Представленные оригинальные граничные условия при использовании данной математической модели позволили согласовать теоретические и экспериментальные данные по гравитационному течению зернистой среды в пневматическом циркуляционном аппарате [2]. Справедливость численного применения скольжения среды на стенках для неньютоновской жидкости подтверждается аналитическими зависимостями, полученными авторами. На основе рассмотренной гидродинамики проведен анализ особенностей температурного поля гранулированной среды, а также исследован процесс усреднения гранулированной среды. Предложенная модель для исследования процессов переноса импульса, теплоты и вещества гранулированной среды имеет перспективы ее применения в химической технологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Росляк А.Т., Бирюков Ю.А., Пачин В.Н. Пневматические методы и аппараты порошковой технологии. Томск: Издательство ТГУ, 1990. 272 с.
2. Savage S.B. Gravity flow of cohesionless granular materials in chutes and channels // J. Fluid Mech. 1979 Vol. 92. P. 53-96.

Мусин С.В., Шваб А.В.

**РАСЧЕТ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМЕНА В КАНАЛЕ
ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСХОДА
АГРЕССИВНЫХ ИЛИ РАДИОАКТИВНЫХ СРЕД**

*Национальный исследовательский Томский государственный
университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина 36
e-mail: mmnt98@mail.ru*

В химической и атомной промышленности существует потребности в точном измерении расходов радиоактивных и агрессивных жидкостей в различных устройствах (реакторах, каналах, трубах, теплообменниках) для их точного дозирования в технологических процессах [1]. Как известно из научной литературы, традиционное определение расхода жидкостей и газов по перепаду давления для агрессивной или радиоактивной жидкости связано с большими трудностями [2]. Поэтому перспективными являются неконтактные способы определения расхода таких сред.

В настоящей работе на основе математического моделирования рассматривается такой способ, который основан на возможности определения расхода по разности температур. Для иллюстрации этого метода было проведено численное моделирование конвективного теплообмена в канале с изменением поперечного сечения, в котором имеется источник теплового потока. Проведенное численное моделирование позволило определить поля скоростей, температур и давлений. Анализ полученных данных, показал, что на некотором расстоянии за препятствием разность температур верхней и нижней стенок однозначно зависит от расхода жидкости. Данный способ может быть использован как в роли основного способа определения расхода, так и в качестве дополнительного ввиду того, что для радиоактивных и агрессивных жидкостей измерение температуры стенок технически проще измерения перепада давления. Достоверность численного моделирования гидродинамики и теплопереноса в канале подтверждается тестовыми исследованиями и сравнением с известными аналитическими решениями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Shadrin A.Y., Ivanov V.B., Skupov M.V., et al. // Atomic Energy. 2016. V.121. P.119-126.
2. Сумин Г.В., Денисевич А.А., Горюнов А.Г. и др. // Разработка системы измерения малых расходов радиоактивных жидкостей радиохимических производств // Ж. Физика. Томск. Т.64. № 2-2. С. 106-112.

Пашикина В.В., Задорожная Н.Д., Волгина С.В.

ТЕХНОЛОГИЯ «ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК» КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

*Волгодонский инженерно-технический институт НИЯУ МИФИ,
347360, Ростовская обл., г. Волгодонск, ул. Ленина, д. 73/94
e-mail: viti@mephi.ru*

Создать виртуально-цифровую АЭС, стало возможно при помощи технологии «Цифровых двойников». Эта платформа используется для моделирования и отработки различных режимов работы энергоблоков с реактором ВВЭР от нормальной эксплуатации до сложных аварийных ситуаций.

Данная платформа сможет увеличить качество подготовки оперативного персонала АЭС, что повлияет на качество его подготовки, а также на уровень безопасности эксплуатации объектов атомной отрасли, что особенно важно, так как любая авария на АЭС влечет за собой экономические и человеческие потери.

В современном мире стандартным подходом стало то, что заказчики сложных, дорогостоящих технологических объектов, хотят иметь полное отражение реального объекта. «Цифровые двойники», среди прочего, позволяют им управлять экономикой объекта на протяжении всего его жизненного цикла, а также снизить риски и увеличить выгоду при инвестировании в подобные проекты.

