

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»

ТОПЛИВНАЯ КОМПАНИЯ РОСАТОМА «ТВЭЛ»

АДМИНИСТРАЦИЯ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «СИБИРСКИЙ ХИМИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ»

ОТРАСЛЕВОЙ УНИВЕРСИТЕТСКИЙ КОМПЛЕКС «СИБАТОМКАДРЫ»

**ФГАОУ ВО «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**СЕВЕРСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ –
ФИЛИАЛ ФГАОУ ВО «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»**

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ В Г.ТОМСКЕ

VII ШКОЛА-КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ АТОМЩИКОВ СИБИРИ

19-21 октября 2016 года

Сборник тезисов докладов

СЕВЕРСК-2016

УДК 621.039

VII Школа-конференция молодых атомщиков Сибири: сборник тезисов докладов, 19-21 октября 2016 года, г. Северск: Изд. СТИ НИЯУ МИФИ, 2016. – 199с.

ISBN 978-5-93915-130-6

Сборник включает материалы VII Школы-конференции молодых атомщиков Сибири. Приводятся результаты научных исследований, связанных с совершенствованием ядерно-химических технологий, автоматизацией технологических процессов, применением современных информационных технологий в атомной промышленности и энергетике, а также актуальными вопросами ядерного нераспространения, безопасности и экологии атомной отрасли, перспективными направлениями развития ядерной энергетики и ядерной медицины.

Для специалистов, работающих в атомной отрасли, а также для студентов, аспирантов и молодых ученых, интересующихся актуальными вопросами ядерной энергетики и промышленности.

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

ISBN 978-5-93915-130-6

© Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 2016



Дорогие друзья!

Приветствую молодых атомщиков Сибири в гостеприимной Томской области!

В очередной раз наш регион объединил будущих ученых, инженеров и конструкторов – ярких представителей молодежи, готовых посвятить себя мирному атому.

Томская область – одна из столиц российской атомной промышленности. У нас уже более 60 лет работает одно из крупнейших в мире ядерных предприятий – Сибирский химический комбинат. Лучшие в стране томские университеты готовят для отрасли первоклассных специалистов. А в самом большом ЗАТО страны – нашем Северске – ученые, инженеры и строители создают атомную энергетику завтрашнего дня, символом которой станет опытно-демонстрационный энергокомплекс с реактором на быстрых нейтронах.

Для воплощения в жизнь амбициозных планов нам нужны талантливые и целеустремленные молодые люди. Дерзайте, и пусть у вас все получится!

Сергей Жвачкин
Губернатор Томской области

СОДЕРЖАНИЕ

Секция *Химические технологии атомной промышленности и энергетики*

Андросов В. О., Пронин В.А., Хорохорин В.С., Макаеев Ю.Н.	16
<i>Сравнение способов получения редкоземельных металлов и их сплавов</i>	
Баранов А.М., Карташов Е.Ю., Бродский В.М.	17
<i>Исследование процесса гидрирования обеднённого урана для изготовления топлива реакторов нового поколения</i>	
Бобров П.А., Слюнчев О.М., Козлов П.В.	18
<i>Исследование химической стойкости цементных матриц в условиях длительного выщелачивания</i>	
Бобров П.А., Слюнчев О.М.	19
<i>Применение мембранных технологий для очистки жидких низкоактивных отходов радиохимического производства</i>	
Буценко Е.С., Панфилова С.С., Семенов С.С., Циркунов П.Т.	20
<i>Бактериальное выщелачивание в атомной промышленности</i>	
Вязникова Д.А., Пронина Я.Д.	21
<i>Условия проведения спектрального анализа урансодержащих таблеток для МОКС-топлива</i>	
Гузеев В.В., Семенов С.С., Циркунов П.Т., Фатеев Г.А.	22
<i>Синтез нитридов редких металлов в неравновесной плазме</i>	
Гурова О.А., Зеличенко Е.А., Гузеев В.В., Ковальская Я.Б.	23
<i>Доставка минеральных веществ для суставов</i>	
Здравковский Р.П., Зарипова Л.Ф., Пищулин В.П.	24
<i>Интенсификация процесса получения фтороводорода</i>	
Калаев М.Е., Никитин Е.С., Гузеев В.В.	25
<i>Исследование возможности выделения и очистки фтороводорода из сбросных газов</i>	
Кит М.В., Выскребенцев М.В., Гузеев В.В., Семенов С.С., Циркунов П.Т., Пак А.Д.	26
<i>Установка получения газовых гидратов для осушения растворов и разделения газовых смесей</i>	
Клещёва И.С.	27
<i>Перспективы развития строительства атомных ледоколов</i>	
Ковальская Я.Б., Зеличенко Е.А., Гузеев В.В., Гурова О.А., Агеева Л.Д.	28
<i>Особенности сорбции золота и серебра целлюлозосодержащими сорбентами</i>	
Колядко Д.К., Чурсин С.С.	29
<i>Влияние среды проведения СВ-синтеза системы Zr-Al на конечный продукт</i>	
Кутузова С.О., Сазонова Л.Р., Ещев В.А., Зозуля Д.В., Софронов В.Л.	30
<i>Нитридное ядерное топливо для реакторов на быстрых нейтронах</i>	
Лазарев М.М., Семенов С.С., Циркунов П.Т.	31
<i>Получение и применение углеродных нанотрубок для атомной промышленности</i>	

Лоскутников В.П., Ветчанина В.Д., Макасеев Ю.Н., Меркулов В.Г.	32
<i>Исследование производства фосфора-32,33</i>	
Малин А.В., Шагалов В.В.	33
<i>Изучение фторирования монацитового концентрата элементарным фтором</i>	
Маркова Д.В., Кадочигов К.А., Ворошилов Ю.А., Машкин А.Н., Логунов М.В., Волк В.И., Двоглазов К.Н.	34
<i>Исследование отдельных переделов перспективной технологии экстракционного аффинажа плутония</i>	
Матросова М.Ю., Литвиненко О.В.	35
<i>Роль микрогетерогенности среды в аморфных стеклообразных полимерах в процессе массопереноса</i>	
Москалюк А.А., Карташов Е.Ю.,	36
<i>Рефабрикация ОЯТ реакторов на быстрых нейтронах</i>	
Пермикин А.А., Овсенев А.Е.	37
<i>Определение адиабатической температуры горения матричного материала на основе модифицированного перовскита в режиме СВС</i>	
Полянская А.В., Кочергина Е.С., Софронов В.Л., Макасеев Ю.Н.	38
<i>Твердофазное легирование магнитов Nd-Fe-B лигатурами, содержащими РЗЭ</i>	
Пронин В.А., Андросов В.О., Макасеев Ю.Н.	39
<i>Теплоносители для реакторов на быстрых нейтронах</i>	
Рожнева Я.И., Муслимова А.В., Галата А.А.	40
<i>Очистка РЗЭ-содержащих растворов вскрытия апатита</i>	
Сазонова Л.Р., Семенов Т.А., Макасеев Ю.Н., Софронов В.Л.	41
<i>Ленинградская атомная электростанция принцип действия реактора РБМК. Водно-химический режим ЛАЭС</i>	
Сазонова Л.Р., Макасеев Ю.Н.	42
<i>Получение фторида железа. Исследование процесса с использованием фторида аммония</i>	
Смолянинова Е.В., Наумов В.В.	43
<i>Масс-спектрометрический метод определения урана в технологических продуктах</i>	
Старовойтов Н.П., Дудкин В.А., Казаков В.А., Барина Н.В., Лызлова Е.В.	44
<i>Оценка взрывопожаробезопасности процесса термического разложения некоторых продуктов с использованием термических методов анализа на ФГУП «ПО «Маяк»</i>	
Супруненко М.В., Передерин Ю.В.	45
<i>Двукратная сорбция вольфрамат-ионов на анионите Ambersep 920U</i>	
Урянская Р.Ю., Софронов В.Л.	46
<i>Исследование процесса получения гексафторида урана</i>	
Ушакова А.А., Семенов С.С., Циркунов П.Т.	47
<i>Применение материалов с эффектом памяти формы в атомной промышленности</i>	
Хорохорин В.С., Семёнов Т.А., Макасеев Ю.Н.	48
<i>Исследование эрозии лакокрасочных покрытий защитных конструкций и оборудования при запроектных авариях на АЭС</i>	

Чернуха Д.Ю., Сазонова Л.Р., Ещев В.А., Зозуля Д.В., Софронов В.Л.	49
<i>Смешанное нитридное ядерное топливо. Способы получения</i>	
Шабурова Е.С., Дворянчикова Е.М., Джемелло К.А.	50
<i>Измерение массовой концентрации элементов в растворах урана методом ИСП МС</i>	
Шаповаленко Н.А., Волкова Т.С., Рудских В.В.	51
<i>Статическая и полная обменная емкость сульфокислотных катионитов по отношению к ионам щелочных металлов</i>	
Шляжко Д.С., Круглов С.Н., Смолкин П.А.	52
<i>Поведение молибдена в системе «30%-ный ТБФ в углеводородном разбавителе – водный азотнокислый раствор нитрата уранила»</i>	
Шрайнер А.Э., Гуцул М.В., Носков М.Д.	53
<i>Применение нерегулярных схем расположения скважин при добыче урана методом СПВ</i>	
Яблокова Ю.А., Муслимова А.В., Молоков П.Б., Рожнева Я.И.	54
<i>Экстракционные процессы в технологии переработки монацита по азотнокислой технологии</i>	

Секция Актуальные вопросы ядерного нераспространения, безопасность и экология ядерной отрасли

Абрамец В.В., Лидер А.М., Салчак Я.А., Седнев Д.А.	56
<i>Повышение эффективности ультразвукового контроля пеналов хранения ОЯТ</i>	
Абузарова Ю.Р., Степанов Б.П.	57
<i>Обеспечение защищенности критических элементов инфраструктуры объекта</i>	
Беспала Е.В., Павлюк А.О., Котляревский С.Г.	58
<i>Оценка возможности образования пирофорных соединений при обезвоживании технологического канала уран-графитового реактора</i>	
Болгов С.Ю., Шеховцова А.П.	59
<i>Плазменная обработка кубовых остатков жидких радиоактивных отходов на АЭС</i>	
Буковецкий А.В., Бойко В.И., Степанов Б.П.	60
<i>Способ оценки эффективности системы физической защиты ядерного объекта при рассмотрении угроз, реализуемых с помощью малоразмерных беспилотных летательных аппаратов</i>	
Вдовенко А. Ю., Демянюк Д. Г.	61
<i>Отказ от ядерного оружия. Примеры и перспективы</i>	
Gbinu J.	62
<i>Issues of formation of Ghana's nuclear program</i>	
Горлов И.А., Зиновьев Г.С.	63
<i>Замкнутый ядерный топливный цикл в России</i>	
Грачев Е.К., Илекис В.М.	64
<i>Концепция безопасности современных АЭС</i>	

Давтян И.В., Годовых О.В.	65
<i>Вопросы взаимодействия систем обеспечения непрерывности знаний о ядерных материалах</i>	
Еремеева Т.А., Чурсин С.С.	66
<i>Определение альфа-излучателей в пробах речной воды г. Томска с использованием PIPS-детектора</i>	
Закусилов В.В., Куприянов В.В.	67
<i>Получение защитного композитного соединения в режиме твёрдопламенного горения</i>	
Зинатулина С.Р., Годовых А.В.	68
<i>Применение технологии Big Data в области атомной энергии</i>	
Игнаткин В.А., Бубликова И. А.	69
<i>Исследование динамики показателей онкологической заболеваемости населения зоны наблюдения Ростовской АЭС</i>	
Казаков В.А., Дудкин В.А., Старовойтов Н.П., Ремизов М.Б.	70
<i>Исследование термической стойкости натрийалюмофосфатных стекол</i>	
Каренгин А.А., Каренгин А.Г.	71
<i>Плазменная обработка отходов в виде диспергированных горючих композиций</i>	
Катаева О.И., Седнев Д.А.	72
<i>Возможность применения сухого хранилища камерного типа для безопасного хранения отработавшего ядерного топлива в России</i>	
Колотков Г.А.	73
<i>Дистанционное детектирование радиоактивных газоаэрозольных выбросов АЭС с реактором на быстрых нейтронах</i>	
Конева Д.А., Седнев Д.А.	74
<i>Влияние особенностей ядерно-топливного цикла государства на возможность применения гарантий МАГАТЭ</i>	
Костылев О.К., Куликов М.Г., Пугачев Д.К.	75
<i>Работоспособность реакторного графита в РБМК-1000</i>	
Кузьмин В.С., Посохов Д.В.	76
<i>Разработка перовскито-подобной матрицы для иммобилизации радиоактивных отходов в режиме технологического горения</i>	
Ленков И.Л.	77
<i>Программа модернизации ядерного арсенала Соединённых Штатов Америки</i>	
Марданшина О. А.	78
<i>Будущее атомной энергетики Франции после аварии на АЭС «Фукусима»</i>	
Овечкин Е.В., Мотрий И.А., Ключев В.Е.	79
<i>Выбор площадки для глубинного захоронения высокоактивных РАО</i>	
Пермикина Е.Е., Годовых А.В.	80
<i>Анализ этапов ядерного топливного цикла с точки зрения учета и контроля ядерных материалов</i>	
Пироженко Т.Е., Каренгин А.Г.	81
<i>Комплексная плазменная утилизация отходов замкнутого ядерного топливного цикла</i>	

Понер М. В., Степанов Б. П.	82
<i>Создание модели действия нарушителя по преодолению инженерных средств физической защиты</i>	
Пушенко П.А., Седнев Д.А.	83
<i>Представление модели компетенций для реализации принципа синергии 3S</i>	
Пышкина М.Д.	84
<i>Корреляционные отношения радионуклидов в выбросах АЭС с различными типами реакторных установок</i>	
Ревенко К.Е., Кузнецов М.С., Соколова А.Е.	85
<i>Использование мазковых проб для обнаружения незаявленных ядерных материалов и деятельности</i>	
Седанова Е.П., Седнев Д.А., Жвырбля В.Ю.	86
<i>Применение метода ультразвуковой томографии для контроля композиционных материалов атомной промышленности</i>	
Семендеева Е.А., Дудкин В.А., Старовойтов Н.П.	87
<i>Исследование взрывопожаробезопасных свойств сорбента Clevasol</i>	
Степанова А.С., Никишкин Т.Г.	88
<i>Обнаружение ЯМ и РВ методами неразрушающего анализа в целях обеспечения физической ядерной безопасности на границах</i>	
Степанова Ю.В., Терехова А.М.	89
<i>Исследование различных выгорающих поглотителей в реакторе ВВЭР-1200</i>	
Сычев А.В., Орешкин Е.А.	90
<i>Оценка эффективности процесса плазменной обработки радиационно-загрязненных иловых отложений</i>	
Терещенко Е.В.	91
<i>Сравнение различных марок ионообменных смол для извлечения урана из фторсодержащих растворов</i>	
Терещенко Е.В.	92
<i>Исследование влияния концентрации H_2SO_4 на показатели извлечения урана из фторсодержащих растворов для катионита Purolit S950</i>	
Терещенко Е.В.	93
<i>Определение условий десорбции урана с катионита Purolit S950</i>	
Теровская Т.С., Кеслер А.Г., Носков М.Д.	94
<i>Экологическая безопасность отработки месторождения урана методом подземного выщелачивания</i>	
Торопчин Г.В.	95
<i>Uranium mining in Australia: prospects and obstacles</i>	
Хусаинов М.Р., Урцев О.А., Третьяков М.В.	96
<i>Контроль геометрии радиохимического оборудования ультразвуковым методом</i>	
Чебыкин Д.А., Демянюк Д.Г.	97
<i>Ядерные программы Индии и Пакистана: угроза дня</i>	
Шевелева А.А., Годовых А.В., Степанов Б.П.	98
<i>Разработка программной среды по моделированию систем безопасности</i>	

**Секция Перспективные направления развития ядерной энергетики.
Ядерные технологии в инновационной экономике и ядерной медицине**

Alyukov E.S., Novoselov I.Yu., Karengin A.G.	100
<i>Assessment of capability for plasmachemical synthesys of oxide and carbon-oxide compositions for dispersion nuclear fuel</i>	
Болдаков В.А., Зеличенко Е.А.	101
<i>Исследование процесса получения гидроксипатита в лабораторных условиях</i>	
Болтовская Н.А., Брендаков В.Н., Кропочев Е.В.	102
<i>Аддитивная технология передела металлического вольфрама</i>	
Бондаренко Е.А., Наймушин А.Г., Аникин М.Н., Лебедев И.И.	103
<i>Анализ возможности увеличения объемов производства ⁹⁹Mo на реакторе ИРТ-Т</i>	
Брякунова В.В.	104
<i>Новые образцы рентгеновской оптики с использованием особо чистого бериллия</i>	
Бусыгин А.С., Аникин М.Н., Наймушин А.Г.	105
<i>Взаимодействие коллимированного нейтронного пучка с биологическими тканями</i>	
Воробьёв А.И.	106
<i>Применение радионуклидов в ядерной медицине</i>	
Гончарова Н.А., Гуцул М.В., Носков М.Д.	107
<i>Предпроектное геотехнологическое моделирование отработки блока месторождения урана методом скважинного подземного выщелачивания</i>	
Градобоев А.В., Симонова А.В., Орлова К.Н.	108
<i>Надежность предварительно облученных нейтронами светодиодов ИК-диапазона при эксплуатации</i>	
Григорьева А.А., Милойчикова И.А., Стучебров С.Г.	109
<i>Томографическое исследование композитных материалов</i>	
Гусаров М.А., Носков М.Д.	110
<i>Применение треугольной схемы скважин с переменным режимом работы для добычи урана из малого рудного тела</i>	
Давыдов А.А., Киселев Д.С., Мокрушин А.А., Попкова А.В., Федоров Е.Н.	111
<i>Технологические аспекты изготовления источника бета-излучения на основе фольги никеля-63 для радиационно-стимулированных элементов питания</i>	
Данилова И.Б., Красных А.А., Милойчикова И.А., Стучебров С.Г.	112
<i>Анализ характера взаимодействия ионизирующего излучения с модифицированным ПЛА-пластиком</i>	
Дмитриев С.К., Лебедев И.И., Аникин М.Н., Чертков Ю.Б.	113
<i>Моделирование расположения нового облучательного объема для НТЛ кремния в реакторе ИРТ-Т</i>	
Дубровка С.	114
<i>Анализ востребованности спектрометрических услуг на рынке продукции</i>	

Закусилов В.В.	115
<i>Предварительный подогрев шихты, как способ управления твердопламенным горением</i>	
Золотых Д. Е., Лебедев И. И., Наймушин А. Г.	116
<i>Формирование экспериментального объема для облучения слитков кремния большого диаметра</i>	
Зубов В.В., Тундешев Н.В., Каренгин А.Г.	117
<i>Моделирование и исследование процесса получения в воздушной плазме гомогенных оксидных композиций урана и плутония для МОКС-топлива</i>	
Зубов В.В., Перминов С.В., Каренгин А.Г.	118
<i>Плазмохимический синтез и исследование гомогенных оксидных композиций для ториевого ядерного топлива</i>	
Зулькарнеев А.Д.	119
<i>Диагностика рака методом комбинированной позитронно-эмиссионной и компьютерной томографии</i>	
Коновалов П.И., Чертков Ю.Б.	120
<i>Исследование процесса наработки радиоизотопа Тс-99М на реакторе ИРТ-Т</i>	
Красных А.А., Милойчикова И.А., Стучебров С.Г.	121
<i>Метод формирования поперечных профилей электронных пучков путем создания фильтрующих элементов из АБС-пластика</i>	
Кропачев Е.В., Карташов Е.Ю.	122
<i>Обзор конструкционных материалов для рабочей зоны атомных реакторов нового поколения (на быстрых нейтронах)</i>	
Лабькин М.Б., Шкляренко Е.В.	123
<i>Расчетно-теоретический анализ процесса СВС</i>	
Ластовец Ю.В., Степанов Б.П.	124
<i>Вопросы вывода из эксплуатации реактора РБМК</i>	
Лоншаков Н.А., Горбунов В.А.	125
<i>Повышение эффективности эксплуатации турбопитательных насосов АЭС</i>	
Малик А.А., Рыжков А.А.	126
<i>Использование технологии СВС для создания функциональных борсодержащих материалов</i>	
Малюгин Р.В., Орлов А.А., Цимбалюк А.Ф.	127
<i>Влияние диаметра входного клапана и горизонтального ребрения на скорость заполнения емкости UF₆</i>	
Молодов П.А., Аникин М.Н., Наймушин А.Г.	128
<i>Оценка возможности создания коллимирующего устройства для проведения НЗТ на реакторе ИРТ-Т</i>	
Нерода А.А., Аникин М.Н., Лебедев И.И., Наймушин А.Г.	129
<i>Разработка детальной модели отражателя бериллиевого отражателя реактора ИРТ-Т</i>	
Овчинникова К.Г., Исаченко Д.С.	130
<i>Экспертиза образовательных программ в высших учебных заведениях</i>	
Переверзева М.А., Милойчикова И.А., Стучебров С.Г.	131
<i>Разработка способа изготовления материалов с заданными индексами Хаунсфилда</i>	

Перминова М.В., Демянюк Д.Г.	132
<i>Концепция управления ядерными знаниями</i>	
Прец А.А., Комаров П.А., Матвиенко М.А.	133
<i>Длительность кампании ядерного топлива реактора БРЕСТ-ОД-300</i>	
Салодкин С.С., Головков В.М.	134
<i>Получение йода-124 на циклотроне ТПУ для ядерной медицины</i>	
Сечная Д.Ю., Красных А.А, Милойчикова И.А., Стучебров С.Г.	135
<i>Метод измерения распределения плотности потока электронов в поперечном сечении пучка на основе математической реконструкции</i>	
Смирнова Т.Л.	136
<i>Конкуренентные преимущества ядерной энергетики в системе кластерного территориального развития</i>	
Терещенко Е.В., Кербель Б.М., Ливандовский А.В., Кацнельсон Л.М.	137
<i>Исследование зависимости размера частиц оксида Al от температурно- временных параметров процесса непрерывного твердофазного синтеза</i>	
Хорохорин В.С., Макаеев Ю.Н., Софронов В.Л.	138
<i>Исследование влияния легирующих компонентов и температуры спекания на характеристики магнитов на основе Nd-Fe-B</i>	
Шаманин И.В., Беденко С.В., Кнышев В.В.	139
<i>Оценка мультиплицирующих свойств LWR на дисперсионном топливе</i>	

**Секция Автоматизация и информатизация технологий и объектов
атомной отрасли**

Ахлюстина О.Н., Крушный В.В.	141
<i>Модель управляемого перехода сетей петри</i>	
Балалаев А.В., Горбунов В.А.	142
<i>Моделирование сепарации пара в парогенераторе ПГВ-1000М в программном пакете Ansys</i>	
Брыляков Н.С., Ливенцов С.Н.	143
<i>Разработка модели и системы управления процессом в печи карботермического синтеза ядерного топлива в проекте «Прорыв»</i>	
Бугрина В.С.	144
<i>Реакторы для АЭС будущего</i>	
Буровенская С., Шарнин А.В., Лобес Л.А., Степанченко Е.К.	145
<i>Исследование эффективности времяпролетных методов измерений в импульсной рефлектометрии плазмы</i>	
Бурцев А.Ю., Бутько Ю.Г., Дьяченко Л.В.	146
<i>Мат-статистическая обработка результатов термических исследований сублимации гексафторосиликата аммония</i>	
Бурцев А.Ю., Бутько Ю.Г., Дьяченко Л.В.	147
<i>Исследование энергии активации сублимации гексафторосиликата аммония</i>	

Валитов С.Н., Истомин А.Д., Носков М.Д., Чеглоков А.А.	148
<i>Модуль учета насосного оборудования геотехнологического предприятия</i>	
Варламов И.А., Годовых А.В.	149
<i>Инструментарий численного моделирования углеродных наноструктур</i>	
Гимазова Ю.У., Агеев А.Ю., Лебедев В.О.	150
<i>Использование динамической подложки при разработке мнемосхем АРМ оператора</i>	
Говяшов И.А., Тундешев Н.В., Каренгин А.Г.	151
<i>Моделирование и исследование процесса прямого плазмохимического восстановления никеля из водно-солеорганических композиций</i>	
Гуцул М.В., Истомин А.Д., Носков М.Д., Чеглоков А.А.	152
<i>Алгоритмическое программное обеспечение для проектирования и оптимизации схем вскрытия полигонов скважинного подземного выщелачивания урана</i>	
Дериглазов А.А., Павлов В.М., Голобоков Ю.Н.	153
<i>Высокоуровневый протокол управления и конфигурирования систем сбора данных установки Токамак</i>	
Забанов А.С., Криницын Н.С.	154
<i>Разработка математической модели узла гидрофторирования производства гексафторида урана</i>	
Карманова А.В., Гриценко И.В., Филипас А.А.	155
<i>Моделирование крана гибкой подвески</i>	
Кремлев И.А., Леонов С.В.	156
<i>Проектирование герметичной синхронной электрической машины мощностью 5000 Вт</i>	
Кривошеева Е.А.	157
<i>Способ экспресс диагностики магнитных характеристик магнитопроводов электродвигателей</i>	
Кугергин В.В., Кузьминых Н.М., Миннебаев М.Р.	158
<i>Информатизация атомного предприятия о его системах автономными датчиками</i>	
Кузнецова М.Е., Беденко С.В.	159
<i>Разработка аналитической программы данных СВРК</i>	
Кутлиметов А.Э., Чухно В.И., Усов Э.В., Лобанов П.Д., Прибатурин Н.А.	160
<i>Анализ замыкающих соотношений для моделирования переноса продуктов истечения при межконтурных течах в реакторах с жидкометаллическим теплоносителем</i>	
Ливандовский А.В., Кербель Б.М., Кацнельсон Л.М., Агеев А.Ю., Лихота Т.А., Терещенко Е.В.	161
<i>Определение характеристик и модернизация шахтной лабораторной печи</i>	
Лихота Т.А., Кербель Б.М., Агеев А.Ю., Ливандовский А.В.	162
<i>Методы и приборы измерения физических свойств керамических изделий</i>	
Лихота Т.А., Кербель Б.М., Агеев А.Ю.	163
<i>Применение метода Монте-Карло в технических измерениях</i>	
Нестеров А.Д., Янова А.О., Носков М.Д.	164
<i>Применение двухрядной схемы расположения скважин с переменным режимом работы для добычи урана из узкого вытянутого рудного тела</i>	