Исходя из всего вышеперечисленного, ГК «Росатом» необходимо повсеместное внедрение технологии «Цифрового двойника» на объектах атомной отрасли для снижения издержек и увеличения прибыли. Примером может послужить опыт зарубежной корпорации «General Electric», которая, используя «Цифровой двойник», смогла снизить финансовые затраты на 11-51%, временные — на 25-65% и на 15-53% увеличить прибыль.

ЛИТЕРАТУРА

1. Толстых Т. О., Гамидуллаева Л. А., Шка-рупета Е. В. Ключевые факторы развития промышленных предприятий в условиях цифрового производства и индустрии 4.0 // Экономика в промышленности. - 2018. - Т. 11. - №. 1. - С. 11-19.
2. Хитрых Д. Цифровые двойники в промышленности: истоки, концепции, современный уровень развития и примеры внедрения // САПР и графика. - 2022. - № 7. - С. 4-11.

Петерс Н.А., Цыхлер Л.В., Лапкис А.А., Кикинчук О.А.

ВЕРИФИКАЦИЯ ПРОГРАММЫ КОМПЛЕКСА ПРОЧНОСТНОГО РАСЧЕТА ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

*Волгодонский инженерно-технический институт НИЯУ МИФИ,
347360, Ростовская обл., г. Волгодонск, ул. Ленина, д. 73/94
email: viti@mephi.ru*

Для использования программного обеспечения (ПО) в атомной промышленности необходимо, чтобы данное ПО было аттестовано согласно [1]. Применение модуля конечных элементов «АРМ FEM», установит независимость от иностранного ПО. Данный модуль не относится к перечню аттестованных программ.

НИЯУ МИФИ выполняет диагностику и разработку оборудования АЭС, принимает важные технические решения и разрабатывает методики, используя для расчетов, в том числе и «АРМ FEM» согласно руководству [2]. Расчет в «АРМ FEM» произведен при помощи метода конечных элементов (МКЭ). Приближения были сделаны на основе изменения сетки конечных элементов (КЭ). Определяющим параметром являлся шаг КЭ сетки. Аналитический расчет был произведен по теории сопротивления материалов.

Стержень круглого сечения закреплен как жесткая заделка, однако в реальности строго жесткой заделки не существует, перемещение будет и в узлах закрепления.

КЭ сетка составлялась из 10-узловых тетраэдров, которые обеспечивают достаточно высокую точность согласно исследованию [3].

В результате выявлено: 1) оптимальный шаг КЭ при построении сетки составил 2,5мм, 2) уменьшение шага КЭ сетки не всегда увеличивает точность расчета, 3) отклонение от результатов аналитического расчета не превышает 0,45%.

Использование библиотек «АРМ FEM» в САПР «КОМПАС-3D» позволяет производить расчеты с высокой точностью на ЭВМ различной комплектации.

ЛИТЕРАТУРА

1 Экспертиза и аттестация программ для ЭВМ. Режим доступа: <https://www.secnrs.ru/expertise/software-review/>.

2 АРМFEM. Руководство пользователя. Режим доступа: <https://apm.ru/downloads/188/APM-FEM-2022.pdf>.

3 А. Мухин «Объемные конечные элементы для расчета тонкостенных конструкций». Режим доступа: <http://www.ispa-soft.ru/statxi/statxq14.htm>.

Поволоцкая А.А., Яскевич Д.А., Голышев И.Д., Спирidonов Е.В.

ВИРТУАЛЬНЫЙ СТЕНД «ТЕПЛОВОЙ НАСОС» В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ВИТИ НИЯУ МИФИ

*Волгодонский инженерно-технический институт НИЯУ МИФИ,
347360, Ростовская обл., г. Волгодонск, ул. Ленина, д. 73/94
email: viti@mephi.ru*

В технических учебных заведениях автоматизация проявляется во внедрении цифровых технологий в учебный процесс, что помогает улучшать качество образования и сокращает время на выполнение рутинных задач.