Никишкин И.Ю., Каренгин А.Г.	165
<i>Моделирование процесса плазменной обработки аммиачно-хлоридных маточных растворов</i>	
Никишкин Т.Г.	166
<i>Особенности гамма-измерений ЯМ и РВ с использованием математического моделирования</i>	
Павленко А.П., Каренгин А.Г.	167
<i>Моделирование процесса плазменной обработки азотнокислых экстракционных рафинатов</i>	
Парфентьев Е.А., Иванов А.А., Хусаинов М.Р.	168
<i>Усовершенствованная аналитическая модель счетных характеристик счетчиков медленных нейтронов</i>	
Рыбак А.Д., Зарницын А.Ю., Федоров Д.Ф.	169
<i>Синхронный двигатель с постоянными магнитами</i>	
Сакирко Г.К., Истомина А.Д., Носков М.Д.	170
<i>Алгоритмическое и программное обеспечение для прогнозирования добычи урана методом скважинного подземного выщелачивания</i>	
Степанченко Е.К., Шарнин А.В., Лобес Л.А., Буровенская С.П.	171
<i>Одномерная модель микроволновой импульсной рефлектометрии плазмы токамака КТМ</i>	
Твердохлебова Т.С., Лидер А.М., Салчак Я.А.	172
<i>Моделирование типичных дефектов пеналов для сухого хранения ОЯТ</i>	
Шарапова Т.В., Макин Р.С.	173
<i>Исследование миграции радионуклидов в почве с помощью методов странной динамики</i>	
Шелопугин Д.С., Криницын Н.С., Николаев А.В., Дядик В.Ф.	174
<i>Решение задачи оптимизации расхода теплоносителя в каскаде трубок фильда</i>	
Янова А.О., Нестеров А.Д., Носков М.Д.	175
<i>Отработка узкого вытянутого рудного тела с помощью двухрядной схемы скважин с переменным режимом работы</i>	

Секция Ядерные технологии - шаг в будущее

Гоголев Д.А.	177
<i>Исследовательский проект. Полезные свойства радиации</i>	
Грибков А.С.	178
<i>Система онлайн мониторинга интегральных показателей качества воды на станциях водоочистки, водоподготовки и природных объектах</i>	
Губин А.В., Ларионов К.Б.	179
<i>Получение и использование синтез-газа в системах автономного энергоснабжения</i>	
Ершова В.И., Жукова А.А., Рыбина Л.Н.	180
<i>Атомные взрывы вчера, сегодня, завтра</i>	

Ефимова А.К.	181
<i>Радиация в медицине. «За» или «против»</i>	
Коробейникова А., Букреева Т.М.	182
<i>Применение изотопов и излучений в сельском хозяйстве</i>	
Кузнецов А.С., Горюнов А.Г.	183
<i>Преобразователь GPIO UART – RS-485 для одноплатного компьютера Raspberry PI2</i>	
Кутузова Е.А., Гумовская А.А.	184
<i>Применение холодной плазмы в медицине</i>	
Малышкин А., Букреева Т.М.	185
<i>Реактор на быстрых нейтронах</i>	
Михно А.С., Хрипунов Г., Крюгер Н.	186
<i>Удаление биологических тканей с помощью холодной плазмы</i>	
Новиков Д.А., Сахарова Ю., Горюнов А.Г.	187
<i>Умный источник питания на микрокомпьютере с одноканальной схемой</i>	
Перегудова А.С., Годымчук А.Ю.	188
<i>Методы дисперсионного анализа наночастиц</i>	
Перегудова К.С., Годымчук А.Ю.	189
<i>Анализ вероятности накопления промышленных наночастиц в организме персонала</i>	
Печкин Д.В., Суханов А.Е., Горюнов А.Г.	190
<i>Концепция Р/У тренажера для обучения персонала в сфере телекоммуникационного управления объектами</i>	
Примаков А.С., Дериглазов А.А.	191
<i>Система контроля параметров микроклимата</i>	
Сахарова Ю.Т., Новиков Д.А., Горюнов А.Г.	192
<i>Умный источник питания на микрокомпьютере с полумостовой схемой</i>	
Северюхина Е.Д., Демянюк Д.Г.	193
<i>Современные вызовы режиму нераспространения ядерного оружия</i>	
Сметанина Л.А.	194
<i>Модифицированный золь-гель метод получения Al_2O_3</i>	
Сутурин С., Букреева Т.М., Ярушин Д.Б.	195
<i>Исследование процесса приготовления механических смесей порошков к твердофазному синтезу</i>	
Суханов А.Е., Печкин Д.В., Горюнов А.Г.	196
<i>Концепция медицинского прибора для анализа состава крови</i>	
Фокина Я.И.	197
<i>Ядерные технологии в медицине XXI века</i>	
Чухонастова А.И.	198
<i>Алгоритм обработки сигналов с индукционных датчиков для измерения параметров плазмы на установках типа Токамак</i>	

Секция
**ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ АТОМНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ЭНЕРГЕТИКИ**

СРАВНЕНИЕ СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ И ИХ СПЛАВОВ

*Андросов В. О., Пронин В.А., Хорохорин В.С., Макасеев Ю.Н.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: androsov600@gmail.com*

В настоящее время высокоэнергетические постоянные магниты (ВЭПМ) производятся из магнитных материалов, создаваемых на основе редкоземельных металлов (Nd,Pr,Dy,Tb,Sm). Довольно сложная технология получения РЗМ делает высокоэнергетические постоянные магниты не дешевыми, что ограничивает их более широкое практическое использование.

Для РЗМ, имеющих значительное отличие в температурах плавления и кипения, разработаны разные варианты металлотермических и электролитических способов получения. Исходным сырьем для их получения служат оксиды, хлориды и фториды.

Наиболее рациональным способом получения самария является лантанотермический (карботермический) метод восстановления из оксидов. Карботермический способ получения РЗМ из оксидов отличают доступность и дешевизна восстановителя, а также легкость и полнота разделения металлической и шлаковой фаз. К негативным факторам можно отнести высокую температуру протекания процесса (~ 1600°C), а так же необходимость создания инертной атмосферы.

Восстановление оксидов самария, европия и иттербия лантаном проводят в вакууме с одновременной дистилляцией образующихся металлов, которые имеют более высокое давление пара, чем лантан.

Для легкой группы элементов наиболее рациональным является получение металла электролизом из расплава оксида, хлорида или фторида. В процессе электролиза эти металлы выделяются на катоде в расплавленном состоянии из-за сравнительно низкой температуры плавления. Таким методом можно получить как чистый металл (на инертных электродах) так и его сплав. Основное преимущество электролитического метода заключается в меньшей себестоимости получаемых металлов.

В работе рассмотрены различные способы получения РЗМ, описаны их преимущества и недостатки, приведены наиболее рациональные способы получения различных редкоземельных металлов и их сплавов.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГИДРИРОВАНИЯ ОБЕДНЁННОГО УРАНА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТОПЛИВА РЕАКТОРОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

*Баранов А.М., Карташов Е.Ю., Бродский В.М.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: Baranov.artem.1992@mail.ru*

Одним из переделов получения моонитрида урана на первоначальной стадии производства ядерного топлива является обработка водородом металлического урана для перевода его в гидридное состояние при температуре 225–250 °С по реакции:



Этот процесс проводится в одном реакторе, обогреваемым электрическим током с помощью ТЭНов.

Задачей исследований было определение величины индукционного периода, предшествующего началу гидрирования и скорости гидрирования.

Для проверки оптимальных параметров гидрирования использовался металлический образец обеднённого урана. Максимальное абсолютное давление водорода ограничивали величиной 1,7 кгс/см². В результате полученных данных скорость гидрирования при температуре 230 °С и давлении водорода 410 мм рт.ст. и 1180 мм рт.ст. составила 0,11 г/мин и 0,18 г/мин соответственно.

Было определено равновесное давление водорода, которое составило $p = 10^{-4590/503 + 9,39} = 1,8$ мм рт. ст.

Данные опыты проводили при избыточном количестве водорода, превышающем стехиометрическое в 2...3 раза. В результате реакция между ураном и водородом проходила до тех пор, пока не было достигнуто равновесное давление в системе «гидрид урана ↔ уран + водород».

В ходе исследований был определён индукционный период, который составил 15...30 минут в диапазоне температур 220...250 °С и давлении водорода 1,5...1,6 кгс/см². Скорость гидрирования для образцов массой 50...70г при оптимальных режимах составила 0,35 г/мин. Отмечено повышение скорости гидрирования с увеличением массы образца, что объясняется ростом поверхности самого образца.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ЦЕМЕНТНЫХ МАТРИЦ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

Бобров П.А., Слюнчев О.М., Козлов П.В.

*Федеральное государственное унитарное предприятие
«Производственное объединение «Маяк», г. Озерск, Челябинская
область, пр. Ленина, 31
E-mail: cpl@po-mayak.ru*

Существующая практика тестирования образцов различных компаундов на химическую стойкость ограничивается, как правило, 28 или 90 сут. Получение информации о скорости выщелачивания радионуклидов при более длительных испытаниях представляется интересной задачей, особенно, что касается цезия и технеция, обладающих повышенной подвижностью.

В работе использовали растворы-имитаторы кубового остатка от упаривания среднеактивных отходов радиохимического завода. В качестве матричного материала использовали портландцемент марки М-400, молотый доменный шлак, с введением сорбционных, армирующих и пластифицирующих добавок. В качестве радиоактивных меток использовали изотопы ^{99}Tc , ^{137}Cs и ^{241}Am .

Степень наполнения компаундов по солям составила от 19,1 % до 19,6 % - для матриц на основе портландцемента и от 16,5 % до 17,6 % - для матриц на основе доменного шлака. Удельная активность образцов изменялась для $^{99}\text{Tc} \sim (2 - 4) \cdot 10^5$ Бк/г, $^{137}\text{Cs} \sim (2 - 3) \cdot 10^4$ Бк/г, $^{241}\text{Am} \sim (4 - 6) \cdot 10^3$ Бк/г.

По результатам эксперимента установлено, что средняя скорость выщелачивания радионуклидов из цементных компаундов на 390 сут составила для ^{99}Tc от $0,7 \cdot 10^{-3}$ до $1,2 \cdot 10^{-3}$ г/(см²·сут), ^{137}Cs - от $1,8 \cdot 10^{-5}$ до $2,8 \cdot 10^{-5}$ г/(см²·сут). При этом минимальными значениями скорости выщелачивания радионуклидов характеризуются компаунды на основе доменного шлака.

Полученные результаты демонстрируют высокую прочность фиксации радионуклидов ^{137}Cs и ^{241}Am как матрицами на основе портландцемента, так и доменного шлака в условиях длительного выщелачивания. Установлено, что для прочной фиксации цезия достаточно введение в состав композиции 5 % бентонита.

Следует отметить, что компаунды на основе доменного шлака отличаются более высокой прочностью фиксации радионуклидов, обеспечивая надежность и безопасность контролируемого длительного хранения.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕМБРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ ЖИДКИХ НИЗКОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ РАДИОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Бобров П.А., Слюнчев О.М.

*Федеральное государственное унитарное предприятие
«Производственное объединение «Маяк», г. Озерск, Челябинская
область, пр. Ленина, 31, E-mail: cpl@po-mayak.ru*

В соответствии с концепцией, разработанной на предприятии, предусматривается отказ от централизованной системы переработки потоков низкоактивных отходов (НАО) всего предприятия и создания единой новой транспортной спецсети. Для переработки жидких НАО на радиохимическом производстве планируется создать специализированный участок очистки, учитывающий специфику радиоактивного и химического загрязнения отходов.

В рамках реализации мероприятий по Федеральной целевой программе и разработке современной стратегии обращения с ЖРО на ФГУП «ПО «Маяк» совместно с ООО «Гидротех» была разработана и испытана опытная установка очистки жидких НАО производительностью до 10 м³/ч. Технология очистки жидких радиоактивных отходов (ЖРО) включает стадии селективной сорбции, ультрафильтрации, обратного осмоса (ОО), ионного обмена. Установка спроектирована в блочном исполнении, что позволяет эксплуатировать ее в режиме максимальной очистки (двухступенчатый ОО) и в экономичном режиме (одноступенчатый ОО).

За время проведения опытных испытаний переработано более 70 000 м³ жидких НАО. Установлено, что использование совмещенных процессов селективная сорбция-ультрафильтрация позволяет снизить активность ¹³⁷Cs в растворах на 99 %. В результате опытных испытаний на установке показано, что разработанная технология очистки жидких НАО обеспечивает удаление ^{137,134}Cs, ⁹⁰Sr, ⁶⁰Co, ²⁴¹Am из растворов до значений, соизмеримых с уровнями вмешательства радионуклидов. Остаточная удельная активность очищенных растворов составила для альфа-излучающих нуклидов от 1,0 до 2,5 Бк/л; для бета-излучающих нуклидов от 30 до 50 Бк/л; для ¹³⁷Cs менее 5,3 Бк/л.

Вода с такой активностью, согласно нормативным документам, может быть использована без ограничений для технических целей (создания замкнутого водооборотного цикла завода) или сброшена в открытую гидрографическую сеть. Применение мембранных технологий для очистки жидких НАО радиохимического производства позволит снизить объёмы ЖРО, гарантировать значительное сокращение потребления воды, организовать замкнутую систему водооборота производства.

БАКТЕРИАЛЬНОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ В АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*Буценко Е.С., Панфилова С.С., Семенов С.С., Циркунов П.Т.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: svinks13@gmail.com*

Бактериальное выщелачивание (БВ) – процесс избирательного извлечения ценных компонентов, либо ненужных примесей (мышьяк) из руд, концентратов и горных пород с помощью метаболитов, выделяемых бактериями. Этот процесс часто совмещается с выщелачиванием слабыми растворами серной кислоты бактериального и химического происхождения, а также растворами, содержащими органические кислоты, белки, пептиды, и т.д.

В атомной промышленности наибольшее распространение получило применение тионовых бактерий *thiobacillus ferrooxidans*. Они окисляют сульфидные минералы, серу и железо с образованием окислителя Fe^{3+} и растворителя — серной кислоты. Благодаря этому расход H_2SO_4 снижается. В свою очередь Fe^{3+} является окислителем при выщелачивании руд меди, ванадия, урана из вторичных сульфидов и других элементов.

Процесс БВ не требует сложного аппаратного оформления, позволяет использовать в цикле отработанный раствор, содержащий бактерии, а также имеет следующие преимущества: понижает себестоимость добычи и значительно расширяет сырьевую базу за счет обедненных, забалансовых или потерянных руд, отходов обогащения, шлаков и др.

В настоящее время ученые проводят поиски новых штаммов бактерий, способных выщелачивать марганец, золото, цветные металлы, а также обогащать бокситы с помощью гетеротрофных микроорганизмов (микроскопических грибов, дрожжей, бактерий).

В промышленных масштабах БВ применяется для извлечения меди из забалансовых руд в Испании, Португалии, Перу, США, Австралии, Мексике и других странах, а в ЮАР, Канаде, США оно используется для выщелачивания урана.

БВ повышает культуру производства, обеспечивает комплексное и более полное использование минерального сырья, благоприятно для охраны окружающей среды и не требует создания сложных горнодобывающих комплексов. Поэтому по мере развития биотехнологий оно будет играть всё большую роль в процессах добычи ценных элементов из недр земли.

УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА УРАНСОДЕРЖАЩИХ ТАБЛЕТОК ДЛЯ МОКС-ТОПЛИВА

Вязникова Д.А., Пронина Я.Д.

*Красноярский промышленный колледж НИЯУ МИФИ, 662990,
г.Железногорск Красноярского края, ул.Свердлова5,
promcollege@atomlink.ru*

Целью настоящей работы являлся анализ таблеток МОКС топлива и исследование условий растворения и экстракции, а также влияние различных факторов при проведении спектрального анализа растворённых проб.

Основными задачами промышленного производства МОКС-топлива является:

-обеспечение потребностей в топливе энергоблоков с реакторными установками типа БН-800;

-утилизация оружейного плутония;

-вовлечение в топливный цикл плутония, выделенного в процессе радиохимической переработки ОЯТ;

-создание инфраструктуры замкнутого ядерного топливного цикла.

Исследование урансодержащих таблеток проводилось атомно-эмиссионным спектральным анализом (АЭС), применяемым для исследования элементного состава вещества по спектру излучения его атомов.

Для выполнения работы были взяты урансодержащие таблетки и проведен анализ в соответствии с ОСТом – 95-10117, распространяющимся на смешанное топливо и используемый для анализа в радиохимической промышленности.

По данным анализа сделан вывод, что растворение лучше идёт при нагревании, при экстракции следует добавлять немного графитового порошка для чёткого разделения фаз, а также при проведении анализа нужно работать в чистых условиях, с чистыми реактивами и промывать таблетки спиртом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Создание производства МОКС-топлива [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://www.sibghk.ru/activity/moks-fuel-production-creating.html>
2. Смешанное уран-плутониевое топливо (МОКС-топливо) [Электронный ресурс] – режим доступа: http://profbeckman.narod.ru/RH0.files/22_5.pdf
3. Уран. Химико-спектральная методика измерения содержания примесей. ОСТ 95-10117

СИНТЕЗ НИТРИДОВ РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ В НЕРАВНОВЕСНОЙ ПЛАЗМЕ

*Гузеев В.В., Семенов С.С., Циркунов П.Т., Фатеев Г.А.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: svinks13@gmail.com*

Нитриды металлов обладают многими уникальными свойствами: высокими значениями жаростойкости, износостойкости, твердости, эрозионной стойкости и стойкостью в агрессивных средах. Нитриды d-элементов являются хорошими сверхпроводниками. А плотное топливо из нитридов урана и плутония является перспективными топливом для реакторов на быстрых нейтронах.

Применение нитридов металлов ограничивается технологией их получения. Необходима высокая температура порядка 1500-2000°C и особые условия для проведения процесса, а также последующее очищение от примесей, например, от кислорода, который существенно портит коэффициент теплопроводности нитридов.

Процесс получения нитридов можно существенно упростить, если проводить синтез в низкотемпературной неравновесной плазме. В качестве исходного сырья могут выступать оксиды, галогениды и чистые металлы.

Рассмотрим этот процесс для получения нитрида урана, по реакции:



Реакция смещена в сторону образования продуктов за счёт более высокой энергии связи продуктов и удельного сопротивления, чем у исходных реагентов. Эта реакция имеет важное экономическое и экологическое значение. Во-первых, существенно упрощается технология получения нитридного топлива. Во-вторых, это бескислородный метод, что очень важно для физических свойств нитрида урана. В третьих, происходит переработка ОГФУ и выделение аккумулированного в нём фтора.

Чтобы отработать методику синтеза нитридного топлива, вместо UF_6 использовалось модельное вещество – WF_6 близкое с ним по физико-химическим свойствам

Метод является универсальным для получения большинства нитридов металлов.

ДОСТАВКА МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ СУСТАВОВ

*Гурова О.А., Зеличенко Е.А., Гузеев В.В., Ковальская Я.Б.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
г.Северск Томской обл., пр.Коммунистический, 65,
e-mail:oksana87@sibmail.com*

С развитием техники и сферы транспортных услуг, произошло облегчение условий труда, благоустройство быта и, как следствие сократилась двигательная активность человека. Образ жизни человека стал малоподвижным. Недостаточная для поддержания опорно-двигательного аппарата в тонусе двигательная активность привела к снижению его функциональных возможностей. И, как следствие, резко возросло количество различных заболеваний опорно-двигательной системы. При профилактике и лечении любых заболеваний важны не только физические нагрузки, но и обогащение организма необходимыми микроэлементами, которых с годами становится всё меньше.

Применение биodeградируемых композитов в виде микрокапсул позволяет устранить болезненные реакции организма, восстанавливает солевой баланс в костной ткани и является профилактическим средством деградации хряща сустава. Применение биodeградируемых композитов в виде микрокапсул снижает вероятность остеопороза костной ткани.

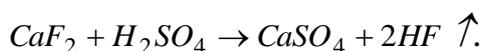
Микрокапсулы содержащие биodeградируемые композитные материалы могут инъектироваться через шприц или трубку в связи с чем можно ожидать минимально инвазивную хирургическую операцию. Инъектируемость зависит от многих факторов, включающих соотношение жидкость/гранулы (микрокапсулы), вязкость жидкости, размер и морфологию частиц. Микрокапсулы биodeградируемых композитных материалов имеют высокую начальную скорость растворения в течение первых пяти дней, затем процесс растворения замедляется, переходит в экспоненциальный, а далее в стационарный режим ввиду достижения состояния насыщенного раствора.

Микрокапсулы нетоксичны, апирогенны, стерильны, гемолитически нейтральны, кожно-раздражающего действия не оказывают. Сенсибилизирующего действия не выявлено. Применение микрокапсулированной формы позволяет обеспечить пролонгированное действие, а именно, поддержание определенного уровня активного компонента в организме и его эффективное терапевтическое действие в течение длительного времени за счет замедленного высвобождения малых доз активного компонента.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ФТОРОВОДОРОДА

*Здравиковский Р.П., Заринова Л.Ф., Пищулин В.П.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: tteu92@mail.ru*

Основным промышленным способом получения фтороводорода до настоящего времени остается сернокислотное разложение плавикового шпата (CaF_2) при температуре 220–260 °С по реакции:



При одностадийном способе процесс проводится в одном аппарате – барабанной вращающейся печи, обогреваемой топочными газами, либо электрическим током с помощью ТЭНов. При двустадийном способе на первой стадии процесс протекает в предреакторе, а вторая стадия осуществляется в отдельной барабанной вращающейся печи. Для полного завершения процесса целесообразно на первой стадии проводить смешение плавикового шпата с подогретой до 25–140 °С серной кислотой в электродном нагревателе с одновременным прогревом реакционной массы до 230–250 °С в электродном реакторе.

В работе исследованы варианты и проведено моделирование электродных трубчатых нагревателей серной кислоты, разработана методика расчета и определены технические характеристики оптимальной конструкции нагревателя. Выполнен проект опытно-промышленной установки с электродным нагревателем.

С целью усовершенствования процесса сернокислотного разложения плавикового шпата были предложены следующие технологические методы: предварительный нагрев серной кислоты в электродном аппарате, выбор оптимального температурного режима в печи, добавление поверхностно-активных веществ к рабочей смеси кислот, применение рабочей смеси кислот с повышенным содержанием фтороводорода. В работе проведены исследования процесса сернокислотного разложения плавикового шпата в присутствии фтороводорода (3–12 %) в рабочей смеси кислот, показавшие положительное влияние фтороводорода на процесс: оптимальное содержание фтороводорода в рабочей смеси кислот составляет 8,40 %, при этом остаточное содержание фторида кальция в отвальном гипсе равно 0,47 %, степень разложения плавикового шпата 99,13 %.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ И ОЧИСТКИ ФТОРОВОДОРОДА ИЗ СБРОСНЫХ ГАЗОВ

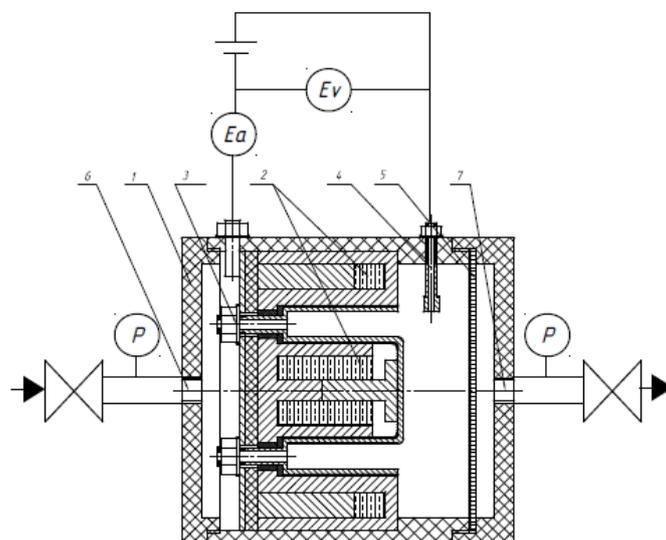
Калаев М.Е., Никитин Е.С., Гузеев В.В.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: c777Mikael@mail.ru

Для разделения газовых смесей в промышленности применяют несколько методов: сжижение с последующей ректификацией, мембранное разделение которое происходит благодаря созданию разности давлений по обе стороны мембраны и сорбцию.