Проблема учебных стендов – высокая стоимость, возможность их поломки. Преимущество данного виртуального стенда – мобильность, не требует дополнительных ресурсов, не нуждается в техобслуживании. Целью данной работы является разработка виртуального стенда «Тепловой насос», который основан на базе существующего стенда-тренажёра «Тепловой насос-2» расположенном в ВИТИ НИЯУ МИФИ.

Реальный насос представляет собой тепловую машину, при помощи которой происходит перенос энергии в виде теплоты. Учебный стенд наглядно показывает рабочий цикл теплового насоса. Целью данной лабораторной работы является определение отопительного коэффициента цикла ε , количества низкопотенциальной теплоты Q_2 , отбираемой у окружающей среды и количества теплоты Q_1 , передаваемой в систему отопления помещения.

$$\varepsilon = \frac{q_1}{l_{\text{цикла}}},$$

где ε – коэффициент преобразования или отопительный коэффициент цикла.

Разработанный виртуальный стенд позволяет моделировать работу насоса и устанавливать данные окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев А.С., Лапшинов О.Ю. Основы программирования в среде LabVIEW [Электронный ресурс]. – СПб: Университет ИТМО, 2015. – 82 с.
2. Смоленцев Н. Лабораторная работа по энергосбережению. - Белорусский национальный технический университет, 2015. – 8 с.

Правосуд С.С.^{1,2}, Маслаков Д. С.², Якубов Я.О.²

НЕЧЕТКИЙ ПИ-РЕГУЛЯТОР КОНТУРА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ МОЩНОСТИ РЕАКТОРА ВВЭР – 1200

¹*АНО ДПО «Техническая академия Росатома», г. Обнинск,
Калужская обл. Ул. Курчатова. 21*

²*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
E-mail: sspravosud@mephi.ru, ssepravosud@rosatom.ru*

При проектировании САР мощности ЯР предпочтение отдается ПИ - закону регулирования из-за его высокой эффективности [1]. В работах [1, 2] производится параметрический синтез такого регулятора для классической математической модели ядерного реактора. Точность настройки ПИ - регуляторов зависит от исходной мощности реактора, в то время как его параметры не являются самонастраивающимися [3]. Соответственно, для улучшения маневренных характеристик реактора необходимо использовать современные стратегии управления, основанные, например, на нечетких ПИ-регуляторах (F-PI).

Преимущества нечетких регуляторов над классическим ПИ регулятором показано в работе [3]. В текущей работе рассматриваются спроектированный нечеткий ПИ-регулятор при автоматическом регулировании мощности реактора ВВЭР – 1200 и сравнивается с ПИ-регулятором и с нечетким регулятором при изменении уставки оператора $\pm 10\% P_{\text{ном}}$ и при введении реактивности $\pm 0.1\beta$. Показаны преимущества разработанного нечеткого ПИ-регулятора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никулина Е. Н. Математическое моделирование систем автоматического регулирования тепловой мощности реактора / Е. Н. Никулина // Вестник Нац. техн. ун-та "ХПИ": сб. науч. тр. Темат. вып.: Системный анализ, управление и информационные технологии. – Харьков : НТУ "ХПИ", 2009. – № 4. – С. 131-136.
2. К. А. Иванов, С. С. Правосуд. Синтез пропорциональной САР мощности нелинейной динамической модели реактора ВВЭР-1000 // Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий. Том 1. – Балаково: НИЯУ МИФИ, 2020. – С. 278-282. – EDN QRHHNI.
3. S. Pravosud, D. Maslakov, Ya. Yakubov Fuzzy logic controller of power control system loop of a nonlinear dynamic model of the VVER-1200 nuclear reactor // Безопасность АЭС и подготовка кадров : Тезисы докладов, Обнинск, 26–27 октября 2023 года. – Обнинск: ООО "Оптим-Пресс", 2023. – Р. 109-111. – EDN MLKOOW.

Савенко А.В., Иванов М.Л., Иванов К.А.

СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: iroberi@mail.ru, lydoz@mail.ru, KAIvanov@mephi.ru*

В настоящее время цифровой двойник (ЦД) активно используются при моделировании, управлении и оптимизации процессов в промышленных производствах. Однако возможность использования ЦД для вузов с целью повышения эффективности образовательного процесса мало исследована. Актуальной является разработка цифрового двойника образовательного процесса для вузов с целью повышения эффективности обучения специалистов и поддержки принятия стратегических и оперативных решений.[1].