Классическая схема производства UF_6 предполагает сорбционную очистку газов после аппарата комбинированного типа (АКТ). Нами предложено стадию сорбции после АКТ заменить на электромембранную очистку, что позволит сэкономить на сорбенте и выделенный фтороводород товарного качества использовать для нужд сублиматного производства.

С этой целью нами была спроектирована и изготовлена установка для электромембранной очистки фтороводорода, схема которой изображена на рисунке 1.



1 – корпус; 2 – генератор магнитного поля; 3 – анод-распределитель; 4 – катод-компенсатор; 5 – мембранный модуль из фторопласта; 6, 7 – входной и выходные патрубки

Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

Методика проведения исследований, подробное описание экспериментальной установки, а также анализ результатов исследований процесса массопереноса и выделения фтороводорода из газовой смеси под действием вихревого электрического поля будут рассмотрены в докладе.

УСТАНОВКА ПОЛУЧЕНИЯ ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ ДЛЯ ОСУШЕНИЯ РАСТВОРОВ И РАЗДЕЛЕНИЯ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

*Кит М.В., Выскребенцев М.В., Гузеев В.В., Семенов С.С.,
Циркунов П.Т., Пак А.Д.*

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: svinks13@gmail.com*

Современные технологии выпаривания отличаются простотой реализации, но при этом имеют существенные недостатки: высокое энергопотребление и громоздкое аппаратное исполнение.

С помощью газогидратной технологии осушения возможно частично, а местами и полностью отказаться от классического выпаривания растворов. Технология основана на образовании газовых гидратов – супрамолекулярных нестехиометрических соединений, которые могут существовать при комнатной температуре и атмосферном давлении в метастабильном состоянии. Рабочий газ (метан, фреон, практически любой газ) при определенном давлении и температуре селективно поглощает воду, происходит удаление лишнего растворителя из раствора без взаимодействия с растворенным веществом, после чего образовавшиеся газовые гидраты легко отделяются от раствора, разлагаются на рабочий газ и очищенную воду, а затем газ возвращается в цикл. Это снижает энергетические затраты процесса осушения, а также не предполагает использование химических реагентов.

В ядерной промышленности необходимо очищать цирконий от примесей гафния. При использовании метода дробной кристаллизации, процесс имеет небольшой коэффициент разделения, требует большие энергетические затраты и огромную площадь для оборудования. При модификации этого метода газогидратным осушением коэффициент разделения увеличился в 10 раз, количество ступеней разделения сократилось с 12-16 до 5-7.

В хлоридной технологии получения металлического лития-7 применение газогидратного осушения снижает энергетические затраты минимум на 40%, а при оптимизации процесса – до 70-80% от затрат обычного выпаривания.

Газогидратную технологию можно использовать для создания установки, с помощью которой можно разделять газовые смеси, в том числе и содержащие радиоактивные газы (радон), на отдельные фракции, за счет особых условий образования газового гидрата для каждого газа.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА АТОМНЫХ ЛЕДОКОЛОВ

Клещёва И.С.

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

Атомный ледокол – морское судно с ядерной силовой установкой, построенное специально для использования в водах, круглогодично покрытых льдом

В настоящее время с участием атомного ледокольного флота в российском секторе Арктики реализуется ряд масштабных национальных проектов, связанных с экспортом морским путем углеводородной продукции, цветных и благородных металлов на рынки Азиатско-Тихоокеанского региона и Европы. Атомный ледокольный флот также выполняет проводку судов, решающих задачи Министерства обороны, научно-исследовательских экспедиций, северного завоза, транзитного плавания по Северному морскому пути и т. д.

С учетом перспектив развития добычи и переработки углеводородного сырья в Арктической зоне, реализации в ближайшие десятилетия международных проектов создания трансарктической магистрали межконтинентальных морских перевозок из Атлантического бассейна в Тихоокеанский регион и обратно необходимо построить ледокол-лидер мощностью 120 МВт, способный обеспечить плавание судов на традиционных, высокоширотных и приполюсных маршрутах СМП в круглогодичном навигационном цикле.

В последние годы возрос интерес различных стран к арктическому шельфу, так как именно там сосредоточены основные стратегические запасы углеводородов, оцениваемые в размере до 20-30% мировых неразведанных запасов. Для успешного освоения указанных запасов именно сюда должен быть направлен потенциал судостроительной и нефтегазодобывающей отраслей.

Условия судоходства, складывающиеся в акватории Северного морского пути под влиянием различных гидрометеорологических и ледовых факторов, определяют степень востребованности и необходимость строительства новых атомных ледоколов для обеспечения бесперебойной работы судов в Арктическом бассейне и на шельфе арктических морей.

ОСОБЕННОСТИ СОРБЦИИ ЗОЛОТА И СЕРЕБРА ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩИМИ СОРБЕНТАМИ

*Ковальская Я.Б., Зеличенко Е.А., Гузеев В.В., Гурова О.А., Агеева Л.Д.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г.Северск Томской обл., пр.Коммунистический, 65
e-mail: yana-sti@bk.ru*

В настоящее время сорбционные материалы широко применяются в технологии редких, радиоактивных и благородных металлов, и используются в том числе для сорбционного концентрирования ценных компонентов из растворов [1]. Ионообменные смолы представлены на российском рынке продукцией компаний Lanxess, Dow Chemical и Purolite. Разница в стоимости импортных и отечественных ионитов может составлять до 200%. Таким образом, актуальной является разработка технологической базы восстановления российского производства конкурентоспособных сорбентов; одним из перспективных методов создания сорбционных материалов может стать способ получения сорбентов из целлюлозы, способной связывать ионы тяжелых и радиоактивных металлов [2].

В настоящей работе исследовались сорбционные свойства углеродных материалов, модифицированных целлюлозой. В качестве исходного сырья использовался углеродный сорбент «Бусофит-Т» с плотностью 1,8 г/см³ и удельной поверхностью 0,25 м²/г.

Сорбционная емкость материалов, модифицированных целлюлозой, по золоту и серебру, была определена с помощью методов рентгеноспектрального анализа. Результаты исследований показали, что поверхность полученных материалов обладала развитой системой пор. Предложенный способ получения целлюлозосодержащих сорбционных материалов является экономически рентабельным и отличается доступностью и экологичностью используемых материалов [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Иониты в химической технологии. Под ред. Б. П. Никольского и П. Г. Романкова. – Л. Химия, 1982. – 416 с.
2. Roosevelt D. S. Bezerra, Márcia M. F. Silva, Alan I. S. Morais. Phosphated Cellulose as an Efficient Biomaterial for Aqueous Drug Ranitidine Removal // Materials. Vol. 7. № 12, 2014. P. 7907-7924.
3. С.А. Аутлов, Н.Г. Базарнова, Е.Ю. Кушнир. Микрокристаллическая целлюлоза: структура, свойства и области применения // Химия растительного сырья. 2013. № 3. С. 33-41.

ВЛИЯНИЕ СРЕДЫ ПРОВЕДЕНИЯ СВ-СИНТЕЗА СИСТЕМЫ ZR-AL НА КОНЕЧНЫЙ ПРОДУКТ

Колядко Д.К., Чурсин С.С.

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: dkk5@tpu.ru*

На сегодняшний день большой интерес для атомной промышленности имеет разработка и использования дисперсионного ядерного топлива.

В настоящее время дисперсионное топливо производится традиционными методами порошковой металлургии: спекание, горячие прессование, основные их недостатки – это большие временные и ресурсные затраты [1]. К потенциальным преимуществам такого топлива можно отнести: уменьшение запасенной в топливе тепловой энергии, уменьшение растрескивания, уменьшение выхода газообразных продуктов деления из топливных таблеток.

Альтернативный путь – это производство дисперсионного ядерного топлива методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС).

Целью данной работы было экспериментально определить зависимость фазового состава конечного продукта, от среды проведения СВ-синтеза и режима охлаждения после проведения синтеза. Суть этого физико-химического процесса в перемещении волны химической реакции по смеси реагентов с образованием твердых конечных продуктов [2,3].

Было установлено, что при горении на воздухе, а так же при охлаждении образца со снижением степени вакуума в СВС-реакторе происходит взаимодействие циркония с атмосферными газами, что приводит к образованию нецелевых фаз в конечном продукте. В техническом вакууме наблюдается снижение нецелевых фаз.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гузман И.Я. Реакционное спекание и его использование в технологии керамики и огнеупоров. Учебное пособие. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 1996. – 55 с.
2. Мержанов А. Г. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез: Двадцать лет поисков и находок. Черноголовка: ИСМАН, 1989. – 91 с.
3. Итин В. И., Найбороденко Ю. С. Высокотемпературный синтез интерметаллических соединений. Томск: ТГУ, 1989. – 398 с.

НИТРИДНОЕ ЯДЕРНОЕ ТОПЛИВО ДЛЯ РЕАКТОРОВ НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ

*Кутузова С.О., Сазонова Л.Р.,
Ещев В.А., Зозуля Д.В., Софронов В.Л.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г.Северск, Томской обл., пр.Коммунистический, 65
e-mail: sofronov@ssti.ru*

До сегодняшнего дня нитридное топливо всерьез не рассматривалось в качестве топлива для ядерных реакторов. Поэтому свойства этого топлива изучены не настолько хорошо, как, например, свойства оксидного или карбидного топлива.

Но в связи с перспективой использования реакторов на быстрых нейтронах, наступающей в настоящее время, нитридное топливо представляется интересным с точки зрения использования его в качестве топлива таких реакторов. Реакторы на быстрых нейтронах обеспечивают огромный ресурс получения энергии и снижают нагрузку на окружающую среду в результате использования замкнутого топливного цикла. Для реакторов на быстрых нейтронах наиболее предпочтительным является смешанное уран-плутониевое нитридное топливо.

По сравнению с оксидами смешанные нитриды урана и плутония имеют ряд преимуществ: так, в них выше концентрация делящихся элементов, они имеют более высокую теплопроводность, при разрушении или разгерметизации ТВЭЛов нитриды не взаимодействуют с теплоносителем, а значит имеют более хорошую совместимость с теплоносителем.

Технологически важным является также то, что не происходит разрушения топливной таблетки нитридов при высоких температурах, нитриды урана и плутония имеют высокие температуры плавления и кипения, в газовой фазе до температуры 1000°C и выше отсутствует давление паров нитридов урана и плутония. При этом структура топлива почти не изменяется, и оно не взаимодействует с оболочкой ТВЭЛа.

При использовании нитридов возможно значительное усовершенствование ятц: удешевление топлива, снижение затрат на его изготовление, упрощение конструкции активной зоны.

В докладе будут рассмотрены основные технологические свойства и преимущества использования смешанного нитридного уран-плутониевого топлива.

ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК ДЛЯ АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Лазарев М.М., Семенов С.С., Циркунов П.Т.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,

г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65

e-mail: svinks13@gmail.com

Углеродные нанотрубки (УНТ) являются аллотропной модификацией углерода, представляют собой протяженные цилиндрические структуры диаметром от одного до пары десятков нанометров и длиной до нескольких сантиметров. Их каркас образует одна или несколько графеновых плоскостей, свёрнутых в трубку, а заканчиваются полусферической головкой – половинкой фуллерена.

Благодаря своему строению УНТ обладают многими уникальными свойствами: высокими значениями прочности, твёрдости, коррозионной стойкости, адсорбционной способности. Их электропроводность можно варьировать от $5,1 \cdot 10^{-6}$ до 0,8 Ом/см, а ширина запрещенной зоны находится в пределах от 0,1 до 0,3 эВ.

Получают УНТ следующими способами: в дуговом разряде, лазерной абляции, электролизом расплава солей и химическим осаждением из газовой фазы. В дуговом методе выход нанотрубок достигает 60%, при лазерной абляции – 70%. Метод получения УНТ из расплавов солей наименее эффективен, в противовес ему выступает метод химического осаждения из газовой фазы, который нашёл наибольшее распространение за счёт наилучшего соотношения цены за килограмм продукта.

УНТ нашли широкое применение в микроэлектротехнике, также они могут использоваться для модификации материалов, существенно изменяя их характеристики. Для атомной промышленности УНТ могут использоваться для изоляции и хранения ядерных отходов, где они выступают в роли изолирующей оболочки-носителя, защищающего от электрического и химического взаимодействия. По сути, ядерный материал, заключённый в УНТ, становится химически инертен и перестаёт вымываться подземными водами. Поэтому этот способ хранения является существенно безопаснее, чем традиционные.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ФОСФОРА–32,33

*Лоскутников В.П., Ветчанина В.Д., Макаеев Ю.Н., Меркулов В.Г.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
Г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: werfq15@mail.ru*

Фосфор - химический элемент 5 группы третьего периода периодической системы Д. И. Менделеева; имеет атомный номер 15. Фосфор один из распространённых элементов земной коры: его содержание составляет 0,08-0,09 % её массы.

Основная масса производимого фосфора перерабатывается в фосфорную кислоту и получаемые на ее основе фосфорные удобрения и технические соли (фосфаты).

Наиболее важной для получения радиоактивных изотопов, в том числе многих из тех, которые применяются в медицине является фосфор-32, который можно получить, облучая различные вещества в канале ядерного реактора.

Радиоактивный изотоп фосфор-32 с периодом полураспада, равным 14,3 дня, активно применяется для проведения биохимических исследований. Он избирательно отлагается в костной ткани, встраивается в нуклеиновые кислоты, которые в живых организмах участвуют во всех обменных процессах, и замещает стабильный фосфор-31. Так как фосфор-32 является бета-излучателем, его передвижение по организму можно отследить с помощью современной радиометрической аппаратуры. Если он чрезмерно накапливается в каком-то органе, то это может говорить о нарушении обменных процессов. Фосфор-32 концентрируется в поражённых болезнями определенных участках тела, в том числе в формациях головного мозга, слизистой носа, различных структурах глаза, тканях слюнных желез и зубной ткани. Также фосфор-32 используется непосредственно для лучевой терапии

Наиболее простой и эффективный способ выделения фосфора это сублимация.

В докладе будут рассмотрены вопросы по производству и получению фосфора-32.

ИЗУЧЕНИЕ ФТОРИРОВАНИЯ МОНАЦИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА ЭЛЕМЕНТНЫМ ФТОРОМ

Малин А.В., Шагалов В.В.

*Национальный исследовательский Томский политехнический
университет, 634050, г. Томск, проспект Ленина, дом 30
e-mail: avmalin.work@gmail.com*

В настоящее время возрастающие потребности в электроэнергии ведут к увеличению расхода тепловыделяющих источников. Предложенный в 60 годах замкнутый ториевый топливный цикл может стать решением проблемы сокращения запасов источников энергии, так как торий является, более распространенным тяжелым сырьевым металлом его запасы в три раза превышают запасы урана [1]. Монацит — один из важнейших промышленных минералов тория, представляет собой трудно перерабатываемую смесь фосфатов редкоземельных элементов (РЗЭ) а так же оксидов тория (до 12%) и урана (~1%) [2].

Нами было рассмотрено фторирование монацитового концентрата в потоке элементного фтора. В ходе эксперимента было установлено удаление фосфора из монацита, предположительно по реакциям:



В результате проведения кинетических исследований изменения массы в зависимости от температура, гранулометрического состава, очистки от примесей ильменита и циркона, и других условий проведения реакции в реакторе проточного фторирования, практическое изменение массы составило до 10,85 %, свидетельствующее об удалении 72 % фосфора, что подтверждено РФА на ARL QUANT'X. В дальнейшем планируется рассмотрение иных фторирующих агентов в частности тетрафтороброматов щелочных металлов в изолированном реакторе фторирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов М. С., Монгуш С. А., Чуйкина А. В. Преимущества тория в ЯТЦ // Молодой ученый. – 2015. – №10. – С. 40-44
2. Торий в ядерном топливном цикле / Бойко В.И., Жерин И.И. и др. – М.: Издательский дом «Руда и Металлы», 2006 – С. 35.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ПЕРЕДЕЛОВ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ЭКСТРАКЦИОННОГО АФФИНАЖА ПЛУТОНИЯ

*Маркова Д.В.¹, Кадочигов К.А.¹, Ворошилов Ю.А.¹, Машкин А.Н.¹,
Логунов М.В.¹, Волк В.И.², Двоеглазов К.Н.²*

¹ФГУП «ПО «МАЯК», 456780, г. Озерск Челябинской обл,
ул. Ленина, 31, cp1@po-mayak.ru

²АО «ВНИИНМ им. акад. А.А. Бочвара», 123060, Москва,
ул. Рогова, 5а

На заводе РТ-1 проводится модернизация отделения экстракционного аффинажа плутония, в рамках которой предложена перспективная аппаратурная схема. Схема предполагает безрефлексное концентрирование целевого продукта, повышенную очистку от продуктов деления и радиоактивного распада, а так же существенное снижение сбросов ценных компонентов в рафинат и отработанный содовый продукт. Предполагается использование помимо действующих аппаратов-экстракторов сепараторов и колонн каталитического окисления. Использование более эффективного реагента для реэкстракции плутония позволит обеспечить бессолевым состав рафината.

В данной работе представлены исследования по возможности применения бессолевого восстановителя – карбогидразида – в качестве реагента для восстановительной реэкстракции плутония в процессе экстракционного аффинажа. Возможность практического применения реагента в существующей и перспективной экстракционной технологии подтверждена стендовыми испытаниями, имитирующими работу отделения аффинажа плутония завода РТ-1.

В данной работе исследована работа колонны каталитического окисления, которая согласно разработанной технологии аффинажа должна обеспечивать окисление плутония непосредственно перед подачей в ступень экстрактора. Колонна заполнена высокопрочным углеродным наполнителем марки СКН, процесс окисления идет за счет разложения восстановителя в продукте в присутствии твердофазного катализатора. Полученные в данной работе экспериментальные данные подтвердили возможность реализации данного процесса. Установлено, что на эффективность процесса окисления влияют скорость фильтрации раствора и концентрация восстановителя в продукте. Для окисления плутония в продукте на колонне были рекомендованы режимы проведения процесса и проведен расчет размеров колонны. В ходе экспериментов определена емкость колонны по целевому компоненту и выявлен состав раствора для эффективной десорбции колонны.

РОЛЬ МИКРОГЕТЕРОГЕННОСТИ СРЕДЫ В АМОРФНЫХ СТЕКЛООБРАЗНЫХ ПОЛИМЕРАХ В ПРОЦЕССЕ МАССОПЕРЕНОСА

Матросова М.Ю., Литвиненко О.В.

*Димитровградский инженерно-технологический институт
НИЯУ МИФИ*

*г. Димитровград, Ульяновская обл., ул. Куйбышева 294
e-mail: IVIary.IVIatr@yandex.ru*

Исследования микрогетерогенности среды аморфных стеклообразных полимеров актуальны в связи с успешным применением трековых детекторов CR-39 не только для регистрации ионизирующих излучений, но и для корпускулярной диагностики высокотемпературной плазмы.

На диффузию в полимерах значительно влияют как свойства самого вещества, так и свойства диффузанта. Существенное влияние на диффузию вещества в полимере оказывают химическая природа и молекулярно-весовое распределение молекул, степень образования поперечных связей, состояние полимера и т.д.

Наиболее простым и часто используемым соотношением, связывающим энергию активации диффузии с площадью сечения диффузанта d^2 , определяемым по шкалам кинетических диаметров газов, плотностью энергии когезии CED и длиной диффузионного скачка λ , является уравнение Мирса [1]:

$$E_D = (\pi/4) \cdot N_A \cdot d^2 \cdot \lambda \cdot CED \quad (1)$$

В этом соотношении значения λ сильно зависят от свойств полимера и в меньшей степени зависят от размера диффундирующего вещества, чем от доли свободного объема. Это может быть связано с микрогетерогенным строением стеклообразных полимеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Meares, P. The diffusion of gases through polyvinyl acetate / P. Meares, J. Amer. // Chem. Soc. – 1954. – V. 76. – P. 3415.

РЕФАБРИКАЦИЯ ОЯТ РЕАКТОРОВ НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ

*Москалюк А.А., Карташов Е.Ю.,
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65*

В качестве приоритетной перспективы перед атомной отраслью поставлена задача сформировать новую технологическую базу атомной энергетики на основе замкнутого топливного цикла с реакторными установками на быстрых нейтронах.

Стратегия развития атомного комплекса России ставит задачу создания реакторных и топливных технологий, которые определяются в первую очередь, достаточно простым и надежным способом обеспечения безопасности атомного производства с использованием реакторов на быстрых нейтронах. Это позволяет исключить наработку оружейного плутония, выделение его в регенерированное топливо, что обеспечивает близость к стандарту нитридного топлива на всех стадиях обращения и рефабрикации.

Исследуются альтернативные концепции переработки облученного нитридного топлива:

Электроочистка в хлоридном расплаве LiCl-KCl.

LINEX процесс – синтез нитридов актиноидов в солевом расплаве.

Гидрометаллургические методы.

Газофторидный метод, фторирования нитрида урана элементарным фтором.

PUREX – процесс.

Недостатками технологий, основанных на использовании расплавов хлоридных солей являются: низкие коэффициенты очистки делящихся материалов от продуктов деления, использование фтороводорода и коррозия оборудования.

На наш взгляд, наиболее перспективной технологией является газофторидный метод.

Преимуществами данного метода являются:

- безреагентность;
- исключение наработки, выделения делящихся материалов военного назначения;
- обеспечение ядерной безопасности;
- низкие капитальные затраты.

В настоящее время производится разработка нового технологического процесса, применительно к мощностям и требованиям работ, проводимых на АО «СХК».

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АДИАБАТИЧЕСКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ГОРЕНИЯ МАТРИЧНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО ПЕРОВСКИТА В РЕЖИМЕ СВС

Пермикин А.А, Овсенов А.Е.

Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 63405, e-mail: aap71@tpu.ru

Для решения проблемы иммобилизации РАО МАГАТЭ предлагает более 20 керамических соединений на основе аналогов порообразующих минералов, обладающих высокой химической, термической и радиационной стойкостью. Одним из наиболее перспективных соединений является модифицированный перовскит алюминия Nd_2AlO_3 .

В данной работе определялся один из основных критериев осуществимости процесса синтеза – адиабатическая температура горения. Исследования [1] академика А.Г. Мержанова показали, что при: $T_{ad} \leq 1000K$ – горение отсутствует; $T_{ad} \geq 2000K$ – система всегда горит; $1000K \leq T_{ad} \leq 2000K$ – требуются дополнительные исследования.

Благодаря исследованию [2] по определению зависимости теплоемкости в области высоких температур системы Nd_2AlO_3 появилась возможность расчета T_{ad} из условия равенства энтальпий исходных веществ при начальной температуре и конечных продуктов при адиабатической. В результате проведенных расчетов было получено следующее значение: $T_{ad} \approx 1500K$.

Данное значение не дает стопроцентных гарантий осуществления синтеза, что обуславливает необходимость проведения исследований по управлению процессом СВС для получения требуемого целевого продукта.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Мержанов А. Г., Боровинская И. П. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез тугоплавких неорганических соединений // Докл. АН СССР. – 1972. – Т. 204. – №. 2. – С. 366-369.
- 2 Tarasova E. S. et al. Effect of the Compaction Pressure and Ni Content on the Modified Aluminum-Based Perovskite Synthesis Designed to Immobilize the Radioactive Waste in Combustion Mode // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2016. – Т. 135. – №. 1. – С. 012046.

ТВЕРДОФАЗНОЕ ЛЕГИРОВАНИЕ МАГНИТОВ Nd-Fe-B ЛИГАТУРАМИ, СОДЕРЖАЩИМИ РЗЭ

*Полянская А.В., Кочергина Е.С., Софронов В.Л., Макасеев Ю.Н.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
г.Северск, Томской обл., пр.Коммунистический, 65
e-mail: kozerozeg@mail.ru*

Одним из способов повышения качества постоянных магнитов является метод твердофазного легирования (ТФЛ) магнитных материалов, основанный на совместном измельчении базовых магнитных сплавов на основе системы Nd-Fe-B и легирующих добавок. ТФЛ позволяет корректировать как химический состав, так и их структуру, а так же приводит к улучшению физических и эксплуатационных свойств магнитных материалов.

В качестве легирующих добавок наиболее перспективными материалами являются лигатуры на основе редкоземельных элементов. Однако эти материалы имеют существенный недостаток – высокую прочность и пластичность, что делает затруднительным их использование при совместном механическом измельчении с хрупким сплавом Nd-Fe-B.

Перспективным методом измельчения таких материалов является метод гидрирования-дегидрирования. Метод заключается в насыщении сплава на основе РЗМ водородом с последующим разложением образовавшегося гидрида и измельчением материала, который в дальнейшем перерабатывают в изделия.

После гидрирования материал легко разрушается с образованием порошка. Основными достоинствами данного метода, определяющими его широкое использование для получения магнитных материалов, являются высокая производительность и простота процесса, возможность получения порошкообразных материалов стабильного качества, легкость измельчения, малое время реакции.

Процесс работы с порошками гидридов лигатур является более простым, чем при работе с металлическими порошками лигатур, так как последние высокоактивны, пирофорны и должны храниться и использоваться исключительно в инертной атмосфере. Порошки же гидридов лишены этих недостатков и их достаточно хранить в сухой герметичной таре.

В работе рассмотрен процесс твердофазного легирования магнитных сплавов на основе системы Nd-Fe-B металлическими лигатурами и гидридами лигатур на основе РЗМ состава 75Nd-Fe, 42Dy-Fe и 70Tb-Fe.

ТЕПЛОНОСИТЕЛИ ДЛЯ РЕАКТОРОВ НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ

*Пронин В.А., Андросов В.О., Макасеев Ю.Н.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г.Северск, Томской обл., пр.Коммунистический, 65*

Одной из ключевых научно-технических проблем при создании реакторов на быстрых нейтронах является обоснование выбора теплоносителя. Теплоноситель должен отвечать множеству критериев, начиная от теплопроводности и заканчивая требованиями экономичности и безопасности. Использование классического теплоносителя – воды несет в себе определенные трудности, так как это связано с необходимостью значительного повышения давления.

Поэтому в реакторах на быстрых нейтронах целесообразно для отвода тепла использовать жидкие металлы, которые могут циркулировать в условиях высокой температуры и малых давлений, имея в тоже время высокую теплопроводность. Однако жидкие металлы имеют и специфические недостатки, затрудняющие их использование в качестве теплоносителя в реакторах. Подвергаясь облучению нейтронами, они становятся радиоактивными, что создает определенные трудности при обслуживании контура, отводящего тепло.

Быстрый реактор с натриевым теплоносителем уже имеет существенный опыт эксплуатации в промышленном масштабе и показал неплохие результаты. Одно из преимуществ жидкого натрия - возможность создать высокое удельное энерговыделение в активной зоне, что приводит к уменьшению ее размеров.

Относительные сложности эксплуатации реакторов с жидкометаллическим натриевым теплоносителем побуждают вести поиск и других теплоносителей для реакторов на быстрых нейтронах. Одним из оптимальных вариантов теплоносителя являются тяжелые жидкометаллические теплоносители (ТЖМТ), такие как свинец и сплав свинец-висмут.

Наша страна обладает значительным опытом разработки и эксплуатации установок с ТЖМТ (бортовые установки подводных лодок), а также ведет работы по созданию реакторных установок БРЕСТ и СВБР со свинцовым и свинец-висмутовым теплоносителями соответственно.

В данном докладе рассмотрены жидкометаллические теплоносители, проанализированы преимущества и недостатки их использования в реакторах на быстрых нейтронах.

ОЧИСТКА РЗЭ-СОДЕРЖАЩИХ РАСТВОРОВ ВСКРЫТИЯ АПАТИТА

*Рожнева Я.И., Муслимова А.В., Галата А.А.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
г.Северск Томской обл., пр.Коммунистический, 65,
e-mail: rozhneva93@mail.ru*

В связи с большими масштабами переработки апатитов на фосфорные удобрения представляет интерес попутное извлечение из них РЗЭ. Более рационально извлекать РЗЭ, разлагая апатит азотной кислотой – такой метод дает возможность одновременно с получением концентрата РЗЭ получать фосфорные и азотные удобрения. Помимо РЗЭ, в апатите содержатся радиоактивные примеси (например, содержание тория варьируется в пределах от $4,3 \cdot 10^{-3}$ до $6,6 \cdot 10^{-2}$) [1]. Из апатитового концентрата выделяют фосфатно-редкоземельный концентрат, который затем растворяют в азотной кислоте, после чего отправляют на экстракцию [2].

В работе проведены исследования по извлечению РЗЭ методом экстракционной переработки на примере очистки РЗЭ-содержащих растворов вскрытия апатита от тория. Предложено при проведении экстракции первую стадию проводить с применением 100 % трибутилфосфата (ТБФ), вторую – с применением 30 % раствора ТБФ в инертном разбавителе. Коэффициент распределения тория между водной фазой и ТБФ значительно выше, чем РЗЭ, поэтому для более полного извлечения последних на первой стадии необходимо использовать экстрагент максимальной возможной концентрации (например [3], для РЗМ $K=1,2$, для тория $K=23$). Коэффициенты распределения РЗМ и ряда балластных примесей различаются менее значительно ($K=0,3-0,5$). В связи с этим на первой стадии экстракции в органическую фазу перейдет весь торий и РЗЭ, а балластные примеси останутся в рафинате. На второй стадии за счет низких коэффициентов распределения РЗМ при использовании разбавленного экстрагента торий переходит в органическую фазу, а РЗЭ остаются в рафинате [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Baragar W.R.A., Mader U., LeCheminant G.M. Paleoproterozoic carbonatitic ultrabasic volcanic rocks (meimechites?) of Cape Smith Belt, Quebec // Canadian Journal of Earth Sciences. – 2001. – Т. 38, 9. – С. 1313-1334.
2. Клевке А.В., Поляков Н.Н., Арсеньева Л.З. Технология азотных удобрений. – М.: Госхимиздат. – 1956.
3. Вольдман Г.М. Основы экстракционных и ионообменных процессов в гидрометаллургии. – М.: Металлургия. – 1982. – 376 с.

ЛЕНИНГРАДСКАЯ АТОМНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ РЕАКТОРА РБМК. ВОДНО-ХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ЛАЭС

*Сазонова Л.Р., Семенов Т.А., Макасеев Ю.Н., Софронов В.Л.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
г.Северск, Томской обл., пр.Коммунистический, 65
e-mail: ynmakaseev@yandex.ru*

Ленинградская АЭС - крупнейший производитель электрической энергии на Северо-Западе России. Станция обеспечивает более 50% энергопотребления Санкт-Петербурга и Ленинградской области и расположена в 80 км от Санкт-Петербурга. Станция имеет 4 энергоблока с реакторами большой мощности канальными (РБМК) электрической мощностью 1000 МВт каждый.

В реакторе РБМК-1000 в качестве замедлителя используется графит, теплоноситель — вода, топливом служит диоксид урана. Поскольку структура этого типа реактора канальная, он может быть частично перегружен без остановки работы реактора.

Контур многократной принудительной циркуляции (КМПЦ) предназначен для обеспечения циркуляции теплоносителя через активную зону реактора. КМПЦ состоит из двух независимых петель, каждая из которых обеспечивает охлаждение левой или правой половины реактора.

Химико-технологическая схема станции обеспечивает обратное водоиспользование и отсутствие водных сбросов в окружающую среду. Все жидкие отходы собираются и направляются на переработку, а затем возвращаются в КМПЦ.

Нарушением водно-химического режима являются отклонения одного или нескольких показателей качества от величины (диапазона) нормируемого значения.

Измерением показателей качества водного теплоносителя занимается лаборатория технологического контроля. В ней производят анализы вод КМПЦ, конденсата до и после конденсатоочистки, питательной воды, воды контура СУЗ, воды заполнения и подпиточной воды контура и водных сред вспомогательных систем.

В докладе будут рассмотрены особенности конструкции РБМК и способы поддержания водно-химического режима на ЛАЭС.

ПОЛУЧЕНИЕ ФТОРИДА ЖЕЛЕЗА. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФТОРИДА АММОНИЯ

Сазонова Л.Р., Макасеев Ю.Н.

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

Сплавы на основе лигатуры Nd-Fe-B в настоящее время получают все большее распространение в связи с возможностью их использования для получения высокоэнергетических магнитов. Такие магниты обладают наиболее высокими магнитными параметрами (магнитная индукция, напряженность магнитного поля, магнитная проницаемость) из всех, выпускаемых промышленностью, к тому же стоимость их изготовления невысока.

Процесс получения магнитов включает следующие стадии:

- 1) приготовление сплава;
- 2) измельчение сплава;
- 3) прессование сплава в магнитном поле;
- 4) спекание заготовки;
- 5) намагничивание изделия.

Высокие требования предъявляются к сплавам для получения магнитов и фторидам для изготовления сплавов – они не должны содержать летучих примесей, а также должны быть особо чистыми и не содержать влаги и кислорода.

Получение трифторида железа возможно гидрометаллургическими или термическими способами. Методы первой группы часто требуют продолжительного времени и больших объемов оборудования. Вторая группа методов исключает последующие операции осаждения, фильтрации, сушки и прокали продукта, поэтому является наиболее выгодной.

Процесс фторирования оксида железа фторидом аммония проходит в несколько стадий с образованием промежуточных комплексных соединений. Поскольку конечный продукт фторид железа крайне гигроскопичен, процесс фторирования следует проводить в инертной атмосфере азота или водорода.

В данной работе проведен анализ процесса получения трифторида железа взаимодействием оксида железа (III) и фторида.

МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРАНА В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОДУКТАХ

Смолянинова Е.В., Наумов В.В.

*Федеральное государственное унитарное предприятие
«Производственное объединение «Маяк», г. Озерск Челябинская
область, пр. Ленина 31
email: nvn4@z235mayak.ru*

К точности количественного и изотопного определения урана в технологических продуктах предъявлены строгие требования, так как именно этот продукт определяет выбор технологического регламента регенерации отработанного ядерного топлива, и по нему составляется материальный баланс. Таким образом, для получения результатов требуемой точности и, как следствие, обеспечения эффективного функционирования системы учёта и контроля ядерных материалов в аналитической лаборатории завода 235 предложен метод изотопного разбавления с масс-спектрометрическим окончанием.

Суть метода заключается в следующем: проба (технологический продукт) с изотопной меткой (СО азотнокислого раствора урана-233) проходит весь цикл пробоподготовки с дальнейшим определением ее изотопного состава на масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) Thermo X-Series.

В рамках рассматриваемого метода количественного анализа предусматривается наличие пробоподготовки, следовательно, именно на этой стадии аналитической процедуры вероятнее всего проявление погрешностей, обусловленных человеческим фактором. Для решения этих задач предложен способ автоматизации пробоподготовки путем использования устройств разведения в рамках измерительно-вычислительного комплекса (ИВК).

Результаты измерений показали, что применение метода изотопного разбавления для определения концентрации урана в технологических продуктах обеспечивает достаточно высокую степень точности проведения анализа, а в сочетании с использованием автоматических устройств пробоподготовки в составе ИВК повышает экспрессность анализа и исключает роль субъективного фактора.

Таким образом, можно сделать вывод о перспективности предложенного альтернативного метода с использованием ИСП-МС и автоматической системы пробоподготовки для определения концентрации урана во входных продуктах. Данный метод может быть использован на предприятии после окончательной доработки и аттестации.

**ОЦЕНКА ВЗРЫВОПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТИ ПРОЦЕССА
ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ПРОДУКТОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕРМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА
НА ФГУП «ПО «МАЯК»**

*Старовойтов Н.П., Дудкин В.А., Казаков В.А.,
Барина Н.В., Лызлова Е.В.*

*ФГУП Производственное объединение Маяк, 456780,
г.Озерск Челябинской обл., ул.Ленина, 31,
тел. (351-30) 2-89-54, факс (351-30) 2-69-45, e-mail: cpl@po-mayak.ru*

На ФГУП «ПО «МАЯК» проводится большая работа по решению вопросов обеспечения безаварийной работы пожаро- и взрывоопасных производств. Проблемы безопасности в настоящее время являются ключевыми. В данной работе рассмотрены некоторые вопросы обеспечения взрывобезопасности процесса переработки твердых горючих отходов (таких как ткань ФПП, обтирочный материал, сухой концентрат) химико-металлургического производства, путем термолиза.

Применение прибора синхронного термического анализа STA 449 F3 Jupiter [1] позволило смоделировать процессы и получить ряд тепловых параметров химических процессов, проходящих в исследуемых продуктах спецпроизводства и комплекса утилизации жидких низкоактивных отходов, вод спецканализации и мембранно-сорбционной технологии химико-металлургического производства, например, оценить термическую стабильность веществ и соединений, температуру фазовых переходов, кинетику спекания, наличие газовой выделения и скорость при нагревании. Это позволило оценить реальную опасность проводимых на производстве процессов, безопасность регламентных условий проведения технологических операций.

По результатам исследований установлены основные этапы термического разложения, определены в динамике значения удельной скорости газовой выделения. Сделан вывод о достаточности существующих мер безопасности при проведении технологических процессов, связанных с переработкой твердых горючих отходов, путем термолиза.

ЛИТЕРАТУРА

1. www.netzsch.com

ДВУКРАТНАЯ СОРБЦИЯ ВОЛЬФРАМАТ-ИОНОВ НА АНИОНИТЕ AMBERSEP 920U

Супруненко М.В., Передерин Ю.В.

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: mvt6@tpu.ru*

Вольфрам, благодаря тугоплавкости и высокой коррозионной стойкости, находит применение в различных отраслях промышленности и медицины. Вольфрам и его сплавы используются в энергетических установках за счет устойчивости в жидкометаллических средах [1]. В энергетике вольфрам применяется в составе нагревательных элементов [2].

В данной работе проводилось исследование сорбции карбонат- и вольфрамат-ионов из концентрированного осветленного раствора после автоклавного выщелачивания содовым методом с целью выделения вольфрамат-ионов и регенерации соды. Сорбция проводилась двукратно на высокоосновном анионите Ambersep 920U.

Из концентрированного раствора вольфрамата натрия сорбируется на первой стадии 38 % вольфрамат-ионов, на второй – 35 %. Десорбировалось из них не более 70 % для каждой стадии. Вследствие большой концентрации вольфрамат-ионов, они не могут полностью сорбироваться на смоле. Необходимо проводить ионный обмен разбавленных растворов.

Что касается карбонат-ионов, на первой и второй стадии сорбции сорбировалось только 13 % от всех карбонат-ионов в растворе.

Концентрацию вольфрама в растворах определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии, концентрацию карбонат-ионов – методом ацидиметрии с использованием соляной кислоты в качестве титранта и индикатором бромкрезоловым зеленым.

Смола Ambersep 920U непригодна для многократной сорбции, так как сорбирует недостаточное количество вольфрамат- и карбонат-ионов. Значительное ухудшение свойств смолы на втором цикле сорбции не наблюдается. Для эффективного использования смолы Ambersep 920U с целью извлечения вольфрамат-ионов необходимо снижать концентрацию исходного раствора путем разбавления или использовать смолу с необходимыми характеристиками по сорбции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голубчиков Л.Г., Курбатов Д.К. Материаловедческие задачи реактора ИТЭР // Вопросы атомной науки и техники. 2004. №4. С. 80-94.
2. Зеликман, А. Н. Металлургия вольфрама и молибдена / А. Н. Зеликман. – Москва: Metallurgizdat. – 1949. – 246 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ГЕКСАФТОРИДА УРАНА

Урянская Р.Ю., Софронов В.Л.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036

г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, д. 65

e-mail: onnonohito@bk.ru

Производство гексафторида урана (ГФУ) является составной частью ядерного топливного цикла. Через гексафторид проходит практически весь уран, добываемый из недр.

При обычных условиях гексафторид урана UF_6 представляет собой бесцветное кристаллическое вещество, возгоняющееся при атмосферном давлении без плавления. Температура возгонки UF_6 при 760 мм. рт. ст. составляет 56,5 °С.

Гексафторид урана нашел применение при разделении его изотопов. Он является единственным соединением урана, которое обладает свойствами, необходимыми для осуществления разделения изотопов урана методами газовой диффузии и центрифугирования.

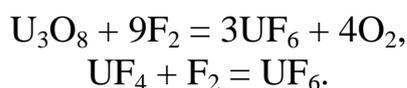
Для получения UF_6 используют самый реакционноспособный элемент – фтор, который при различных температурах любое ураносодержащее соединение переводит в UF_6 .

На заводах ядерного топливного цикла (ЯТЦ) ГК «Росатом» после основного производства остается много различных продуктов и оборотных растворов, которые используют для дальнейшей их переработки с получением ГФУ.

Нами для этой цели разрабатывается лабораторный метод получения гексафторида урана из оборотных оксидов урана.

В работе исследован процесс получения ГФУ в трубчатом реакторе.

Фторирование урановых образцов осуществляется в токе фтора при температуре 450...500 °С в соответствии с уравнениями:



Реактор выполнен из двух никелевых труб. На внутренней поверхности внешней трубы имеется спиралевидный канал для подачи фтора в межтрубное пространство. Фтор, проходя по «змеевику», попадает в реакционную зону нагретым. Лодочка с образцом закреплена на торце внутренней трубы.

В докладе будут изложены результаты исследования по получению ГФУ в трубчатом реакторе.

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ С ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ФОРМЫ В АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*Ушакова А.А., Семенов С.С., Циркунов П.Т.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: svinks13@gmail.com*

Эффект памяти формы (ЭПФ) – способность некоторых материалов после предварительной деформации восстанавливать изначальную форму при нагревании. Для сплавов этот эффект основан на термоупругих бездиффузионных мартенситных превращениях. Эти сплавы также обладают псевдоупругостью и могут восстанавливаться после снятия нагрузки, даже при величине десятков процентов пластической деформации.

Наиболее изученным материалом с ЭПФ является нитинол или никелид титана. Он является не типичным сплавом, а интерметаллидом. Если придать нитинолу сложную форму и подвергнуть нагреву до красного каления, то сплав запомнит эту форму. Когда он остынет до комнатной температуры, его можно деформировать. После нагревания выше 40 °С нитинол восстановит первоначальную форму.

Нитинол характеризуется высокими показателями прочности, коррозионной стойкости, демпфирующей способности, коэффициента восстановления формы и восстанавливающей силой. Недостатки материала: плохая технологичность, высокая цена, разрушение системы Ti – Ni под воздействием нейтронного потока.

Кроме никелида титана эффект памяти формы обнаружен в следующих системах: Ni – Al, Ni – Co, Ni – Ti, Ti – Nb, Fe – Ni, Cu – Al, Cu – Al – Ni, Ti – Zr. Существует предположение, что ЭПФ принципиально возможен у любых материалов, претерпевающих мартенситные превращения, в том числе и у таких чистых металлов как кобальт, цирконий и титан.

В НИЯУ МИФИ был разработан новый биосовместимый сверхупругий сплав Ti – Zr (титан-цирконий). По своим характеристикам эта разработка превосходит нитинол: обладает более высокими свойствами по противодействию коррозии и устойчивостью к нейтронному потоку. Новый материал дает возможность создать более совершенные технологии защиты при атомных авариях.

Сейчас материалы с ЭПФ нашли применение в атомной промышленности в качестве муфт гидрогазовых коммуникациях силовых ядерных установок, защитного покрытия атомных реакторов от коррозии.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭРОЗИИ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ ЗАЩИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ЗАПРОЕКТНЫХ АВАРИЯХ НА АЭС

*Хорохорин В.С., Семёнов Т.А., Макаеев Ю.Н.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
Томская область, г. Северск, пр. Коммунистический, 65
e-mail: xoroxor@sibmail.com*

В результате запроектной аварии внутри контейнента АЭС создается высокоагрессивная окислительно-восстановительная коррозионная среда, состоящая из водяного пара, раствора борной кислоты и ионов металлов деполяризаторов. Агрессивный эффект усиливается высокой температурой внутри контейнента и жёстким радиоактивным излучением высокой мощности излучением.

Для обеспечения надежной антикоррозионной защиты внутренней оболочки облицовки контейнента использовано комбинированное защитное покрытие, включающее металлизацию стальной поверхности оболочки алюминием, с последующим нанесением на него органосиликатной композиции ОС-51-03. Для защиты металлических конструктивных элементов внутри контейнента применяют лакокрасочные составы специального назначения. Одними из часто используемых составов являются ЛКМ – поливинилбутиральная эмаль ВЛ-515 (ТУ 6-10-10552-75), двухкомпонентная эпоксидная эмаль ЭП-525 поверх эпоксидной шпаклевки-грунтовки ЭП-0010 (ГОСТ 28379) или аналогичной. Представленные лакокрасочные материалы относятся к специализированным и обладают высокими защитными свойствами, являются радиационностойкими, выдерживают длительное или периодическое воздействие горячей воды, выдерживают длительное или периодическое воздействие горячей воды, минеральных масел, органических растворителей и топлива. Все эти свойства позволяют успешно применять их при строительстве АЭС.

Целью данной работы является экспериментальное определение химической стойкости представленных защитных покрытий в условиях запроектных аварий. Отдельной задачей является оценка термической деструкции покрытий и анализа образующихся твердых продуктов, которые могут быть причиной перегрузки систем охлаждения, а также источником выделения горючих газов.

Полученные данные позволят обосновать выбор типа покрытия и соответствие его требованиям ГОСТ, а также обеспечить коррозионную и водородную безопасность эксплуатации облицовки защитной оболочки и контейнента.

СМЕШАННОЕ НИТРИДНОЕ ЯДЕРНОЕ ТОПЛИВО. СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ

*Чернуха Д.Ю., Сазонова Л.Р.,
Ещев В.А., Зозуля Д.В., Софронов В.Л.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г.Северск, Томской обл., пр.Коммунистический, 65
e-mail: sofronov@ssti.ru*

Замкнутый ядерно-топливный цикл сейчас активно изучается и является перспективным процессом. Его работа представляется возможным при использовании реакторов на быстрых нейтронах, в которых ядерным топливом могут служить смеси нитридов урана и плутония (СНУП).

Использование нитридов урана и плутония способствует уменьшению затрат на производство ядерного топлива, эксплуатацию реактора, а также позволяет упростить конструкцию его активной зоны.

Известен только один нитрид плутония PuN. Возможных нитридов урана три – UN, U₂N₃, UN₂. Твердый раствор UN – PuN не распадается при повышении температуры, он испаряется таким образом, что соотношение между металлом и азотом в неразложившемся твердом веществе остается постоянным.

Известны несколько способов получения (U, Pu)N. Используется плавка уран-плутониевого сплава в атмосфере азота с последующим измельчением слитка в порошок, а также синтез из элементов в твердой фазе. Разрабатываются также методы получения СНУП с использованием фторидов урана и плутония, методы совместного осаждения с разной степенью окисления, методы прямого нитрирования топливных компонентов облученного ядерного топлива, растворенных в жидком олове. В качестве наиболее экономически выгодного нами рассматривается метод карботермического восстановления смеси оксидов урана и плутония в потоке азота.

Карботермический способ получения СНУП состоит из нескольких стадий – смешение шихты оксидов урана и плутония, прессование шихты, получение моонитридов урана и плутония при добавлении водорода и азота, дробление, измельчение, смешение со связующими компонентами, прессование. После этого происходит спекание в вакууме в атмосфере аргона и азота при температуре около 1550 – 1800 °С.

В докладе будут рассмотрены различные способы получения СНУП, их преимущества и недостатки.

ИЗМЕРЕНИЕ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ В РАСТВОРАХ УРАНА МЕТОДОМ ИСП МС

Шабурова Е.С., Дворянчикова Е.М., Джовелло К.А.
ФГУП «ПО «Маяк», Челябинская обл., г.Озерск, 456780, пр. Ленина,
д.31, cpl@po-mayak.ru

Масс-спектрометрия с источником ионов в виде индуктивно-связанной плазмы признана наиболее универсальным методом анализа элементного и изотопного состава вещества. Метод характеризуется экспрессностью, надежностью, высокой точностью, одновременным определением широкого спектра элементов, имеет диапазон линейности определяемых концентраций до 6 порядков.

В целях развития и совершенствования методов аналитического контроля было принято решение о разработке методики измерений с использованием ИСП МС для анализа урановой продукции предприятия. Исследования проводились на ИСП масс-спектрометре «Elan DRC II».

Для проведения эксперимента были выбраны элементы, которые в настоящее время определяются в урановой продукции ФГУП «ПО «Маяк». Диапазон массовых долей (концентраций) определяемых примесей определен нормами отраслевых стандартов и технических условий и находится в пределах от $3 \cdot 10^{-5} \%$ до $1,2 \cdot 10^{-2} \%$ (от $0,1 \text{ мкг/дм}^3$ до 100 мкг/дм^3 при концентрации урана 1 г/дм^3).

В настоящее время в аналитических лабораториях ФГУП «ПО «Маяк» измерение массовых концентраций катионных примесей в уране, его соединениях и сплавах проводится в соответствии с ОСТ 95 10117-2003 «Уран. Химико-спектральная методика измерения содержания примесей». Стандарт устанавливает химико-спектральную методику определения содержания примесей при фотографическом, квантометрическом и фотоэлектронном способах регистрации спектров, которая предполагает длительную подготовку проб, включающую, в том числе, от трех до пяти экстракционных циклов урана.

При фотографическом способе регистрации спектров за 9 ч выполняется анализ от 6 до 8 проб, при квантометрическом способе – анализ от 10 до 12 проб за 6 ч. Метод ИСП-МС позволяет исключить длительные стадии подготовки проб, за счет чего дает возможность проводить измерения в значительно более сжатые сроки. Кроме того, погрешность определений массовой концентрации существенно снижается: с диапазона от 40 % до 100% до диапазона от 10% до 20%.