На первом этапе формируется Цифровая тень (ЦТ), в процессе формирования которой происходит системный анализ всех бизнес-процессов и осуществляется их оцифровка. Создается система, которая собирает и хранит все необходимые данные, такие как история посещаемости занятий, успеваемость по предметам, задолженности по сессиям, научные работы. Система анализирует данные и оперативно представляет результаты по запросу для поддержки принятия решений руководством.

Участники образовательного процесса, получают различные права доступа к таким данным, обеспечивающиеся ролевой моделью. Студенты, преподаватели и администрация имеют доступ только к необходимой информации.

На следующем этапе формируется Цифровой двойник на основании Цифровой тени, позволяющий повысить эффективность бизнес-процессов. Концепция создания и использования ЦД подразумевает использование студентоцентричной модели.

Внедрение цифровых технологий таких как ЦД позволит студенту по завершению обучения соответствовать эталонному высококвалифицированному специалисту в выбранном направлении, в которых нуждаются предприятия, что повышает шансы трудоустройства выпускников по окончании обучения в вузе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павличева Е.Н. Применение интеллектуальных цифровых двойников вузов при формировании индивидуальных траекторий обучения // Культура: теория и практика. 2023. 8 с.

Сазонов И.С., Романов А.В.

ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ ПОД ФЛЮСОМ

*Волгодонский инженерно-технический институт НИЯУ МИФИ,
347360, Ростовская обл., г. Волгодонск, ул. Ленина, д. 73/94
e-mail: viti@terphi.ru*

В качестве универсального источника постоянного тока или напряжения предлагается ИОН 48-900 фирмы «Донавтоматика». Он предназначен для работы в следующих режимах АСФ: простое задание тока и напряжения, периодический режим (импульсный или пульсирующей дугой), другие программные установки [1,2].

Выполнены исследования статической ВАХ источника питания (ИП) ИОН 48-900, тестирование на наличие сервисных функций. В целом по результатам испытаний установлено, что статические характеристики соответствуют требованиям ГОСТ Р МЭК 60974-1-2012 [3], а схемные решения обеспечивают необходимую продолжительность времени горения дуги без перегрева ИП.

Система питания SAW дуги обеспечивает устойчивость сварочного контура, как на традиционных, так и на программируемых режимах автоматической сварки под флюсом. Программные режимы определялись путем подбора на контрольных пробах из соображений обеспечения требуемого уровня механических свойств ответственных сварных соединений при условии устойчивости сварочного контура и качественного формирования шва [4].

Установлено, что система питания SAW-дуги на базе программируемого источника ИОН 48-900 соответствуют заявленным паспортным и техническим данным и рекомендована для прохождения испытаний в промышленных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Источники питания программируемые серии ИОН. *Руководство по эксплуатации ДА248.00.000 РЭ [Текст]*. – г. Волгодонск: ООО «Донавтоматика», 2018, 41 с.
2. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 004/2011. О безопасности низковольтного оборудования [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.vniis.ru/downloads/>
3. ГОСТ Р МЭК 60974-1-2012. Оборудование для дуговой сварки. Часть 1 Источники сварочного тока [Текст]. – Москва: Стандартинформ, 2014.
4. Чернов, А.В. Обработка информации в системах контроля и управления сварочным производством: Монография/ Новочерк. гос. техн. университет. Новочеркасск: НГТУ. 1995. – 180 с.

Сазонов И.С., Севашов В.А.

АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ММА-ПРОЦЕССА НА БАЗЕ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ИНЕМ-200Т

*Волгодонский инженерно-технический институт НИЯУ МИФИ,
347360, Ростовская обл., г. Волгодонск, ул. Ленина, д. 73/94
e-mail: viti@mephi.ru*

В работе исследовали устойчивость ММА процесса при наплавке валиков покрытыми электродами УОНИ 13/55 диаметрами 3 и 4 мм на пластины из низкоуглеродистой стали толщиной 8 мм. Сварку обеспечивал аппарат инверторного типа ИНЭМ-200Т на обычных ММА режимах на обратной полярности и импульсном режиме ММА–PULSE пульсирующей дугой.