СТАТИЧЕСКАЯ И ПОЛНАЯ ОБМЕННАЯ ЕМКОСТЬ СУЛЬФОКИСЛОТНЫХ КАТИОНИТОВ ПО ОТНОШЕНИЮ К ИОНАМ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

*Шаповаленко Н.А., Волкова Т.С., Рудских В.В.
Федеральное государственное унитарное предприятие
«Производственное объединение «Маяк», г. Озерск Челябинская
область, пр. Ленина 31
email: cpl@po-mayak.ru*

Сорбционный метод находит широкое применение в химической технологии: в водоочистке и водоподготовке (для очистки водных растворов от сопутствующих примесей). Весьма важными характеристиками сорбента, определяющими целесообразность его использования для тех или иных целей, являются его селективность и сорбционная емкость.

Цель настоящих исследований заключалась в определении емкостных характеристик сульфокислотных сорбентов (КУ 2-8; Purolite C100, Resinex KW-8) по отношению к ионам щелочных металлов (Li, Na, K) в статическом режиме.

Сорбцию исследуемых элементов проводили путем перемешивания навески катионита в воздушно-сухом состоянии с аликвотой имитационного раствора (рН от 6 до 8) на перемешивающем устройстве в течение 2 часов. Затем твердую и жидкую фазы разделяли и производили десорбцию исследуемого элемента с сорбента с помощью 2М раствора азотной кислоты. Измерение массовой концентрации исследуемого элемента в растворе проводили масс-спектрометрическим методом.

Значения статической обменной емкости СОЕ, мг/г, рассчитывали как произведение массовой концентрации извлекаемого компонента в растворе после десорбции и объема раствора, отнесенного к единице массы сорбента. Значению ПОЕ соответствует значение СОЕ, не изменяющееся с ростом концентрации компонента в растворе.

В результате проведенных исследований получена характерная зависимость: СОЕ возрастает с увеличением концентрации катиона в растворе вплоть до достижения постоянного значения (ПОЕ). Так же установлено, что сорбенты импортного производства не имеют преимущества в емкости относительно отечественного катионита КУ 2-8. Средняя ПОЕ сульфоновых катионитов для Li, Na и K составила от 4 до 5 ммоль/г.

ПОВЕДЕНИЕ МОЛИБДЕНА В СИСТЕМЕ «30%-НЫЙ ТБФ В УГЛЕВОДОРОДНОМ РАЗБАВИТЕЛЕ – ВОДНЫЙ АЗОТНОКИСЛЫЙ РАСТВОР НИТРАТА УРАНИЛА»

Шляжко Д.С., Круглов С.Н., Смолкин П.А.
Предприятие ТВЭЛ АО «СХК», 636036, г. Северск, Томская обл.
E-mail: shk@seversk.tomsknet.ru

Исследование экстракционного поведения молибдена является актуальной теоритической и практической задачей.

Из опубликованных ранее [1] результатов экстракции молибдена в системе «20%-ный ТБФ в керосине – водный раствор $(\text{NH}_4)\text{MoO}_4$ в HNO_3 » известно, что коэффициент распределения молибдена снижается в ~ 2 раза с уменьшением в водном растворе $[\text{HNO}_3]$ с 1,0 моль/л до 0,25 моль/л и в ~ 4 раза с увеличением концентрации молибдена в водном растворе с 10^{-4} моль/л до 10^{-2} моль/л.

Проведённые исследования поведения молибдена в системе «30 %-ный ТБФ в углеводородном разбавителе – водный азотнокислый раствор нитрата уранила» показали, что коэффициент распределения молибдена, в отличие от известных данных, увеличивается с уменьшением в водном растворе $[\text{HNO}_3]$ и с увеличением концентрации молибдена в водном растворе и снижается с увеличением насыщения экстрагента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Николотова З.И., Карташова Н.А. Экстракция нейтральными органическими соединениями. М., Атомиздат, 1976. Т. 1. С. 302.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕРЕГУЛЯРНЫХ СХЕМ РАСПОЛОЖЕНИЯ СКВАЖИН ПРИ ДОБЫЧЕ УРАНА МЕТОДОМ СПВ

Шрайнер А.Э., Гуцул М.В., Носков М.Д.

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

Метод скважинного подземного выщелачивания (СПВ) является одним из наиболее экономически эффективных методов добычи урана. При СПВ происходит воздействие на залежь выщелачивающими растворами на месте ее залегания для перевода полезных компонентов в раствор и последующего их извлечения.

В настоящее время малые рудные тела обрабатываются стандартными регулярными ячеистыми или рядными схемами, что требует повышенных капитальных затрат и эксплуатационных расходов на единицу продукции. В данной работе рассматривается применение адаптивной нерегулярной схемы при добыче урана методом СПВ для более эффективной отработки рудного тела небольшого размера.

Исследования проводились методом математического моделирования процесса СПВ с использованием специализированного программного обеспечения "Курс", разработанного в СТИ НИЯУ МИФИ. Программа позволяет создавать цифровые модели эксплуатационных блоков, включающие в себя модели геологической среды и технологических объектов, а также проводить моделирование процесса выщелачивания урана.

Рассматривались варианты вскрытия малого рудного тела с использованием ячеистой гексагональной и адаптивной нерегулярной схем расположения технологических скважин. Адаптивная нерегулярная схема скважин включает в себя гексагональные, пентагональные и треугольные ячейки. Положение скважин в данной схеме определяется с учетом морфологии залежи. Также в адаптивной схеме достигается оптимальный баланс между закачными и откачными скважинами. Моделирование проводилось до 80% отработки.

Сравнение геотехнологических и экономических показателей, полученных в результате моделирования отработки малого рудного различными схемами скважин, показало, что адаптивная нерегулярная схема скважин позволяет увеличить темпы добычи и снизить себестоимость единицы продукции.

ЭКСТРАКЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ МОНАЦИТА ПО АЗОТНОКИСЛОЙ ТЕХНОЛОГИИ

*Яблокова Ю.А., Муслимова А.В., Молоков П.Б., Рожнева Я.И.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036 г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, д. 65
e-mail: jul4ik221193@gmail.com*

В большинстве своем редкоземельные минералы содержат некоторое количество тория, иногда урана. Так, в основном источнике РЗМ монаците ((Ce,La,...)PO₄) содержится до 35 % ThO₂ и 0,1...0,3 % U, в лопарите тория содержится порядка 0,5...0,6 %.

В большинстве технологических схем, торий и уран извлекаются совместно с РЗЭ. Поэтому возникает вопрос по дезактивации РЗЭ содержащих растворов.

Наиболее перспективным способом решения этой задачи является экстракция. Экстракцию является чрезвычайно полезной, в частности, когда необходима либо высокая очистка, либо когда металлы обладают настолько близкими свойствами, что одна операция осаждения или кристаллизации не даст необходимой степени разделения. Экстракционный метод более гибок и интенсивен однако, практическая ее реализация также сопряжена с рядом трудностей.

Например, для экстракционного извлечения и разделения РЗЭ с помощью ТБФ необходимы нитратные растворы. В реальных растворах, получаемых при выщелачивании реакционной массы, содержатся ионы SO₄²⁻, PO₄³⁻, а во многих случаях и F⁻, затрудняющие экстракцию вследствие образования в водной фазе прочных комплексов с РЗЭ, ураном и торием

В качестве исходного раствора выступает азотнокислый раствор выщелачивания монацитового концентрата.

Уран, РЗЭ, торий и примесные элементы находятся в виде катионов, поэтому применение методов ионного обмена не будет эффективным. Возможным вариантом для разделения является использование нейтрального экстрагента ТБФ, который экстрагирует РЗЭ, торий, уран по сольватному механизму.

Для организации этих условий мы используем экстракторы центробежного типа, который имеет ряд преимуществ:

1. КПД_{ступени}=1;
2. Небольшие размеры;
3. Очень короткое время контакта экстрагируемого вещества с экстрагентом.

Секция
**АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЯДЕРНОГО
НЕРАСПРОСТРАНЕНИЯ, БЕЗОПАСНОСТЬ
И ЭКОЛОГИЯ ЯДЕРНОЙ ОТРАСЛИ**

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ ПЕНАЛОВ ХРАНЕНИЯ ОЯТ*

*Абрамец В.В., Лидер А.М., Салчак Я.А., Седнев Д.А.
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск,
пр. Ленина, 30, e-mail: vvabramets@yandex.ru*

Развитие ядерных технологий повлекло за собой появление таких продуктов, как радиоактивные отходы и отработавшее ядерное топливо (ОЯТ). ГХК является на сегодняшний день единственным предприятием в России, реализовавшим специализированный комплекс хранения ОЯТ. В связи с вводом в эксплуатацию сухих хранилищ, на ГХК значительно увеличился объем ОЯТ.

На всех предприятиях, работающих в области атомной энергетики (АЭ), обязательно поддержания ядерной, радиационной, пожарной, а также технической безопасности [1]. Важной составляющей поддержания технической безопасности на предприятии является диагностика целостности пеналов, в которых непосредственно расположено ОЯТ. Наиболее уязвимыми местами пенала являются сварные соединения, поэтому необходимо обеспечить возможность проведения эффективного контроля качества швов. Диагностика пеналов на соответствие установленным требованиям не должна повлиять на целостность изделия, поэтому следует применять методы неразрушающего контроля (НК). На данный момент перспективным методом НК является ультразвуковой контроль (УЗК), отличающийся экспрессностью, безопасностью для персонала, возможностью 3D-визуализацией и невысокой стоимостью.

Актуальной задачей для внедрения УЗК на предприятия области АЭ является повышение эффективности за счет повышения уровня точности результатов и снижения влияния фонового шума на полезные сигналы от дефектов. Повышение эффективности достигается применением высокоточного оборудования. Однако его использование часто затруднено по причине его высокой стоимости. Альтернативным путем является проведение дополнительной математической обработки сигналов, полученных в результате диагностики. Использование математических методов позволяет значительно улучшить результаты оценки технического состояния пеналов и повысить эффективность УЗК объектов АЭ.

***Выполнено при финансовой поддержке Государственного задания «Наука» в рамках научного проекта № 1524, тема 0.1325.2014.**

ЛИТЕРАТУРА

1. Об использовании атомной энергии: ФЗ РФ, 21 ноября 1995 г., № 170-ФЗ // Собр. законодательства РФ. – 1995. – № 48. – Ст. 4552. – 1997. № 7 – 808 С.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАЩИЩЕННОСТИ КРИТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ ОБЪЕКТА

Абузарова Ю.Р., Степанов Б.П.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр. Ленина, 30,

E-mail: y.abuzarova93@gmail.com

Одной из составляющих обеспечения режима ядерного нераспространения является установление нормативных ограничений при выполнении процедур доступа к ядерным материалам. Формирование данных требований происходит на основе выделения и анализа основных угроз в отношении ядерного объекта. Однако за последнее время произошло значительное изменение различных видов опасностей и способов их реализации. Поэтому в современном мире вопросы безопасности всегда остаются актуальными при возникновении серьезных угроз государству, обществу или личности.

Под безопасностью понимают состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства от внутренних и внешних угроз. Внедрение комплексной системы безопасности позволяет повысить эффективность противодействия возникающим угрозам с учетом действующих на предприятии норм и правил. Задача построения эффективной системы безопасности может решаться поэтапно от постановки цели и далее к выбору подходов, а также средств и способов её решения.

В работе сформулирован методический подход по обеспечению защищенности объекта, основанный на выделении и ранжировании потенциальных угроз, оценки вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций, выделения критических элементов инфраструктуры объекта. Требование подхода предполагает максимальный охват всех видов угроз и проведения анализа их взаимного влияния в структуре функционирования элементов инфраструктуры объекта, а также проведение анализа уязвимости объекта защиты.

По результатам проведенного анализа выполняется разработка мер защиты. Поэтому реализация предложенного методического подхода по обеспечению защищенности объекта предполагает разработку, внедрение и обеспечение функционирования комплекса организационных, технических мер по предотвращению выделенных угроз, а также позволяет выполнить общий алгоритм построения эффективной системы безопасности предприятия.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ПИРОФОРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ОБЕЗВОЖИВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КАНАЛА УРАН-ГРАФИТОВОГО РЕАКТОРА

Беспала Е.В., Павлюк А.О., Котляревский С.Г.

*АО «Опытно-демонстрационный центр вывода из эксплуатации уран-графитовых ядерных реакторов», 636000,
г. Северск, Томская обл., ул. Автодорога 13, 179а
e-mail: bespala_evgeny@mail.ru*

На сегодняшний день в России остановлены все промышленные уран-графитовые ядерные реакторы (ПУГР), при этом большая часть находится на стадии подготовки к выводу из эксплуатации (ВЭ) или на стадии вывода из эксплуатации. Однако при ВЭ некоторых зарубежных реакторов типа Magnox необходимо проведение работ, связанных с демонтажем графитовой кладки и последующем захоронением радиоактивных отходов. При этом существует вероятность инициированного скачкообразного горения графитовой пыли, вследствие особенностей термодинамических параметров (минимальная энергия возгорания – (1,0–2,5) кДж, минимальная температура возгорания ~ 600°C) и выделения запасенной энергии.

В процессе работы уран-графитовых реакторов (УГР) имели место тяжелые зависания тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ) в технологических каналах (ТК). В результате происходило нарушение режима теплосъема ТВЭЛ и, как следствие, повреждение оболочек и технологических каналов, что приводило к нарушению целостности оболочки ТВЭЛ (запаривание). Проникая в графитовую кладку, фрагменты ядерного топлива в результате многофакторного воздействия вступали в химическое взаимодействие с графитом, парами воды, воздухом и в меньшей степени с материалом оболочки ТВЭЛ. Образовавшиеся просыпи топлива длительное время облучались в кладке реактора, что способствовало накоплению трансурановых элементов и продуктов деления. При этом в отдельной области графитовой кладки, характеризуемой определенной температурой и давлением, могли образовываться различные соединения урана.

В работе приведены результаты анализа возможных химических реакций, приводящих к накоплению пирофорных соединений в кладке реактора, и проведена оценка вероятности их образования при обезвоживании технологического канала УГР.

ПЛАЗМЕННАЯ ОБРАБОТКА КУБОВЫХ ОСТАТКОВ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ НА АЭС

Болгов С.Ю., Шеховцова А.П.

*ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский
политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: bolgow.stepan@yandex.ru*

Хранилища многих АЭС заполнены на 80-90 % а продуктами выпарки высокоактивных жидких водно-солевых отходов (ВСО) в виде кубовых остатков (КО), имеющих следующий химический состав (г/л): NaNO_3 и KNO_3 – (200-250); $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ – (25-28); $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ – (50-60); Na_2CO_3 – (20-25); NaOH – (25-30); H_2O – остальное [1]. К недостаткам применяемых технологий следует отнести многостадийность, необходимость использования химических реагентов, значительные энерго- и трудозатраты. Снижение энергозатрат на термообработку таких отходов приведет к существенному удешевлению их утилизации.

Для обработки таких ВСО перспективным является применение низкотемпературной плазмы. Однако плазменная обработка только ВСО потребует значительных энергозатрат (до 4 МВт·ч/т). Существенное снижение энергозатрат может быть достигнуто при плазменной обработке кубовых остатков в виде водно-солеорганических композиций (ВСОК).

На основе результатов расчетов показателей горючести модельных композиций («КО–ацетон», «КО–этанол» и др.), обладающих высокой взаимной растворимостью, определены составы ВСОК, имеющие низшую теплотворную способность ($\geq 8,4$ МДж/кг) и адиабатическую температуру горения (≥ 1200 °С) и обеспечивающие не только существенное снижение затрат энергозатрат на плазменную обработку ВСО (до 0,1 МВт·ч/т), но дополнительное получение тепловой энергии для технологических и бытовых нужд (до 2,0 МВт·ч/т). В результате термодинамических расчетов процесса плазменной обработки ВСОК определены режимы для практической реализации процесса в воздушной плазме.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при создании технологии для энергоэффективной плазменной обработки кубовых остатков продуктов выпарки ЖРО на АЭС, а также других радиационно-загрязненных водно-солевых отходов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рябчиков Б.Е. Очистка жидких радиоактивных отходов. – М.: ДеЛи принт, 2008. – 512 с.

СПОСОБ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ЯДЕРНОГО ОБЪЕКТА ПРИ РАССМОТРЕНИИ УГРОЗ, РЕАЛИЗУЕМЫХ С ПОМОЩЬЮ МАЛОРАЗМЕРНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Буковецкий А.В.¹, Бойко В.И.², Степанов Б.П.²

*¹Федеральное государственное унитарное предприятие
«Горно-химический комбинат», 662972, г. Железногорск
Красноярского края, ул. Ленина, 53,*

*²Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: atomlink@mcc.krasnoyarsk.su*

Возникновение новых и развитие уже существующих способов реализации угроз в отношении ядерных объектов (ЯО) формирует необходимость совершенствования существующих методических подходов к проведению оценки эффективности систем физической защиты (СФЗ). К разряду новых способов реализации угроз следует отнести применение летательных аппаратов в качестве элементов внешнего воздействия на ЯО. Вопросы оценки эффективности СФЗ при противодействии подобным типам внешнего воздействия до настоящего момента оставались неизученными и не учитывались.

В работе предлагается проведение оценки эффективности СФЗ при противодействии угрозам, реализуемым с помощью БПЛА, осуществлять с помощью моделирования взаимодействия в системе «нарушитель – СФЗ» на основе применения элементов теории вероятности и графического построения. Использование графических построений обусловлено необходимостью учёта индивидуальных особенностей ЯО и структуры СФЗ. За основные характеристики принимаются тип местности в районе расположения объекта, а также размещение постов часовых в системе охраны, зоны визуального обнаружения и поражения БПЛА.

Задачей, на решение которой направлен предлагаемый подход, является определение слабых мест в СФЗ ЯО при использовании нарушителями малоразмерных БПЛА, а также выбор оптимальных путей совершенствования штатной СФЗ при данном воздействии.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.С. Фетисов, Л.М. Неугодникова, В.В. Адамовский, Р.А. Краснопёров. Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние. – Уфа: ФОТОН, 2014. – 217 с.: ил.
2. Бояринцев А.В., Зуев А.Г., Ничиков А.В. Проблемы антитерроризма: угрозы и модели нарушителей. – СПб.: ЗАО «НПП «ИСТА-Системс», 2008. – 220 с.

ОТКАЗ ОТ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ. ПРИМЕРЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Вдовенко А. Ю., Демянюк Д. Г.

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: ayv9@tpu.ru*

Открытие атомной энергии стало одним из выдающихся достижений науки в XX веке. Но её использование в военных целях оказалось самой величайшей ошибкой в истории человечества. Победа в войне с применением ядерного оружия – это иллюзия. В такой войне проиграют все. И цена всеобщего проигрыша – это уничтожение мира. Поэтому так важно понимать значимость вопроса ядерного разоружения и полного отказа от столь мощного оружия.

В данной работе рассмотрены уникальные прецеденты отказа Казахстана, Беларуси, Украины и ЮАР от своего ядерного арсенала. Проанализированы причины и мотивы побудившие данные страны утилизировать либо продать/отдать свое атомное оружие, а также изучены международные документы заключенные в связи с признанием стран своего безъядерного статуса.

С начала 70-х годов ядерная программа ЮАР прошла полный цикл, необходимый для создания ядерного взрывного устройства. Однако в 1989 году ЮАР свернула свою программу по созданию ядерного оружия [1].

23 мая 1992 г. был подписан протокол к советско-американскому договору СНВ-1, согласно которому Украина, Беларусь и Казахстан согласились принять на себя обязательства бывшего СССР по договору СНВ-1 и обязались присоединиться к договору о нераспространении ядерного оружия в качестве безъядерных стран [2]. Подобный массовый отказ от ядерного оружия является исключительным, и может служить моделью для дальнейшего ядерного разоружения.

ЛИТЕРАТУРА

1. История международных отношений. 1945-2008, ч. III. Под ред. Богатурова А.Д. Учебное пособие для студентов вузов. - М.: Аспект Пресс, 2010. - 520 с.
2. Новый вызов после "холодной войны": распространение оружия массового уничтожения. <http://svr.gov.ru/material/2-13-16.htm>

ISSUES OF FORMATION OF GHANA'S NUCLEAR PROGRAM

Gbinu J.

*Tomsk Polytechnic University, 634050, Tomsk, Lenina ave., 30
e-mail: kjosh8676@gmail.com*

Ghana's electricity demand has increased dramatically over the years. Before 1985, the average annual generation growth rate was 2% but this has increased in excess of 10% per annum in the years beyond. More significantly the average annual growth rate in electricity since 1991 is 15%.

In February 2015 Ghana is reported to have signed or ratified several IAEA conventions, including the Convention on Supplementary Compensation for Nuclear Damage (CSC). Ghana joined the Global Nuclear Energy Partnership (GNEP), now the International Framework of Nuclear Energy Cooperation (IFNEC), in September 2007. In 2012 the Ministry of Energy & Petroleum signed a nuclear cooperation agreement with Rosatom, and in mid-2013 further discussion took place on the specifics of joint projects facilitating the implementation of plans by Ghana to develop a nuclear industry with Russian help. In June 2015 a nuclear cooperation agreement with Rosatom was signed by the Ministry of Environment, Science, Technology and Innovation, to enable the development of contractual and legal frameworks for cooperation between the two countries in the nuclear sector. Within the Agreement the parties are intended to develop cooperation in design and construction of power and research nuclear reactors; exploration and production of uranium deposits; nuclear fuel cycle services; production of radioisotopes and their application in industry, medicine and agriculture; education, training and retraining of experts for the nuclear energy industry.

ЗАМКНУТЫЙ ЯДЕРНЫЙ ТОПЛИВНЫЙ ЦИКЛ В РОССИИ

Горлов И.А., Зиновьев Г.С.

*Новоуральский технологический институт НИЯУ МИФИ, 624132,
г. Новоуральск Свердловской обл., ул. Ленина, 85
e-mail: ivashechka.gorlov.1995@mail.ru*

Ни для кого не секрет, что в России, с момента пуска первой АЭС, накопилось очень много отработанного ядерного топлива (ОЯТ), как собственного, так и привезенного из других стран. Число реакторов в мире, построенных ГК «РОСАТОМ», увеличивается. Места хранения ОЯТ заполняются все больше и больше.

От ОЯТ нужно избавляться. Самый благоприятный вариант использования ОЯТ – использование, как сырья для быстрых и тепловых реакторов. В этом и заключается суть замкнутого ядерного топливного цикла (ЗЯТЦ).

В результате, уменьшается количество ОЯТ, уменьшается добыча природного урана и, самое главное, уменьшается объем захораниваемых радиоактивных отходов. Конечно, топливо, полученное в цикле ЗЯТЦ, дороже полученного из природного урана. Но что важнее: материальная выгода или экологическая ситуация в стране, от которой зависит будущее наших потомков?

ЛИТЕРАТУРА

1. Ежемесячный журнал «Атомный эксперт»: #1-2/2014, статья «Бэкенд». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://atomicexpert.com/content/бэкенд-бег-на-длинной-дистанции>.
2. Электронный журнал «LIVEJOURNAL»: 2015, статья «Ликбез про ЗЯТЦ». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://gmorder.livejournal.com/3926795.html>.
3. Электронная версия журнала «Российское атомное сообщество»: 2012, статья «Инфраструктура замкнутого ЯТЦ: опыт Головного института «ВНИПИЭТ». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.atomic-energy.ru/articles/2012/09/14/36003>
4. «Совет при президенте по модернизации экономики инновационному развитию России»: статья «Новая технологическая платформа: замкнутый ядерный топливный цикл и реакторы на быстрых нейтронах». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.i-russia.ru/nuclear/directions/36/>.

КОНЦЕПЦИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ АЭС

Грачев Е.К., Илекис В.М.

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

Для обеспечения возрастающих потребностей человечества к 2050 г. генерация энергии по данным Международного энергетического агентства (МЭА) должна быть удвоена. Быстрое достижение такого уровня генерации без воздействия на экологию и ресурсопотребление может обеспечить только развитие атомной энергетики. В 2015 г. в России доля атомной генерации в общем энергобалансе превысила 18 % (195 млрд кВт.ч.), а в проекте Энергетической стратегии России на период до 2030 г. предусмотрено четырехкратное увеличение производства электроэнергии на атомных энергоблоках. В связи с этим, а также с рядом инцидентов на АЭС, произошедших за последние пятьдесят лет становится актуальной проблема обеспечения активной и пассивной безопасности современных атомных энергоблоков при снижении стоимости их строительства, эксплуатации и утилизации.

Атомная электростанция считается безопасной, если:

1. Радиационное воздействие от нее на персонал, население и окружающую среду при номинальной эксплуатации и проектных авариях не приводит к превышению условных значений;

2. При тяжелых (запроектных) авариях радиационное и токсическое воздействие на экологию локализовано, а вероятность таких аварий, за счет снижения человеческого фактора и использования «пассивных» элементов в системах безопасности стремится к нулю.

В ГК Росатом разработаны реакторы различного типа и назначения от реакторов малой мощности для снабжения электроэнергией космических летательных аппаратов, водного транспорта и до мощных АЭС.