Установлено, что изучаемый ММА–PULSE процесс более устойчив по сравнению с обычной ручной дуговой сваркой (ММА). Как следствие, отмечается более благоприятное формирование металла шва, оцениваемое по ГОСТ 25616-83 [1]. Электродуговой процесс, по мнению сварщиков, в режиме пульсирующей дуги реализуется значительно легче и не требует специальных навыков.

Так же экономичность, высокое качество сварного шва, производительность, эффективность [2] и простота в эксплуатации – делают ММА процесс пульсирующей дугой перспективным вариантом при выборе сварочных процессов, особенно для сварки малой ёмкостной арматуры – штуцеры, измерительные патрубки и т.п.

По результатам работы сделаны выводы о перспективности использования пульсирующей дуги для сварки ответственных швов в атомной энергетике.

Перечисленные выше возможности микропроцессорных систем питания сварочной дуги приводят к существенному снижению требований к квалификации сварщиков, предъявляемых к выполнению регламентируемых сварочных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 25616-83. Источники питания для дуговой сварки. Методы испытания сварочных свойств.
2. Князьков, В.Л. Повышение эффективности ручной дуговой сварки модулированным током электродами с покрытием за счет автоматической адаптации параметров режима к технологическому процессу // Дис. канд. техн. наук: 05.03.06. М., 2006. 166 с.

*Сербин А.В., Гуцул М.В., Истомин А.Д., Носков М.Д., Сакирко Г.К.,
Чеглоков А.А.*

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПЛАН-ФАКТНОГО АНАЛИЗА ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРЕДПРИЯТИЯ ДОБЫЧИ УРАНА МЕТОДОМ СКВАЖИННОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: AVSerbin@mephi.ru*

Оценка и анализ экономической эффективности уранодобывающего предприятия является сложным и трудоемким процессом, от результатов которого зависит финансовое планирование организации в будущем. Применение информационных технологий значительно упрощает данный процесс и помогает сформировать точные и своевременные выводы о работе предприятия. Поэтому целесообразным является разработка и внедрение на предприятии специализированного программного обеспечения (ПО).

В данной работе представлено описание ПО, осуществляющего план-фактный анализ таких финансово-экономических показателей предприятия, как выручка, чистая прибыль, условно-постоянные затраты, финансирование инвестиций и т.д. ПО создано в среде разработки Embarcadero RAD Studio 10.2 на языке программирования C++ с применением паттернов объектно-ориентированного проектирования.

Функционал ПО план-фактного анализа включает в себя следующие возможности:

- ежемесячный ввод и редактирование плановых и фактических значений экономических показателей;
- анализ и выявление отклонений фактических данных от плановых;
- представление введенных данных и результатов анализа по каждому показателю в графическом и табличном виде;
- уведомление ответственного персонала предприятия через электронную почту в случае невыполнения плана.

Применение ПО план-фактного анализа обеспечивает оперативный доступ к актуальной информации о финансовой деятельности геотехнологического предприятия, а также позволяет своевременно выявлять отклонения фактических значений экономических показателей от плановых и информировать об этом ответственный персонал и руководство предприятия.

Соломаха А.Е., Шваб А.В.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАКРУЧЕННОГО ТЕЧЕНИЯ В ЦЕНТРОБЕЖНОМ АППАРАТЕ НА ОСНОВЕ КРИВОЛИНЕЙНОЙ ОРТОГОНАЛЬНОЙ СЕТКИ

*Национальный исследовательский Томский государственный
университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина 36
e-mail: solomahaartem@yandex.ru*

В технологиях химической и атомной промышленности широко используются закрученные течения, которые, как правило, имеют сложные геометрические формы. Хорошо известно, что наиболее точные численные расчеты в аэродинамических задачах могут осуществляться на ортогональных разностных сетках. Поэтому актуальной задачей при моделировании аэродинамики закрученного течения в центробежном аппарате является построение криволинейной ортогональной сетки [1].