В 2017 г. первый энергоблок на базе ВВЭР-1200 планируются к вводу в эксплуатацию и на Ленинградской АЭС-2, в преддверии чего специалистами ЛАЭС в сотрудничестве с другими организациями был проведен анализ рисков, а также проведена международная общественная экологическая экспертиза, подтвердившая безопасность строящихся энергоблоков.

В данном докладе будут рассмотрены концепции и дана оценка безопасности современных АЭС на примере строящегося реактора ВВЭР-1200 на Ленинградской АЭС-2.

ВОПРОСЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕПРЕРЫВНОСТИ ЗНАНИЙ О ЯДЕРНЫХ МАТЕРИАЛАХ

Давтян И.В., Годовых О.В.

*Национальный исследовательский Томский политехнический
университет, 634050, г.Томск, пр. Ленина, 30,*

E-mail: tarazanovaov@tpu.ru

При упоминании о обеспечении непрерывности знаний о ядерных материалах, зачастую имеется ввиду комплексная деятельность в рамках учета, контроля и физической защиты на ядерном объекте. Автоматизация систем, отвечающих за указанные виды деятельности, в той или иной мере позволяет говорить о повышении эффективности функционирования систем безопасности и всего объекта в целом. Не на последнем месте оказываются «системы обеспечения», например, система информационной безопасности. Как система, претендующая на роль интегрирующей, инженерно-техническая и организационная база системы информационной безопасности может быть рассмотрена как ключ к решению многих проблем накопившихся в организационной структуре ядерного объекта.

В теории все системы, начиная с основной «производственной» системы, и прочих, отвечающих за обеспечение безопасности и специальное обращение с ядерными материалами – взаимодействуют и дополняют друг друга. Логично было бы предположить, что и «ресурсы» этих систем (персонал, техническое оборудование и прочее) должны иметь определенную степень взаимодействия. На практике мы сталкиваемся с сложнейшей проблемой координации и взаимодействия этих систем.

Отдельной проблемой можно обозначить «неспешность» процесса совершенствования самих систем в целом, и их составляющих. Это объясняется наличием жесткой нормативно-правовой базы и обусловлено вопросами обеспечения безопасности.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АЛЬФА-ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ В ПРОБАХ РЕЧНОЙ ВОДЫ Г. ТОМСКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ PIPS-ДЕТЕКТОРА

Еремеева Т.А., Чурсин С.С.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

e-mail: taeremeeva@bk.ru

Естественный радиационный фон требует постоянного мониторинга, для предотвращения превышения установленных пределов доз облучения для населения. Несмотря на то, что источники ионизирующих излучений в той или иной степени окружают человека на протяжении всей жизни, наибольшую опасность представляют альфа-излучатели, поскольку они имеют высокий биологический эффект воздействия на живой организм.

Вклад речной воды в суммарную дозу облучения населения не является преобладающим, но в связи с возможным изменением радионуклидного состава, а вследствие этого изменением удельной активности радионуклидов в речной воде, необходимо осуществлять ее периодический контроль.

На сегодняшний день проведение анализа воды с использованием методик по определению в ее составе природных радионуклидов является достаточно трудоемким и ресурсозатратным. В связи с чем возникает актуальная задача по модификации методик или же разработке совершенно новых с использованием современного высокоточного оборудования.

В работе проведен анализ проб воды реки Томь на содержание в ней нуклидов, обуславливающих альфа-активность. Измерения проводились с использованием PIPS-детектора (пассивного ионно-имплантированного планарного кремниевого детектора) в составе спектрометрического комплекса Alpha Analyst, производства фирмы Canberra. Установлены уровни удельной активности для природных радионуклидов, содержащихся в речной воде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методические рекомендации (МР 2.6.1.0064 – 12). Радиационный контроль питьевой воды методами радиохимического анализа.
2. Бушуев А.В. Методы измерения ядерных материалов: Учебное пособие. М.: МИФИ, 2007. – 276 с.

ПОЛУЧЕНИЕ ЗАЩИТНОГО КОМПОЗИТНОГО СОЕДИНЕНИЯ В РЕЖИМЕ ТВЁРДОПЛАМЕННОГО ГОРЕНИЯ

Закусилов В.В., Куприянов В.В.

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр.

Ленина,30, e-mail: vvzakusilov@tpu.ru

В современном мире ядерные энергетические технологии используются во многих сферах жизни общества, однако, при использовании ядерных реакций возникает сопутствующее ионизирующее излучение, которое может представлять потенциальную опасность для человека и окружающей среды. Для защиты от радиационного воздействия необходимо проведение ряда мероприятий, в том числе использование специальных материалов в качестве защитных экранов.

Для защиты от мощного источника ионизирующего излучения или совокупности мощных потоков, образованных ионизирующим излучением разной природы необходима многослойная геометрия и специальные материалы, обладающие необходимыми свойствами, так при выборе материала необходимо учитывать сочетания защитных свойств, массо-габаритных и экономических показателей, технологичности производства материала и др [1]. Одним из материалов, с подходящими защитными свойствами, является диборид титана, удовлетворяющий свойствам замедлителя быстрых нейтронов и поглотителя тепловых нейтронов.

Наиболее распространёнными способами получения диборида титана являются сплавление или спекание, однако, при использовании этих методов, полученный материал обладает определёнными дефектами, что ухудшает его защитные свойства и снижает долговечность. Иные способы получения диборида титана практически не применяются ввиду их сравнительно большей стоимости.

Разрешить эти вопросы в процессе создания нового материала позволяет одно из перспективных направлений порошковой металлургии – самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) [1], позволяющий получить пористые соединения высокой чистоты, при относительно низких затратах энергии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Разработка матричного материала для иммобилизации радиоактивных отходов на основе модифицированного перовскита в режиме технологического горения / О. Ю. Долматов и др. // *Фундаментальные исследования*. – 2016. № 5. – С. 237-241.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ BIG DATA В ОБЛАСТИ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

Зинатулина С.Р., Годовых А.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр. Ленина, 30,

E-mail: Safina_0194@mail.ru

К критической инфраструктуре государства, принято относить особо важные объекты, системы или сети, в случае отказа работы которых, в результате выхода из строя или умышленного причинения им вреда, вплоть до их уничтожения, будут иметь тяжелые, или даже разрушительные последствия для национальной безопасности, экономики, общественного здравоохранения и других составляющих инфраструктуры государства. Одними из подобных объектов являются объекты атомной энергии. На данных объектах действуют различные технические системы, обеспечивающие их безопасное функционирование. К ним относятся системы жизнеобеспечения объекта, контроля радиационной обстановки, учета и контроля ядерных материалов и другие. На ядерных объектах, в течение последнего десятилетия, реализуется программа по широкомасштабному замещению устаревших аналоговых систем, цифровыми.

В связи с расширением номенклатуры цифровых устройств, используемых для обеспечения безопасности на ядерном объекте, растут возможности и пути сбора информации. Контроль параметров окружающей среды, обработка данных с устройств считывания, контроля, видеонаблюдения и пр., в каждый момент времени способны генерировать огромные массивы данных. Данные должны обрабатываться, анализироваться и храниться. При переходе объектов ядерно-топливного цикла на использование цифровых устройств, появляется возможность использовать последние наработки в сфере информационных технологий. Одной из подобных разработок в IT сфере является концепция Big Data. Понятие Big Data связывают с инструментами, процессами и процедурами, которые позволяют создавать, воздействовать и управлять очень большими наборами данных и местами их хранения.

В данной работе обсуждаются вопросы использования современных технологий в сфере атомной отрасли.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОНКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ЗОНЫ НАБЛЮДЕНИЯ РОСТОВСКОЙ АЭС

Игнаткин В.А., Бубликова И. А.

*Волгодонский инженерно-технический институт – филиал
Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»,
347360, г. Волгодонск, ул. Ленина 73/94
e-mail: IgnatkinVA@yandex.ru, IABublikova@mephi.ru*

В зоне наблюдения Ростовской АЭС (РоАЭС) проживает население общей численностью более 230 тысяч человек, из них более 170 тысяч (почти 80%) – население г. Волгодонска, расположенного всего в 13,5 км от АЭС. У жителей рассматриваемой территории существует опасения, что негативное влияние Ростовской АЭС на здоровье населения вызывает рост онкологической заболеваемости.

Для определения изменений в динамике показателей онкологической заболеваемости и смертности был выполнен анализ данных до и после пуска АЭС (2001г.) за период с 1992 по 2015 г. г. с получением в *MS Excel* уравнений трендов. Проведена оценка значимости улучшения регрессионной модели после разделения исходной выборки на две части с помощью теста Чоу. Показано, что не происходит структурных изменений в динамике исследуемых показателей с пуском РоАЭС. Для сравнения рассмотрены данные по Ростовской области в целом, городам Таганрог и Азов [1].

Существует ряд причин постепенного роста онкологической заболеваемости, одной из которых может являться увеличение средней продолжительности жизни населения. В работе показан восходящий характер тренда данного показателя.

Таким образом, на основе анализа статистических данных онкологической заболеваемости населения зоны наблюдения РоАЭС не подтвердилась обусловленность роста рассматриваемых показателей её эксплуатацией.

ЛИТЕРАТУРА

1. Медведева М. Н., Бубликова И. А., Баклыкова М. Г. Исследование динамики канцерогенных факторов окружающей среды города Волгодонска// Глобальная ядерная безопасность. 2012. №4. С. 20 - 24.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ НАТРИЙАЛЮМОФОСФАТНЫХ СТЕКОЛ

*Казаков В.А., Дудкин В.А., Старовойтов Н.П., Ремизов М.Б.
Федеральное государственное унитарное предприятие
«Производственное объединение «Маяк»
Россия, 456780, г. Озерск, пр. Ленина, д. 31,
тел. (351-30) 2-89-88, e-mail: cpl@po-mayak.ru*

Одной из сложнейших экологических проблем современной России является проблема обращения с радиоактивными отходами, накопившимися в результате реализации оборонных программ. Одним из перспективных решений этой проблемы является перевод высокоактивных отходов в безопасную форму хранения – отверждение методом остекловывания.

Специалисты ФГУП «ПО «Маяк» имеют многолетний опыт в области варки и исследования алюмофосфатных стекол, однако исследуемые в данной работе стекла имеют составы, значительно отличающиеся от ранее изученных.

Термическая стойкость остеклованных радиоактивных отходов или матриц фосфатного стекла с включенными радионуклидами является одной из важнейших характеристик, определяющих состояние этих матриц при хранении. Согласно нормативным правилам [1] стекло считается термически стойким при условии, что отсутствуют изменения его структуры в результате хранения при температуре до +450 °С. В результате длительного хранения остеклованных отходов высокого уровня активности в условиях повышенной температуры возможны структурные изменения матрицы, ведущие к ее расстекловыванию и кристаллизации.

Для подтверждения термической стойкости стекол на приборе STA 449 F3 Jupiter с использованием метода дифференциальной сканирующей калориметрии был выполнен анализ нескольких образцов разного состава. На основании проведенных экспериментов можно сделать вывод, что для всех исследуемых в данной работе образцов температуры размягчения стекол имеют значения менее 450 °С, однако диапазон температур в котором происходит кристаллизация стекол (при которой происходят изменения в их структуре) находится после 450 °С (от 550 °С до 750 °С).

ЛИТЕРАТУРА

1. Сбор, переработка, хранение и кондиционирование жидких радиоактивных отходов. Требования безопасности [Текст]: НП-019-15: утв. Приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 25.06.2015 № 242.

ПЛАЗМЕННАЯ ОБРАБОТКА ОТХОДОВ В ВИДЕ ДИСПЕРГИРОВАННЫХ ГОРЮЧИХ КОМПОЗИЦИЙ

Каренгин А.А., Каренгин А.Г.

*ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский
политехнический университет», 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: karengin@tpu.ru*

За время работы предприятий ЯТЦ накоплены миллионы тонн водно-солевых отходов (ВСО) низкой и средней активности (азотнокислые экстракционные рафинаты, аммиачные маточные растворы и др.), которые после выпаривания и прокалки направляют на цементирование или битумизацию и далее на длительное хранение или захоронение [1]. К недостаткам применяемых технологий следует отнести многостадийность, значительные энерго- и трудозатраты

Плазменная обработка ВСО в виде диспергированных водных растворов солей металлов является одностадийным и наиболее универсальным методом, достоинствами которого являются: высокая скорость процесса, большое число каналов воздействия на физико-химические свойства целевых продуктов, возможность синтеза сложных оксидных соединений [2]. Однако плазменная обработка только ВСО требует значительных энергозатрат (до 4 МВт·ч/т). Существенное снижение энергозатрат (до 0,1 МВт·ч/т) может быть достигнуто при совместной обработке горючих и негорючих отходов в воздушно-плазменном потоке в виде диспергированных водно-солеорганических композиций (ВСОК) [2].

По результатам расчетов модельных композиций («ВСО–ацетон» и др.), определены составы ВСОК, имеющие низшую теплотворную способность ($Q_n^p \geq 8,4$ МДж/кг) и адиабатическую температуру горения ($T_{ад} \geq 1200^\circ\text{C}$) и обеспечивающие не только существенное снижение затрат электрической энергии на плазменную обработку отходов (до 0,1 МВт·ч/т), но и дополнительное получение тепловой энергии (до 2,0 МВт·ч/т) для технологических нужд.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при создании технологии и оборудования для энергоэффективной совместной плазменной обработки ВСО в виде горючих и негорючих отходов, образующихся на предприятиях ядерного топливного цикла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рябчиков Б.Е. Очистка жидких радиоактивных отходов. – М.: ДеЛи принт, 2008. – 512 с.
2. Туманов Ю. Н. Плазменные и высокочастотные процессы получения и обработки материалов в ядерном топливном цикле: настоящее и будущее. – М.: «Физматлит», 2003. – 759 с.

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СУХОГО ХРАНИЛИЩА КАМЕРНОГО ТИПА ДЛЯ БЕЗОПАСНОГО ХРАНЕНИЯ ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА В РОССИИ

Катаева О.И., Седнев Д.А.

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: oik4@tpu.ru*

В РФ принята концепция смешанного ядерного топливного цикла. Транспортирование отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) является неотъемлемой частью этого цикла. Обеспечение безопасности при транспортировании, как в условиях нормальной эксплуатации, так и в аварийных ситуациях – залог экологической безопасности и дальнейшего развития ядерной энергетики страны [1].

В настоящее время большая часть отработавших тепловыделяющих сборок (ОТВС) в РФ находятся в пристанционных или централизованных «мокрых» хранилищах. Однако, согласно мировой тенденции, происходит переход от мокрого хранения к сухому [2]. Так в 2011 году на заводе РТ-2 ФГУП «ГХК» был реализован проект по строительству сухого хранилища камерного типа.

В ближайшее время в России ожидается недостаток мощностей по хранению ОЯТ энергетических реакторов типа ВВЭР-1000 и РБМК-1000. Существующие хранилища ОЯТ на площадках АЭС с реакторами РБМК-1000 практически заполнены.

Технология хранения ОЯТ в контейнерах двухцелевого назначения позволяет оптимально обеспечить выполнение всех условий долговременного хранения ОЯТ с максимальной гарантией безопасности. Однако для постановки на контейнерное хранение ОЯТ в РФ, необходимо в первую очередь разработать и создать двухцелевые контейнеры, либо модернизировать имеющиеся ТУК.

В работе рассмотрен вариант сухого хранения контейнерного типа, который в будущем может найти свое применения и в России, а также проанализированы конструктивные и качественные особенности отечественных ТУК.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Концепция по обращению с отработавшим ядерным топливом министерства Российской Федерации по атомной энергии» от 29.05.2003 г.
2. Батюхнова О.Г. Российская федерация, Бергман К. Швеция и др. Технологические и организационные аспекты обращения с радиоактивными отходами // Международное агентство по атомной энергии. – Вена, 2005. – С. 135–143.

ДИСТАНЦИОННОЕ ДЕТЕКТИРОВАНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ГАЗОАЭРОЗОЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ АЭС С РЕАКТОРОМ НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ

Колотков Г.А.

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, 634055, Россия,
г. Томск, пл. Академика Зуева, 1
e-mail: kolotkov@iao.ru*

В статье проведен сравнительный анализ выбрасываемых в атмосферу радионуклидов из АЭС работающей на перспективном реакторе на быстрых нейтронах. На примере Белоярской АЭС рассмотрен вопрос о возможности дистанционного детектирования повышенной радиоактивности в атмосферных радиоактивных выбросах.

Таблица 1. Средние значения выбросов радионуклидов (1985-1989) из ядерного реактора на быстрых нейтронах [1, 2].

Выбросы радионуклидов, ТБк ГВт⁻¹г⁻¹		
Радиоактивные благородные газы		150
воздушные	³ H	96
жидкие	³ H	2,9
воздушные	¹⁴ C	0,12
	¹³¹ I	0,0009
воздушные	частицы	0,0002
жидкие	другие	0,028

Принимая во внимание общую активность РБГ и возможность дистанционно детектировать повышенную радиоактивность в выбросах АЭС и РХЗ [3], мы можем заключить, что радиометрическая система способна детектировать радиоактивные выбросы от АЭС с реактором БН.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-38-60115 мол_а_дк.

ЛИТЕРАТУРА

1. Man-Made and Natural Radioactivity in Environmental Pollution and Radiochronology Editors: Richard Tykva, Dieter Berg. Springer Netherlands. 2004. Vol. 7. P.p.416.
2. "Source and effects of ionizing radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation". UNSCEAR 1993 Report to the General Assembly with Scientific Annexes. United Nations. New York, 917 (1993).
3. Kolotkov G., Penin S. Remote monitoring of emission activity level from NPP using radiofrequencies 1420, 1665, 1667 MHz in real time // Journal of environmental radioactivity. 2013. V. 115. pp. 69-72.

ВЛИЯНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ЯДЕРНО-ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА ГОСУДАРСТВА НА ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГАРАНТИЙ МАГАТЭ*

Конева Д.А., Седнев Д.А.

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: konevadasha@mail.ru.*

Согласно Программе развития и осуществления поддержки ядерного контроля 2016-2017, разработанной МАГАТЭ, выделяется необходимость разработки новых подходов к осуществлению гарантий нераспространения. В том числе, задача SGCP-003 направлена на разработку и применение гарантий с учетом специфики ядерно-топливного цикла конкретного государства [1].

Стандартными инструментами применения гарантий являются три соглашения и два протокола [2]. Данные инструменты не позволяют в полной мере осуществлять контроль за непереключением ядерного материала.

Новым этапом развития гарантий МАГАТЭ является создание подхода к применению гарантий на уровне государства (State level safeguards approach). Данный подход представляет собой гибкую систему гарантий, основанную на анализе путей приобретения ядерного оружия [3].

В работе проведен анализ вероятных путей и стратегий приобретения ядерных взрывных устройств. Выполнен обзор существующих инструментов соблюдения гарантий и текущей деятельности МАГАТЭ по классификации подходов к применению гарантий на уровне государства.

*Выполнено при финансовой поддержке Государственного задания «Наука» в рамках научного проекта № 1524, тема 0.1325.2014.

ЛИТЕРАТУРА

1. Development and Implementation Support Programme for Nuclear Verification 2016–2017 [Electronic resource]. – Access mode: https://www.iaea.org/sites/default/files/16/05/development_and_implementation_support_programme_for_nuclear_verification.pdf.
2. Safeguards Agreements [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.iaea.org/safeguards/safeguards-legal-framework/safeguards-agreements>.
3. Developing State-Level Approaches under the State-Level Concept [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.iaea.org/safeguards/symposium/2014/home/eproceedings/sg2014-papers/000292.pdf>.

РАБОТОСПОСОБНОСТЬ РЕАКТОРНОГО ГРАФИТА В РБМК-1000

Костылев О.К., Куликов М.Г., Пугачев Д.К.

Национальный исследовательский

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

Одной из главных причин деформации кладки являются неравномерности распределения температуры облучения и набранного флюенса повреждающих нейтронов, как по объему кладки в целом, так и по локальному объему отдельного графитового блока. Радиационные изменения свойств графита усиливаются значительными температурными градиентами, а также неоднородностью распределения энергии быстрых нейтронов как в активной зоне, так и в пределах одного графитового блока. Эти постоянно действующие факторы вызывают изменения в размерах графитового блока по сечению и приводят к возникновению напряжений, которые являются причиной разрушения графитовой кладки в процессе эксплуатации реактора [1, 2].

Графитовые блоки оказывают воздействие на технологические каналы, искривляя их. При флюенсах повреждающих нейтронов до критического значения, как формоизменение графита, так и искривление технологических каналов не существенно. При флюенсах превышающих критическое значение происходит искривление технологических каналов настолько, что перегрузка ядерного топлива становится невозможной без принятия дополнительных мер. Кроме того существенно ухудшаются теплофизические и прочностные свойства самого графита, который является основным конструкционным материалом активной зоны РБМК-1000.

Расчет проводился для максимального значения плотности потока сопутствующего γ -излучения $4 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ в условиях РБМК.

За 60 лет эксплуатации реактора РБМК-1000 около 50% от общего объема графита в области плато (центральная часть активной зоны с максимальным тепловыделением) исчерпало свой ресурс.

ЛИТЕРАТУРА

1. Baybakov D. F. , Naymushin A. G. , Nesterov V. N. , Savanyuk S. N. , Shamanin I. V. Determining Reactor Graphite Lifespan from Thermal Properties Degradation // Advanced Materials Research. - 2015 - Vol. 1084. - p. 294-297.
2. Мочалов А. М. , Наймушин А. Г. , Нестеров В. Н. , Пугачев Д. К. Определение скорости накопления запасенной энергии Вигнера в графитовом замедлителе // Известия вузов. Ядерная энергетика. - 2015 - №. 4. - С. 101-110

РАЗРАБОТКА ПЕРОВСКИТО-ПОДОБНОЙ МАТРИЦЫ ДЛЯ ИММОБИЛИЗАЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В РЕЖИМЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ГОРЕНИЯ

Кузьмин В.С., Посохов Д.В.

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: vsk23@tpu.ru

Проблема обращения с радиоактивными отходами является одной из наиболее важных в ядерной отрасли. Для обеспечения их безопасного хранения используются различные технологии иммобилизации радиоактивными отходами в новые стабильные матричные материалы [1].

В данной работе рассмотрен синтез матричного материала на основе перовскита.

На рисунке 1 представлена рентгенограмма образца с молекулярным соотношением реагентов Ni/Al/Nd₂O₃ 1,2/1/0,5. Анализ образца показал увеличение количества фазы перовскита NdAlO₃ по сравнению с синтезом без никелевой добавки, а именно 37,9 % масс.

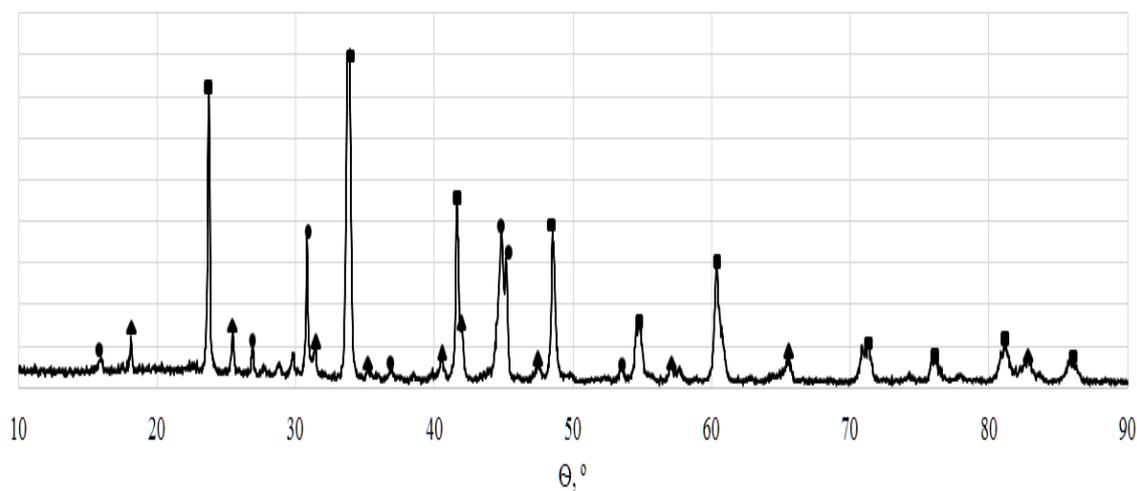


Рис.1 – Рентгенограмма образца,
гд ■ – NdAlO₃ – 37,9 %, ▲ – Ni₂Al₃ – 54,5 %, ● – NiAl₃ – 7,6 %

ЛИТЕРАТУРА

1. М. Скачек, Обращение с отработавшим топливом и радиоактивными отходами АЭС, Издательство: МЭИ, 488 с.

ПРОГРАММА МОДЕРНИЗАЦИИ ЯДЕРНОГО АРСЕНАЛА СОЕДИНЁННЫХ ШТАТОВ АМЕРИКИ

Ленков И.Л.

*Новоуральский технологический институт Национального
исследовательского ядерного университета «МИФИ», 624132,
Россия, г. Новоуральск, Свердловской обл., ул. Ленина, 85
ivanlenkov1@mail.ru*

В последнее время в мировой политике произошли значительные изменения. В частности, президент США Барак Обама в начале своего президентского срока в 2009 году говорил о ядерном разоружении и высказывал идеи о неядерном мире.

Сейчас США всерьёз задумались о модернизации своего ядерного потенциала, как заявляет Адам Шайнман Специальный представитель президента США по вопросам ядерного нераспространения «Программа ядерной модернизации США ориентирована в первую очередь на замену систем доставки, а не боеголовок».

США вложившие и без того не малые деньги в содержание своего ядерного арсенала, теперь готовы потратить один триллион за ближайшие двадцать лет на его модернизацию, встаёт довольно острый вопрос: зачем это нужно и не является ли это попыткой втянуть Россию в новую «холодную войну»?

ЛИТЕРАТУРА

1. Коньшев В.Н., Сергунин А.А. Политика США по созданию систем противоракетной обороны в азиатско-тихоокеанском регионе //Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2016. № 5 (338). С. 165-177. Издательство: ООО "Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ" (Москва) ISSN: 2073-2872 eISSN: 2311-875X// УДК: 327.8 (73+5-11)
2. Сиринционе Д. Ядерная трансформация обамы - каковы шансы на успех? //Индекс безопасности. 2009. Т. 15. № 3-4. С. 37-46. Издательство: Научный центр международных исследований "ПИР" (Москва) ISSN: 1992-9242//
3. Е. Б. Михайленко Проблемы переоснащения тактического ядерного оружия в Европе: новый виток «холодного» противостояния? //Уральский Федеральный университет Известия, Серия 3, Общественные науки. 2013 №4 (121) С. 89-96 ISSN: 2227-2291// УДК 623 + 327(1-87) + 327.51 + 327.57.
4. П.А. Синовец Россия - США: проблемы и перспективы двухстороннего диалога в военно-стратегической сфере //Уральский Федеральный университет Известия, Серия 3, Общественные науки. 2013 №4 (121) С. 96-105 ISSN: 2227-2291// УДК 623:355.019.1 + 327.57

БУДУЩЕЕ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ФРАНЦИИ ПОСЛЕ АВАРИИ НА АЭС «ФУКУСИМА»

Марданишина О. А.

*Научно-исследовательский Томский государственный университет
634050, Томская область, г. Томск, пр. Ленина 36,
e-mail: rector@tsu.ru*

11 марта 2011 года весь мир был потрясен событием, случившимся в Японии – сильнейшее землетрясение в истории страны повлекло за собой мощное цунами, которое вывело из строя внешние средства электроснабжения и резервные генераторы, что стало причиной аварии на АЭС Фукусима-1, расположенной в городе Окума.

Такое событие не могло пройти незамеченным для мирового сообщества, а особенно для такого государства, как Франция, где атомная энергетика занимает стратегическое положение в энергообеспечении страны. Мир разделился на два лагеря: сторонников немедленной остановки атомных станций и приверженников дальнейшего использования атомной энергетики. Более того, во Франции ситуация обострилась с приходом к власти нового социалистического правительства. В ходе предвыборной кампании второй половины 2011 – первой половины 2012 года, когда впечатление от японской аварии было свежо, Социалистическая партия во главе с Франсуа Олландом вступила в предвыборный альянс с экологической партией EELV (Europe Ecologie Les Verts), которая ранее высказывалась за полную ликвидацию ядерной энергетики во Франции в течение 10–15 лет.

Таким образом, цель данной работы - сделать вывод о будущем атомной энергетике во Франции на основе анализа позиций правительств, общества, экологических организаций по отношению к использованию ядерной энергии во Франции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Denis Cosnard. Les anti-nucléaires donnent de la voix après l'accident de Fukushima [Электронный ресурс] / D. Cosnard. – Электрон.текст.данные.- Париж, 2013. – Режим доступа <http://www.lemonde.fr/>
2. World Nuclear Association. Country Profiles. [Электронный ресурс]. - <http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/france.aspx>

ВЫБОР ПЛОЩАДКИ ДЛЯ ГЛУБИННОГО ЗАХОРОНЕНИЯ ВЫСОКОАКТИВНЫХ РАО

Овечкин Е.В., Мотрий И.А., Ключев В.Е.

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail:*

В настоящее время в результате деятельности ядерных энергетических предприятий накопились большие объёмы радиоактивных отходов (РАО). Одна из самых актуальных проблем сегодня – это проблема захоронения РАО.

Способы захоронения РАО зависят от их удельной активности, агрегатного состояния и габаритов. Перед захоронением производится переработка РАО. В первую очередь РАО уменьшают в объёме для облегчения транспортировки и последующего захоронения. Для этого твёрдые отходы прессуют. Данная операция позволяет уменьшить их объём от двух до восьми раз. Далее спрессованные отходы цементируются в блоки и перевозятся в специальные могильники, размещённые на глубине не менее 500 метров с соблюдением принципа многобарьерной защиты, а также переводом жидких РАО в твёрдое состояние.

Для захоронения РАО могут быть использованы три типа горных пород глины (аллювий), каменная соль, скальные породы (гранит, базальт, порфирит). Все представленные породы имеют широкое распространение, достаточную площадь и мощность слоёв [1].

Площадку для захоронения отходов необходимо окружить зоной отчуждения, за пределами которой уровень активности радиоактивных элементов не должен превышать допустимой отметки.

Также можно использовать вариант плавления горной породы, заключённой глубоко под землёй с последующим вводом РАО в разбавленной форме в породу.

Стоит сказать, что на сегодняшний день глубинное захоронение РАО является наиболее перспективным решением проблемы захоронения РАО. Для реализации данного метода захоронения необходимы геологические исследования, направленные на поиск оптимальных условий для безопасного захоронения РАО.

ЛИТЕРАТУРА

1. Василенко В.А., Ефимов А.А., Епимахов В.Н., Константинов Е.А., Степанов А.И., Степанов И.К. «Обращение с радиоактивными отходами в России и странах с развитой атомной энергетикой: Сборник» / Василенко В.А., Ефимов А.А., Епимахов В.Н., Константинов Е.А., Степанов А.И., Степанов И.К. – СПб,:ООО «НИЦ «Моринтех», 2005.

АНАЛИЗ ЭТАПОВ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ УЧЕТА И КОНТРОЛЯ ЯДЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Пермикина Е.Е., Годовых А.В.

Томский политехнический университет, 634050

г. Томск, пр. Ленина, 30, e-mail: EEK11@tpu.ru

Относительно короткий период развития ядерной энергетики (ЯЭ) заложил фундамент для строительства и эксплуатации ядерных энергетических установок различного назначения и создания ядерного топливного цикла (ЯТЦ). Вместе с тем, за этот период ЯЭ создала научно-техническую базу и впечатляющую инфраструктуру. Объем информации, которую необходимо собирать, обрабатывать и использовать при процедурах, связанных с учетом и контролем, требует систематизации, а как следствие упрощения оперирования.

Однако, в отличие от многих других научных областей, свободный обмен и использование ядерных знаний строго регламентируются в силу важности обеспечения международной безопасности и нераспространения ядерного оружия. Нераспространение ядерных технологий требует соблюдения определённого режима контроля и даже секретности. Доступ к ним имеет лицо, имеющее четко определенный правовой статус, а так же наделенное правовыми полномочиями, позволяющими обработку данных. Поэтому в процессе изучения и анализа ЯТЦ приходится сталкиваться с проблемой ограниченного доступа к информации.

В данной работе были рассмотрены этапы ЯТЦ с точки зрения различных процессов. Более детально проанализирована зависимость организации циркуляции потоков ядерных материалов от особенностей отдельно взятого этапа ЯТЦ, а так же сформированы критерии классификации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технические аспекты ядерного нераспространения: Учебное пособие /Э.Ф. Крючков, Н.И. Гераскин, В.Б. Глебов, В.М. Муругов, А.Н. Шмелев. М.: НИЯУ МИФИ, 2010. – 224 с.
2. World Nuclear Association [<http://www.world-nuclear.org/info/Nuclear-Fuel-Cycle/Conversion-Enrichment-and-Fabrication/Uranium-Enrichment/>]. – Режим доступа: <http://www.world-nuclear.org>. – Uranium Enrichment. – (Дата обращения: 18.09.2016).
3. Ядерные технологии: история, состояние, перспективы: Учебное пособие. / А.А. Андрианов, А.И. Воропаев, Ю.А. Коровин, В.М. Муругов – М: НИЯУ МИФИ, 2012. – 180 с.

КОМПЛЕКСНАЯ ПЛАЗМЕННАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ЗАМКНУТОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА

Пироженко Т.Е., Каренгин А.Г.

*ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский
политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: tep2@tpu.ru*

Основой технологии переработки ОЯТ радиохимических заводов является ПУРЕКС-процесс. Экстракцию урана и плутония из водно-хвостовых растворов ПУРЕКС-процесса осуществляют трибутилфосфатом (ТБФ) с использованием различных органических разбавителей (керосин, очищенные углеводороды, гексахлорбутadiен и др.), которые с течением времени теряют свою эффективность и превращаются в горючие отходы переработки ОЯТ (ГОП ОЯТ).

При этом, оставшиеся без урана и плутония после первого экстракционного цикла отходы переработки (ОП ОЯТ) представляют собой слабоконцентрированные водно-солевые растворы. По действующей технологии ОП ОЯТ после выпаривания и добавления химических реагентов остекловываются или цементируются с последующим захоронением [1]. Эта технология многостадийна, экологически небезопасна, требует значительных энергозатрат и химических реагентов.

В работе показано, что прямая плазменная утилизация ОП ОЯТ в виде оптимальных по составу горючих водно-органических композиций позволяет исключить стадию выпаривания, существенно снизить удельные энергозатраты на процесс, а также применить магнитную сепарацию для эффективного извлечения твёрдых дисперсных продуктов плазменной утилизации.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при создании энергоэффективной и экологически безопасной технологии утилизации различных отходов замкнутого ядерного топливного цикла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никифоров А.С., Кулиниченко В.В., Жихарев М.И. Обезвреживание жидких радиоактивных отходов. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 184 с.

СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ ДЕЙСТВИЯ НАРУШИТЕЛЯ ПО ПРЕОДОЛЕНИЮ ИНЖЕНЕРНЫХ СРЕДСТВ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ

Понер М. В., Степанов Б. П.

*Национальный исследовательский Томский политехнический
университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30*

e-mail: mvpJKL@gmail.com

Деятельность ядерных объектов на территории Российской Федерации без обеспечения надежной системы физической защиты (СФЗ) запрещена. Надёжность СФЗ определяется оценкой эффективности системы безопасности объекта.

В настоящее время оценка эффективности проводится на всех этапах создания, проектирования и совершенствования системы безопасности. При расчёте показателей эффективности используется вероятностно-временной подход оценки. Определяющим при этом подходе является определение времени преодоления нарушителем инженерно-технических средств физической защиты (ИТСФЗ). Однако на каждом объекте существуют свои особенности ландшафта, географического положения и размещения предметов физической защиты разных категорий. Данные факторы приводят к применению различных типов инженерных средств при организации СФЗ. Поэтому время преодоления нарушителем рубежей охраны определяется экспертной оценкой. При этом, в применяемых методах оно считается независимым и распределяется по нормальному закону.

Работа посвящена разработке алгоритмов описания движения внешнего нарушителя при оценке эффективности системы безопасности. Составленные алгоритмы отражают все существующие и применяемые инженерные заграждения, оценку трудозатрат нарушителей (т.е. численность группы и возможные варианты взаимодействий внутри группы нарушителей) и объемы требуемого оборудования (массогабаритные, качественные и количественные характеристики применяемых современных инструментов).

Разработанные алгоритмы позволяют дать более детальную оценку времени преодоления нарушителем или группой нарушителей заграждений различного наполнения, различных типов и конструкций. Это позволяет провести более правильную оценку эффективности системы безопасности ядерного объекта при установленной угрозе и модели нарушителя.

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ МОДЕЛИ КОМПЕТЕНЦИЙ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРИНЦИПА СИНЕРГИИ 3S

Пушенко П.А., Седнев Д.А.

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: pushenkopolina@mail.ru*

В ядерной энергетике, которая включает в себя множество научных и технических дисциплин, знание является одним из самых важных ресурсов, который позволяет реализовывать процесс функционирования объекта в целом. Ядерная безопасность, физическая защита и гарантии нераспространения ядерных материалов (далее гарантии) - это три области, отвечающие за безопасность на ядерном объекте. Их объединение позволит увеличить эффективность безопасности станции, а также выявить проблемы в каждой области.

Однако данные дисциплины развиваются независимо друг от друга и специалисты, отвечающие за каждую из областей в отдельности, имеют узко направленные знания и умения. Для реализации синергии и увеличения безопасности АЭС необходимы более уникальные рабочие.

В данной работе был проведен анализ способов обучения специалистов из различных областей (ядерная безопасность, физическая защита, гарантии). Для возможности расширения знаний кадров предложены различные курсы повышения квалификации, а также профессиональной переподготовки в смежных областях. В работе представлена модель компетенций, реализация которой позволит повысить компетентность рабочих для обеспечения более эффективной защиты объекта путем внедрения синергии 3S. Результаты данной работы направлены на заполнение существующих пробелов в российских программах по ядерному образованию.

*Выполнено при финансовой поддержке Государственного задания «Наука» в рамках научного проекта № 1524, тема 0.1325.2014.

ЛИТЕРАТУРА

1. The CPA Competency map Knowledge Supplement; Library and Archives Canada, Cataloguing in Publication Cataloguing data available from Library and Archives Canada, 2012.
2. Contributing to the nuclear 3S's via a methodology aiming at enhancing the synergies between nuclear security and safety; Antonio Cipollaro, Guglielmo Lomonaco; Progress in Nuclear Energy 86, p. 31-39, 2016.
3. Networking for Safeguards Education; G. Janssens-Maenhout, A. Braunegger-Guelich, W. Janssens, J.M. Crete, Proceedings of the 29th ESARDA Annual Meeting, p. 1-7, 2007.

КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ ОТНОШЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ВЫБРОСАХ АЭС С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ РЕАКТОРНЫХ УСТАНОВОК

Пышкина М.Д.

*Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19
e-mail: maria1pyshkina@gmail.com*

Основным потенциальным источником загрязнения биосферы и облучения населения, проживающего вблизи атомной электростанции (АЭС), являются газо-аэрозольные отходы, образуемые в процессе эксплуатации АЭС. Хотя газо-аэрозольные выбросы АЭС не ведут к заметному загрязнению окружающей среды, работы, направленные на дальнейшее их снижение, сохраняют актуальность.

Все газо-аэрозольные выбросы АЭС можно разделить на три группы по способу образования:

– продукты деления. При облучении ядерного топлива нейтронами образуются осколки деления, такие как Xe, Kr, I, Ru и другие.

– продукты активации. Продукты активации появляются за счет реакции захвата нейтрона стабильными изотопами. Например, $^{40}\text{Ar}(n, \gamma)^{41}\text{Ar}$. Продуктами активации могут являться Ne, Ar, Mn, Ag, ^3H , C и другие.

– продукты коррозии оболочек ТВЭЛов. Коррозия материала сопровождается выделением водорода, часть которого входит в структуру металла, образуя гидриды. Например, Co, Zn и другие.

Определение корреляционных отношений между отдельными радионуклидами в выбросах АЭС позволит облегчить процесс рутинного мониторинга газо-аэрозольных выбросов АЭС с различными типами РУ, а также более достоверно определять воздействие выбросов АЭС с различными типами РУ на окружающую среду и население.

В ходе работы была собрана информация по выбросам АЭС Европы в период с 1995 по 2014 гг. Рассмотрены 42 АЭС с водяным типом реакторной установки (РУ). Проанализированы АЭС с РУ различного дизайна: французского (CP0, CP1, CP2, P4, P'4, N4), немецкого (Konvoi, PWR), американского (W3-loop), советского (ВВЭР-440, ВВЭР-1000). Рассчитаны корреляционные отношения для каждого типа РУ, а также для каждой АЭС в отдельности для радионуклидов: C-14, Cs-134, Cs-137, H-3, Mn-54, I-131, Kr-85, Xe-133 и др.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАЗКОВЫХ ПРОБ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ НЕЗАЯВЛЕННЫХ ЯДЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Ревенко К.Е., Кузнецов М.С., Соколова А.Е.

*Национальный исследовательский Томский политехнический
университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30*

e-mail: r_xenon93@mail.ru

Отбор проб окружающей среды в настоящее время сосредоточен на сборе и анализе мазковых проб с заводов по обогащению и установок с горячими камерами. Это делается с целью обнаружить обогащение урана выше заявленных уровней и получить подтверждение, что установки с горячими камерами не используются для незаявленной деятельности, такой как производство или разделение плутония. В результате анализа проб может быть своевременно обнаружена незаявленная деятельность, такая как переключение ядерных материалов на военные цели, и могут быть приняты ответные меры на такое переключение.

В данной работе были изучены типы мазковых проб, их отличия, процедуры взятия и анализа проб. В качестве мазковых проб в работе использовались кусочки белой хлопчатобумажной ткани размером 10x10 см. Сухие пробы собирались в бывшем складском помещении в учебном корпусе № 10 НИ ТПУ ФТИ, причем мазки собирались таким образом, чтобы получить на них различную степень загрязнения. Процедуры сбора и измерения проб были максимально приближены к условиям процедур сбора и измерений, осуществляемым в МАГАТЭ.

В учебной лаборатории № 318 ученого корпуса № 10 был произведен скрининг проб, который заключался в обнаружении следов урана и его продуктов деления и распада при помощи гамма-спектрометрической системы с H_rGe детектором. В результате скрининга и анализа был обнаружен уран U²³⁵ и U²³⁸, природный торий (Th²³²) и их продукты распада и деления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методы и приборы для целей гарантий: Серия изданий по международной ядерной проверке, № 1. – Вена: МАГАТЭ. – 2003.
2. Методы и приборы для измерения ядерных и других радиоактивных материалов: учебное пособие / Бойко В.И., Жерин И.И., Каратаев В.Д., Недбайло Ю.В., Силаев М.Е.; под общей редакцией Бойко В.И., Силаева М.Е. – Томск: Изд-во ТПУ. – 2011. – 355 с.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ТОМОГРАФИИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ*

Седанова Е.П., Седнев Д.А., Жвырбля В.Ю.

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск,
пр. Ленина, 30, e-mail: lizasedanova@mail.ru*

Основным требованием к используемым в конструкции АЭС материалам является их стойкость к высоким температурам, высокому давлению и радиации. Углеродные волокна и материалы на их основе отличаются высокой прочностью и жесткостью при малом весе. Кроме этого углеродные волокна и углепластик устойчивы к коррозии и радиации, а главное – обладают большой стойкостью к высоким температурам и их резким перепадам.

В связи с применением углепластиков в качестве материала армирования систем, а так же перспективой масштабного изготовления устройств и деталей реактора из углеродных композитов вопрос разработки способа неразрушающего контроля данных материалов является актуальной задачей на сегодняшний день.

Целью работы являлась апробация технологии ультразвуковой дефектоскопии акустическими фазированными решетками методом Digital Focus Array (DFA) углепластиковых образцов, содержащий в себе искусственные дефекты [1].

В процессе исследования проводились эксперименты по обнаружению дефектов в образцах из углепластиков, методом ультразвуковой томографии. Исследования проводились с применением роботизированного комплекса ультразвукового сканирования.

В результате исследования были выявлены преимущества применения ультразвуковой томографии методом DFA, для обнаружения дефектов в изделиях углепластиков, а также разработана методика контроля таких изделий. Исходя из полученных результатов исследований, сделан вывод о перспективности внедрения описанной методики в контроль углепластиковых изделий атомной отрасли.

*Выполнено при финансовой поддержке Государственного задания «Наука» в рамках научного проекта № 1524, тема 0.1325.2014

ЛИТЕРАТУРА

1. Bulavinov A. Industrial application of real-time 3D imaging by Sampling Phased Array. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: - http://www.ndt.net/article/ecndt2010/reports/1_03_22.pdf, свободный – Загл. с экрана. – Яз. англ. Дата обращения 13.05.15г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗРЫВОПОЖАРОБЕЗОПАСНЫХ СВОЙСТВ СОРБЕНТА CLEVASOL

Семендеева Е.А.¹, Дудкин В.А.², Старовойтов Н.П.²

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, Томская обл., пр. Ленина 30,
e-mail: katesem1099@mail.ru

²Федеральное государственное унитарное предприятие
«Производственное объединение «Маяк», 456780,
г. Озерск, Челябинская обл., пр. Ленина 31
тел. (351-30)2-89-54, e-mail: cpl@po-mayak.ru

На ФГУП «ПО «Маяк» выполняются работы по испытанию сорбента CLEVASOL с целью оценки возможности извлечения Cs¹³⁷ из растворов, накопленных ВАО. Большинство сорбентов являются горючими материалами и под действием источника нагревания плавятся и разлагаются [1]. Для установления показателей взрывопожаробезопасных свойств сорбента необходимо проведение термического анализа. На основании результатов анализа можно разработать специфические условия использования сорбента в действующих технологических процессах [2].

Термостойкость материала по информации, предоставленной разработчиками сорбента, составляет около 200 °С [3]. В данной работе была выполнена проверка данных по термической стойкости сорбента CLEVASOL и установлен оптимальный температурный режим для его использования на производстве.

Исходя из полученных результатов анализа, можно сделать вывод о том, что операции с сорбентом CLEVASOL являются взрывопожаробезопасными при его нагреве в области рабочих температур (от 10 °С до 70 °С) и до 300 °С. Тем самым подтверждена достоверность информации о термической стойкости сорбента до 200 °С.

ЛИТЕРАТУРА

1. Назин Е.Р. Пожаровзрывобезопасность технологических процессов радиохимического производства / Е.Р. Назин, Г.М. Зачиняев. – М.: НТЦ ЯРБ, 2009. – 195 с.
2. Бойко Н.В. Применение термоанализа для исследования конденсированных сред: Учеб. Пособие / Н.В. Бойко, И.А. Евстюхина, С.Г. Рудаков. – М.: МИФИ, 2008. – 104 с.
3. Анализ пожаровзрывобезопасности технологических процессов радиохимического производства; отчет «ПО «Маяк» / Назин Е.Р. – С.-П., 2002. – 92 с. – Инв. ЦЛ/6763.

ОБНАРУЖЕНИЕ ЯМ И РВ МЕТОДАМИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО АНАЛИЗА В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ГРАНИЦАХ

Степанова А.С., Никишкин Т.Г.

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск,

пр. Ленина, 30

e-mail:stepanova_n93@mail.ru

Обнаружение ядерных материалов и радиоактивных веществ на границах является важнейшим компонентом общей стратегии, ставящей целью не допустить, чтобы такие материалы попали в руки террористических групп и преступных организаций [1]. В данном случае термин границы применяется не только к международным наземным границам, но и к морским портам, аэропортам и аналогичным местам, где товары или люди могут пересекать границы государства или покидать его.

Основное внимание в работе уделяется обнаружению излучения и необходимым для этих целей контрольно-измерительным приборам. Так как не все приборы обеспечивают обнаружение излучения всех видов и энергий, то было определено, какие радиоактивные материалы необходимо обнаруживать на границах.

Основным средством обнаружения ЯМ служат радиационные порталы, регистрирующие их собственное нейтронное или гамма-излучение. После того, как установлено наличие ЯМ и РВ, необходимо определить конкретный вид радионуклида. Для этого производится первоначальная идентификация на пограничных пунктах пропуска. Для этого требуются специальные переносные приборы для измерения энергии гамма-излучения с целью идентификации радионуклида.

В работе рассмотрены вопросы обеспечения физической ядерной безопасности путем обнаружения ЯМ и РВ на границах. Также, на основе регистрации гамма и нейтронного излучения был выявлен минимальный порог обнаружения ЯМ и РВ. Проведен анализ возможности обнаружения ЯМ и РВ при различной толщине экранирования различными материалами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Обнаружение радиоактивных материалов на границах МАГАТЭ, Вена, 2003 IAEA-TECDOC-1312/r ISBN 92-0-407603-8 ISSN 1011-4289 © МАГАТЭ, 2003. Издано МАГАТЭ в Австрии Август 2003.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВЫГОРАЮЩИХ ПОГЛОТИТЕЛЕЙ В РЕАКТОРЕ ВВЭР-1200

Степанова Ю.В., Терехова А.М.

ФГАОУВО «Национальный

исследовательский ядерный университет «МИФИ»,

115409, г. Москва, Каширское ш., 31

e-mail: step_17_ju@mail.ru

На данный момент известно довольно много материалов, подходящих на роль выгорающего поглотителя. Широкое распространение среди материалов, поглощающие нейтроны получили: гадолиний, эрбий, кадмий, бор и, в меньшей степени, самарий и европий [1]. При выборе поглотителей должны учитываться одновременно множество параметров, характеризующих работу реактора и свойства самого поглотителя.

Целью работы является исследование характеристик выгорающих поглотителей в реакторе ВВЭР-1200.

Нейтронно-физические расчеты проводились на программных комплексах «SERPENT» и «NJOY». В ходе работы были исследованы зависимости микроскопических сечений поглощения нейтронов в различных поглощающих материалах от энергии в тепловой области. Это позволило определить материалы с лучшими поглощающими способностями. Наибольшее сечение поглощения в тепловой области имеют Eu-151, Eu-152, Eu-155, Kd-113, Sm-149, Sm-151, Er-167.