В настоящей работе на основе известного способа построения ортогонального семейства данному семейству построена криволинейная ортогональная разностная сетка, которая наиболее удачно позволяет учесть геометрические особенности рабочей камеры воздушно-центробежного классификатора [2]. Построенная разностная сетка позволяет определить так называемые коэффициенты Ламе и соответственно преобразовать уравнения переноса импульса к новой криволинейной ортогональной системе координат. Численное решение уравнений переноса импульса, в полученной системе координат, проводилось на основе способа расщепления полей скорости и давления. Для решения уравнений переноса использовалась неявная обобщенная схема чередующихся направлений в «дельта» форме. Для записи конвективно-диффузионных слагаемых использовалась экспоненциальная схема на разнесённых сетках с применением метода контрольного объёма. Проведенное численное моделирование позволило определить поля осевой, радиальной и окружной составляющих вектора скорости в рабочей камере воздушно-центробежного аппарата. Достоверность численных исследований подтверждается проведением тестовых расчетов и сопоставлением опытных и расчетных данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкостей. М.: Мир. Том.2. 552 с.
2. Росляк А.Т., Бирюков Ю.А., Пачин В.Н. Пневматические методы и аппараты порошковой технологии. Томск: Изд. ТГУ. 1990. 272 с.

Фомин А.А., Григорьева А.В., Чертков Ю.Б.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГОВЫДЕЛЕНИЯ В АКТИВНОЙ ЗОНЕ
БЫСТРОГО РЕАКТОРА СО СВИНЦОВЫМ
ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ ПО ПРОГРАММНОМУ КОМПЛЕКСУ
DOLCE VITA/E1.0**

*Национальный исследовательский Томский политехнический
университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30
e-mail: aaf42@tpu.ru*

Нейтронно-физический расчётный код DOLCE VITA/E1.0 и графическая оболочка SMART разработаны ИБРАЭ РАН для определения характеристик реакторных установок на быстрых нейтронах с жидкометаллическим теплоносителем. Энерговыведение в активной зоне является одной из важнейших характеристик. Равномерное энерговыведение позволяет увеличить глубину и равномерность выгорания ядерного топлива, что приводит к улучшению физических характеристик и экономических показателей установки.

Цель работы – определение изменения коэффициента неравномерности энерговыведения активной зоны реактора со свинцовым теплоносителем на различных уровнях мощности и связанного с этим изменения положения РО.

Разработана модель ядерного реактора на быстрых нейтронах со свинцовым теплоносителем в оболочке SMART. Тепловая мощность установки 600 МВт, расчетное значение k_{eff} равно 1.004099. С использованием расчетного кода DOLCE VITA/E1.0 было определено распределение энерговыведения по ячейкам активной зоны и рассчитан коэффициент неравномерности его неравномерности. При мощности $0.1\%N_{\text{ном}}$ k равен 1.183, при мощности $50\%N_{\text{ном}}$ - 1.611, при мощности $100\%N_{\text{ном}}$ - 1.152. При сбросе центрального РО - 1.201.

Изменение энерговыведения при переходе с одного уровня мощности реактора на другой связано с введением поглотителей нейтронов в активную зону.

ЛИТЕРАТУРА

1. Саркисов А.А., Пучков В.Н. Нейтронно-физические процессы в быстрых реакторах с тяжелыми жидкометаллическими теплоносителями //Москва. – ИБРАЭ РАН. – Наука. – 2011. – 168 с. – 2011.
2. Белов А.А. и др. Отраслевой нейтронно-физический расчетный код на базе диффузионного приближения. учебная версия 1.0 (dolce vita/e1. 0).

*Секция
Проекты будущего*

Вялова В.А.

НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ РЕАКТОРНЫХ УСТАНОВОК ТИПА ВВЭР-1000 С КАРБИДНО- КОМПОЗИТНЫМ ТОПЛИВОМ

*МАОУ Заозерная СОШ с углубленным изучением отдельных
предметов № 16 г. Томска*

634009, Томская область, г. Томск, пер. Сухозерный, д.6

e-mail: vikulya.ilina.19@bk.ru

Принцип работы ЯР типа ВВЭР-1000, имеющих наибольшее распространение на территории России, основан на сжигании урана-235. Это единственный изотоп, который существует в природе и делится. Его примерно 0,7% от общего объема всего добываемого урана. Это очень мало. По энергетическим возможностям его столько же, сколько и нефти. То есть, если сейчас начать программу широкого развертывания АЭС на тепловых нейтронах, то примерно к 2040-50 годам урана-235 не останется. Но ведь у нас есть уран-238, но вот в чём проблема – в отличие от урана-235 уран-238 не "горит". Но его много. Поэтому еще в начале развития атомной энергетики была предложена так называемая "бридерная" программа (уран, обогащенный плутонием. Доля последнего – от 18 до 25%. В результате работы этого реактора плутония получается несколько больше, чем было загружено). Тогда придется около каждой такой станции рядом строить радиохимический завод по выделению плутония, фабрикация новых твелов.

Исходя из вышесказанного, можно рассмотреть возможности применения реактора ВВЭР-1000 на карбидно-композитном топливе. Для этого используем программу WIMS, в которой создаем упрощенную модель, с учетом содержания материала и температуры. Полученные результаты помогут обосновать возможность эксплуатации существующих реакторных систем на регенерированном топливе.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.Д. Шмелев, Ю.Г. Драгунов, В.П. Денисов, И.Н. Васильченко. Активные зоны ВВЭР для атомных электростанций. Изд. – ИКИ Академкнига, 2004. – 220 с.
2. С. Глестон и М. Эдлунд. Основы теории ядерных реакторов. Изд. – Иностранной литературы, Москва, 1954. – 458 с.
3. Л.М. Матвеев и А.П. Рудик. Почти все о ядерном реакторе. Изд. – Энергоатомиздат, 1990. – 240 с.

Широглазов М.М., Баширов С.М., Борисов Д.А.

РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ «СОРТИРОВКА»

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: borisov22222@gmail.com*

Автоматизация в современной промышленности имеет немалую роль, так как именно она помогает упростить управление, уменьшить травмоопасность, повысить надежность.

Уровни автоматизации подразделяются на три части: нижний, средний, верхний.

Нижний (полевой) уровень в основном состоит из датчиков и исполнительных механизмов. Средний уровень направлен на обработку информации и управление. Верхний уровень несет задачу мониторинга, принимая информацию со среднего уровня он визуализирует её, так же верхний уровень занимается сбором, хранением и выдачей нужных данных [1].

Средний уровень, а именно программируемые логические контроллеры программируются на языках стандарта МЭК 61131-3. Сосредоточимся языке FBD. Это графический язык, основанный на функциональных блоках, связанных соединительными линиями [2].

Для апробации программирования на языке FBD, разработана программа управления исполнительными механизмами мехатронного модуля «Сортировка» по следующему алгоритму:

Заготовка помещается перед датчиком присутствия на линии, система приводит толкатели в задвинутое состояние и начинает транспортировку заготовки к толкателю, как только заготовка достигла толкателя, заготовка сбрасывается в накопитель. Для 1 заготовки – 1 накопитель, для 2 заготовки – 2 накопитель, для 3 заготовки – 3 накопитель.

В ходе выполнения работы, успешно разработана программа, работа которой совпадает с требуемым алгоритмом.

Развитие автоматизации приводит ко многим открытиям и массовому прогрессу.

ЛИТЕРАТУРА

1. СТРУКТУРА АСУ ТП [Электронный ресурс] // URL: <https://ivctl.ru/o-kompanii/blog/struktura-asu-tp/> (Дата обращения 21.11.2023).
2. ГОСТ Р МЭК 61131-3-2016. Контроллеры программируемые. Часть 3. Языки программирования. – Введ. 2017–04–01. – М.: Стандартинформ, 2016. – 213 с.

СЕВЕРСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
НИЯУ МИФИ

Научное электронное издание

ИННОВАЦИИ В АТОМНОЙ ОТРАСЛИ:
ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

*Всероссийская научно-практическая конференция студентов,
аспирантов и молодых ученых*

11-15 декабря 2023 г.

Материалы конференции

Научный редактор: профессор, доктор физико-математических наук
М.Д. Носков

Компьютерное макетирование и набор текста:
М.И. Якубова

ISBN 978-5-93915-119-1