Сечение поглощения тепловых нейтронов природным кадмием составляет 2520 барн. Содержание кадмия в земной коре чрезвычайно мало, к тому же он имеет низкую температуру плавления (321 °С), что и повлияло на его замену другими поглощающими материалами [2,3].

Запас реактивности на выгорание при использовании оксида кадмия в качестве выгорающего поглотителя меньше, чем при использовании других материалов. Это означает, что кадмий позволяет снизить избыточную реактивность свежего топлива. Но для достижения наиболее подходящих свойств материала, нужно использовать комбинированные выгорающие поглотители.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аль Давахра Сааду. Использование выгорающих поглотителей в реакторах типа ВВЭР. - Москва: МИФИ, 2006.-С.12.
2. В.Д. Рисованный, А.В. Захаров, Е.П. Ключков. Поглощающие материалы и органы регулирования ядерных реакторов. - Москва: Изд-во МЭИ, 2012. - С.10.
3. В.Г. Баранов, А.В. Тенишев, С.А. Покровский, Д.П. Шорников, Р.С. Кузьмин. Теплофизические свойства модифицированного оксидного ядерного топлива. Москва: МИФИ, 2011.-С.39.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ РАДИАЦИОННО-ЗАГРЯЗНЕННЫХ ИЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Сычев А.В., Орешкин Е.А.

*ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: antonn950605@yandex.ru*

За время работы предприятий ЯТЦ накоплены радиационно-загрязненные отходы низкой и средней активности в виде иловых отложений (ИЛО), имеющих следующий характерный состав (%): железо (3-17), кремний (2,8÷8,5), кальций (0,2-3,2), магний (1,0-2,8), натрий (0,7-1,9), фосфор (0,1-0,9), вода (60-90). Известны сорбционные, электрохимические, химические способы переработки и механическая классификация ИЛО. Для стабилизации грунтов и илов, перевода их в устойчивые формы, препятствующие миграции радионуклидов из отходов, используются различные способы высокотемпературной переработки ИЛО с получением керамических и стеклоподобных матриц. Их общим недостатком является многостадийность и высокая стоимость переработки.

Для обработки ИЛО перспективным является применение низкотемпературной плазмы. Однако плазменная обработка только ИЛО потребует значительных энергозатрат (до 4 МВт·ч/т). Существенное снижение энергозатрат на обработку ИЛО может быть достигнуто при совместной плазменной обработке горючих и негорючих отходов в виде диспергированных водно-солеорганических композиций (ВСОК). На основе результатов расчетов показателей горючести модельных композиций («ИЛО–ацетон», «ИЛО–этанол» и др.) определены составы ВСОК, имеющие низшую теплотворную способность ($\geq 8,4$ МДж/кг) и адиабатическую температуру горения (≥ 1200 °С) и обеспечивающие не только существенное снижение затрат энергозатрат на плазменную обработку ИЛО (до 0,1 МВт·ч/т), но и получение тепловой энергии для технологических и бытовых нужд (до 2,0 МВт·ч/т).

В результате термодинамических расчетов процесса плазменной обработки ВСОК определены режимы для практической реализации процесса в воздушной плазме. Полученные режимы подтверждены в ходе экспериментальных исследований процесса обработки модельных ИЛО в виде горючих ВСОК в воздушной плазме ВЧФ-разряда на лабораторном плазменном стенде «Плазменный модуль на базе высокочастотного генератора ВЧГ8-60/13-01 ($f_{\text{раб}} = 13,56$ МГц, $P_{\text{кол}} = 60$ кВт).

СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МАРК ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ УРАНА ИЗ ФТОРСОДЕРЖАЩИХ РАСТВОРОВ

Терещенко Е.В.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036, г.

Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65

e-mail: ElenaTeVa@yandex.ru

Технологическая схема переработки отходов сублиматного производства включает обработку уранфторсодержащих растворов аммиаком с последующей доочисткой фильтрата от урана сорбцией на силикагеле. Данная технология имеет ряд недостатков:

- высокий удельный расход аммиака, требуемый для степени осаждения урана;
- не обеспечивается требуемая степень очистки от урана при переработке растворов с содержанием фтор-иона более 7 г/л;
- разрушение силикагеля в щелочных растворах и невозможность его регенерации и повторного использования.

Целью данной работы является определение принципиальной возможности извлечения урана из маточных фторсодержащих растворов с использованием ионообменных смол. Для этого были проведены оценочные эксперименты по испытанию ионитов различных типов и структур, используемых в гидрометаллургических схемах извлечения урана применительно к модельным фторсодержащим растворам, имеющим высокий солевой состав с концентрацией в г/л: $U \sim 1$, SO_4^{2-} - до 40; Na^+ - 20; NH_4^+ - 10-30; F^- - от 0 до 20. Опробованы сильноосновные смолы Purolit A-500, АМП и низкоосновные ВП-1п, Purolit S957, Purolit S950, МАС-3, слабокислотный катионит Cybber CRX 300 и амфолит АФИ-21.

Установлено, что характер влияния фтор-иона на емкость по урану для сильноосновных и низкоосновных анионитов одинаков, при увеличении концентрации фтор-иона емкость резко снижается, т.е. использование анионитов применительно к данным средам нецелесообразно. Из всех испытаний катионитов, Purolit S950 имеет емкость по урану (12%), соответствующую возможности его использования во фторсодержащих растворах ($C_F = 5$ г/л). В этих условиях емкость других катионитов меньше в 3 раза.

Таким образом, из всех испытанных ионообменников для дальнейших исследований извлечения урана из фторсодержащих систем с целью определения условий сорбционно-десорбционных процессов рекомендован аминофосфоновый катионит Purolit S950, который по технологическим характеристикам превосходит аналоги.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ H_2SO_4 НА ПОКАЗАТЕЛИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ УРАНА ИЗ ФТОРСОДЕРЖАЩИХ РАСТВОРОВ ДЛЯ КАТИОНИТА PUROLIT S950

Терещенко Е.В.

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

Технологическая схема переработки отходов сублиматного производства включает обработку уранфторсодержащих растворов аммиаком с получением нерастворимых солей урана. Урансодержащие соли, затем отфильтровывают, а маточный раствор дочищают от следовых количеств урана сорбцией на силикагеле. Модернизация узла сорбции предполагает замену используемого сорбента (силикагеля) ионообменной смолой с более высокими сорбционными характеристиками, такими как: увеличенная емкость, возможность извлечения урана из растворов, содержащих более 10 г/л фтора иона и в широком интервале pH.

Для изучения процесса сорбционного извлечения урана из фторсодержащих систем был выбран хелатообразующий ионит с аминифософоновыми функциональными группами Purolit S950. Целью работы являлось изучение влияния концентрации серной кислоты во фторсодержащих растворах на емкость ионита по урану. Диапазон концентрации H_2SO_4 от 0 до 70 г/л при содержании фтор иона 5-20 г/л в статических условиях при продолжительности контакта фаз 24 часа и соотношении ионит:раствор = 1:200 (г:мл).

Сорбция урана в отсутствие фтор-иона без введения H_2SO_4 не идет, при наличии серной кислоты в системе присутствие фтор-иона повышает емкость ионита по урану. При сорбции урана из модельного раствора (в г/л: U ~ 1, SO_4^{2-} - до 40; Na^+ - 10; NH_4^+ - 15-25; F^- - от 0 до 20) в отсутствие H_2SO_4 (pH ~ 6) получены высокие значения емкости во всем исследуемом диапазоне концентраций фтор-иона. Максимальные емкости ионита по урану достигаются при следующих значениях: F^- - 5 г/л и концентрации H_2SO_4 - 10 г/л; F^- - 10 г/л и концентрации H_2SO_4 - 20-40 г/л и т.д. Емкости по урану с увеличением концентрации F^- падают от 27 до 17% при 48-часовом контакте фаз.

Таким образом, определены оптимальные условия сорбции урана на катионите Purolit S950, при которых достигнуты емкости по урану 14-18%, определена возможность получения сбросных концентраций урана <0,003 г/л. Результаты практически соответствуют нормативным требованиям для технологических режимов сорбционного извлечения урана из растворов и пульп.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ ДЕСОРБЦИИ УРАНА С КАТИОНИТА PUROLIT S950

Терещенко Е.В.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036, г.

Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65

e-mail: ElenaTeVa@yandex.ru

Для совершенствования схемы переработки отходов сублиматного производства актуальна разработка сорбционной технологии извлечения урана из фторсодержащих растворов (более 7 г/л фтора) с заменой силикагеля, имеющего ряд недостатков, на современные ионообменные поглотители.

Рассмотрен процесс десорбции урана с насыщенного аминофосфонового катионита Purolit S950 различными растворами с целью выбора наиболее подходящего элюента.

При десорбции требуется не только выделить уран из фазы смолы в раствор, но и сконцентрировать его в минимальном объеме. Десорбция считается количественной, если концентрация урана в последней порции элюента не превышает 0,1 г/л, то есть остаточная концентрация урана в смоле не более сотых долей грамма на литр.

Опробованы растворы 15% H_2SO_4 ; 7,5 и 15% Na_2CO_3 ; 10,15 и 20% $(NH_4)CO_3$. Установлено, что растворы 15% H_2SO_4 и 7,5% Na_2CO_3 практически не элюируют уран. Раствор 15% Na_2CO_3 десорбирует уран не менее 95% от общего содержания на поглотителе.

Десорбция урана с насыщенного катионита проводилась в динамическом режиме со скоростью пропускания 1 об/об ионита в час сверху вниз через слой сорбента элюирующими растворами. Выходящий их колонки раствор отбирался фракциями и анализировался на содержание урана. Суммарная продолжительность десорбции составляла 16 часов.

Высокая эффективность процесса десорбции урана достигнута 15%-ным раствором карбоната натрия. При продолжительности десорбции 10-12 часов выделен 1 объем товарного десорбата. Степень десорбции соответствует 99,92%.

Десорбция урана 20%-ным раствором карбоната аммония менее эффективна – степень десорбции 97,25% при продолжительности десорбции урана более 16 часов.

Дальнейшая разработка технологии выделения урана из фторсодержащих растворов требует проведения укрупнено-лабораторных испытаний в динамическом режиме для уточнения параметров сорбционного процесса применительно к модельным растворам и последующих натуральных испытаний на производстве.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ОТРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ УРАНА МЕТОДОМ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

*Теровская Т.С., Кеслер А.Г., Носков М.Д.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
г.Северск Томской обл., пр.Коммунистический, 65,
e-mail:MD_Noskov@mail.ru*

Скважинное подземное выщелачивание (СПВ) урана в настоящее время наиболее распространенный метод разработки урановых месторождений. СПВ оказывает меньшее влияние на окружающую среду по сравнению с традиционными способами добычи урана. Отрицательное воздействие данного способа сводится к загрязнению подземных вод продуктивного водоносного горизонта выщелачивающими растворами и продуктами их взаимодействия с породой. В связи с этим, для обеспечения экологической безопасности метода СПВ необходимо осуществлять мониторинг экологического состояния недр и прогнозировать миграцию загрязняющих веществ.

В настоящей работе представлены результаты математического моделирования геоэкологических последствий добычи урана способом СПВ. Рассматривалось поведение различных индикаторов загрязнения, таких как уран, серная кислота, сульфат ион, железо, алюминий, и др. При моделировании учитывались следующие физико-химические процессы: конвективный массоперенос, гидродинамическая дисперсия, растворение–осаждение минералов, окислительно-восстановительные процессы, комплексообразование, сорбция. Проведено сопоставление результатов расчетов технологических блоков с мониторинга состояния недр Хохловского месторождения урана. Хорошее совпадение результатов моделирования с фактическими данными подтверждает адекватность предложенной модели и достоверность полученных результатов. Прогнозные расчеты состояния продуктивного горизонта проводились на тридцатилетний период после завершения работы технологических блоков.

Результаты моделирования показывают, что после завершения добычи происходит автоочистка продуктивного горизонта в результате нейтрализации серной кислоты вмещающими породами, и связанной с ней деминерализацией растворов. Процесс автоочистки происходит внутри области незначительно выходящей за границы технологических блоков.

URANIUM MINING IN AUSTRALIA: PROSPECTS AND OBSTACLES

Торопчин Г.В.

*Новосибирский государственный технический университет,
630073, г. Новосибирск, пр. Маркса, 20
e-mail: glebtoropchin@mail.ru*

Australia is widely known as the country with the richest uranium deposits (according to WNA estimates, up to 31% [1]), remaining the third largest uranium producer in the world. Australian uranium mining industry keeps employed more than a thousand people.

At the same time, political reasons and environmentalist organisations' protests still hinder further development of uranium mining industry in Australia. Australian Greens and aboriginal organisations have not altered their position regarding the prospects of uranium mining in the country, playing anti-nuclear card in the political life on both federal and state levels.

Changes on the global uranium market also influence the internal situation in Australia as the crisis has an impact on the willingness of the uranium mines operators to expand the extraction. As such, regardless of Australian economy being heavily dependent on mining and minerals extraction in general, in 2011/12 financial year Australian uranium exports accounted for just 0.19% of national budget revenue, in accordance with the report made by Australian Conservation Foundation [2]. State of affairs has not improved since then; quite the contrary, Australian uranium mining sector has been shrinking. Closure of Honeymoon uranium mining site in 2013, less than two years after the mine was commissioned, can serve as a proof to this statement.

As a result, only three uranium mines are still operating in Australia, whereas production performance substantially decreased, as compared with the 2000s. Thus, the ultimate goal of the future research endeavours would be in-depth analysis of Australian uranium mining industry and factors contributing into its formation.

ЛИТЕРАТУРА

1. Australia's Uranium Mines [Электронный ресурс] / World Nuclear Association. – Режим доступа: <http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/appendices/australia-s-uranium-mines.aspx> (дата обращения: 13/09/2016)
2. Yellowcake Fever. Exposing the Uranium Industry's Economic Myths [Электронный ресурс] / Friends of the Earth Australia. – Режим доступа: <http://www.foe.org.au/sites/default/files/Yellowcake-Fever-2013-ACF.pdf> (дата обращения: 13/09/2016) – С. 5.

КОНТРОЛЬ ГЕОМЕТРИИ РАДИОХИМИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫМ МЕТОДОМ

*Хусаинов М.Р., Урцев О.А., Третьяков М.В.
ФГУП «ПО «Маяк», 456780, г. Озерск Чел. обл., ул. Ленина, 65,
e-mail: cpl@po-mayak.ru*

Обеспечение ядерной безопасности процессов радиохимической переработки делящихся материалов достигается за счет применения различных технических и организационных мер, среди которых основной является использование системы ограничений, налагаемых на геометрические форму и размеры оборудования, массу и концентрацию делящихся материалов, а также методов и средств контроля за их изменением.

Существуют прямые и косвенные методы измерений геометрических параметров оборудования. Большая часть радиохимического оборудования недоступна для проведения прямых измерений.

Используемые в настоящий момент для контроля косвенные методы, обладая целым рядом преимуществ, имеют несколько существенных недостатков, заключающихся в отсутствии возможности выявлять изменения в геометрии оборудования на начальной стадии процесса формоизменения и определять местоположение локальных зон с измененной геометрией. Для повышения точности контроля геометрических параметров оборудования на ФГУП «ПО «Маяк» для радиохимического производства был разработан новый способ прямых измерений геометрии на основе ультразвукового метода.

Разработанный ООО «АКС» ультразвуковой толщиномер позволяет по заданному алгоритму по результатам измерений времени двойного прохода ультразвуковых колебаний через слой жидкости в реакционной зоне оборудования рассчитывать ширину реакционной зоны оборудования. При измерениях ультразвуковой датчик прикладывается к внешней стенке контролируемого аппарата. Перед проведением измерений осуществляется калибровка толщиномера с помощью стандартного образца реакционной зоны, у которого толщина стенки металла и толщина слоя жидкости, заполняющего его, соответствуют толщине внешней стенки и ширине реакционной зоны контролируемого аппарата.

В работе описаны результаты апробации разработанного способа при контроле геометрических параметров одного из типовых кольцевых радиохимических аппаратов ФГУП «ПО «Маяк».

ЯДЕРНЫЕ ПРОГРАММЫ ИНДИИ И ПАКИСТАНА: УГРОЗА ДНЯ

Чебыкин Д.А., Демянюк Д.Г.

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

Договор о нераспространении ядерных материалов служит гарантом ядерной безопасности мира, начиная с 1968 года. За прошедшее время Договор постоянно испытывался и продолжает испытываться на прочность, так и не начав работать в полной мере для всего мира. С самого начала договор отказались подписать ряд стран, включая Израиль, ЮАР, Индию и Пакистан. Израиль не подтвердил, но и не опроверг наличие у себя ядерного оружия, ЮАР уничтожила запасы ядерных зарядов, что подтвердило МАГАТЭ. Кроме того, из Договора вышла КНДР, а Иран, будучи участником договора, был заподозрен в незаконной разработке ядерного оружия.

В работе рассматриваются военные ядерные программы Индии и Пакистана как угроза для функционирования ДНЯО. Ядерные программы данных двух стран имеют наиболее деструктивный характер для ДНЯО, помимо прочего, в силу напряженных отношений между этими соседними государствами, и как следствие, непредсказуемости поведения стран во время очередного кризиса в двусторонних отношениях.

Кроме того, существует ряд моментов, вызывающих особую озабоченность, касательно ядерной программы Пакистана. В частности, сложность оценки защищенности ядерных объектов Пакистана, что, де-факто, делает данные объекты наиболее привлекательными для радикальных группировок, стремящихся к получению ядерного вооружения. Другим фактором является непредсказуемость политики руководства Пакистана в отношении Индии, а именно размещение тактических ядерных средств в непосредственной близости границы с Индией, которое будет завершено в ближайшее время.

В то же время, основная опасность индийской ядерной программы заключается в практически полном отсутствии последствий на мировой политической и экономической арене, несмотря на неподписание ДНЯО и проведение испытаний ядерного оружия, что является очень заманчивым прецедентом для других стран, стремящихся к разработке этого вида вооружения.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СРЕДЫ ПО МОДЕЛИРОВАНИЮ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ

*Шевелева А.А., Годовых А.В., Степанов Б.П.
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск,
пр. Ленина, 30, e-mail: aas-tri@yandex.ru*

Безопасное функционирование объектов атомной энергетики невозможно без создания эффективной системы физической защиты (СФЗ). Эффективность СФЗ определяется возможностью противодействия угрозам несанкционированных действий и складывается из грамотно спроектированного расположения инженерно-технических средств (ИТСФЗ), степени продуманности организационных мероприятий, а также правильности действий оператора.

Существующие программные продукты по оценке эффективности СФЗ (EASI, ASSESS, Вега-2 и др.) позволяют просчитать вероятность противодействия нарушителям при заданных математических характеристиках действиях и маршрутах [1]. Данные комплексы не позволяют провести комплексную оценку системы безопасности и оценить в полной мере эффективность работы оператора [2]. Поэтому существует необходимость в разработке аналитического комплекса по моделированию систем безопасности с расширенным функционалом.

Данная разработка позволяет:

- провести графическое моделирование ядерного объекта, оснащенного комплексом ИТСФЗ;
- осуществить симуляцию столкновения «нарушитель – система безопасности», где управление обеими сторонами осуществляется пользователями;
- моделировать рабочее пространство оператора СФЗ для тренинга и оценки его действий.

Разрабатываемая программная среда может быть использована на предприятиях ядерного топливного цикла для тренинга персонала, а также образовательными учреждениями для обучения студентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lovecek T, Ristvej J, Simal L 2010 Critical Infrastructure Protection Systems Effectiveness Evaluation *J. of Homeland Security and Emergency Management* 7 р
2. Garcia M L 2005 *Vulnerability Assessment of Physical Protection Systems* 1st ed (Butterworth-Heinemann) p 400

Секция
**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ
РАЗВИТИЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ.
ЯДЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В
ИННОВАЦИОННОЙ ЭКОНОМИКЕ И
ЯДЕРНОЙ МЕДИЦИНЕ**

ASSESSMENT OF CAPABILITY FOR PLASMACHEMICAL SINTHESYS OF OXIDE AND CARBON-OXIDE COMPOSITIONS FOR DISPERSION NUCLEAR FUEL

*Alyukov E.S., Novoselov I.Yu., Karengin A.G.
Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin Ave, 30
e-mail: john.judo@mail.ru*

Modern atomic energetics using oxide nuclear fuel (NF) in form of uranium dioxide (enriched in uranium-235) in thermal neutron reactors has many advantages as well as disadvantages. Major disadvantages are low thermal conductivity; frailty of ceramic fuel and possibility to fracture at high temperatures; short usage cycle; impossibility to create low capacity power generation systems; high costs on spent NF utilization; uranium-235 finite life. These all slow down atomic energetic development.

One of the upcoming trends in atomic energetics development is creating reactor systems which use dispersion NF. In that fuel granular oxide nuclear compositions are placed in matrix. Dispersion NF characterized by lack of direct contact between granules due to their regular distribution in matrix and has the following advantages: high thermal conductivity and mechanical properties; low formation of gaseous fission products; high fuel burnout and nuclear hardness; high durability; localization of fission products in granules; low heat reserve in fuel etc. However, dispersion NF has some substantial disadvantages that are parasitic neutron capture by matrix material; necessity to apply high enriched materials, which raises risk of fuel critical mass excess. Besides, technological scheme that is used to obtain granulated oxide compositions for dispersion NF from mixed nitric solutions (MNS) based on sol-gel process that has many longtime and laborious stages [1].

Application of low temperature plasma is promising to MNS treatment. Major advantages of plasma technology are next: one-stage process; high processing speed; homogenous stoichiometrically-defined phase distribution; possibility to have an impact on particle size and particle morphology; compactness of technological equipment etc.

Article represents results in simulation of plasma treatment of MNS in form of water-salt-organic compositions (WSOC). Authors defined formulations of WSOC and operational modes providing direct plasmachemical synthesis of oxide and carbon-oxide compositions.

REFERENCES

1. Toumanov I.N., Sigailo A. V. Plasma Synthesis of Disperse Oxide Materials from Disintegrated Solutions // Materials Science and Engineering. 1991.– Vol. A140.– P. 539-548.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ГИДРОКСИАПАТИТА В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Болдаков В.А., Зеличенко Е.А.

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

Как и любая другая отрасль промышленности, атомная промышленность развивается за счёт усилий трудящихся, занятых в данной сфере производства. В связи с этим необходимо чёткое осознание того, какую роль играет здравоохранение в процессе роста отечественной экономики. Ведь от уровня здоровья и довольства работников той или иной сферы промышленности напрямую зависят интенсивность и качество их труда и, следовательно, развития данной отрасли.

Актуальным направлением современной медицины является разработка препаратов на основе биологических полимеров и гидроксиапатита. Так гидроксиапатит выступает в качестве матрицы ряда биоконпозиционных костнозамещающих материалов в стоматологии, травматологии и имплантологии, поскольку он является основным неорганическим материалом костных тканей. В свою очередь, продукты растворения коллагена, например, находят широкое применение в регенеративной медицине: из них изготавливают хирургические нити, препараты для лечения кожных покровов, восстановления тканей внутренних органов человека, кровеносных сосудов и прочего [1].

Кроме того, гидроксиапатит и коллаген могут быть использованы совместно для изготовления материалов с точностью повторяющих структуру костей человеческого скелета, ведь именно эти вещества являются их основными составными компонентами.

В данной работе представлены предварительные исследования продуктов совместного получения биополимера и гидроксиапатита из костей крупного рогатого скота в лабораторных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Киселев В.И., Применение коллагена в медицине [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://mi32.narod.ru/02-02/kollagen.html>

АДДИТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕДЕЛА МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ВОЛЬФРАМА

*Болтовская Н.А., Брендаков В.Н., Кропочев Е.В.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: nboltovskaya15@gmail.com, Vnbrendakov@mephi.ru
messive@yandex.ru*

Что такое аддитивные технологии? Аддитивные технологии – процесс объединения материала с целью создания цельных объектов из данных – 3D модели. Аддитивное производство – перспективная технология изготовления изделий единичного и мелкосерийного производства во многих отраслях промышленности. Использование данной технологии позволяет изготавливать детали с внутренними криволинейными отверстиями, недоступными изготовленияами другими методами обработки. Создание изделий из металла – это всегда была мечта всех разработчиков аддитивных машин, в том числе и 3-D принтеров. В основном на сегодня металлические изделия изготавливают из Ti, W, Ni и поэтому одно из перспективных направлений создания из металла можно считать процесс CVD. В рамках развития этой технологии предлагаем впервые организовать печать 3-D принтером изделия из вольфрама, которые в дальнейшем использовать в атомной промышленности. Вольфрам — самый тугоплавкий металл, он обладает высокой степенью твердости. Химически нейтрален. Механическая обработка изделий в этом случае проблематична. На начальном этапе мы соединяем порошок вольфрама с газом фтора, получая газ гексафторида вольфрама. Этим самым мы снижаем рабочую температуру с 3000 градусов до 350, при дальнейшем изготовлении изделия из вольфрама 3 -D принтером.

Восстановление WF_6 водородом позволяет наносить различные покрытия и изготавливать изделия из вольфрама разнообразной формы.

Дорожная карта будущих исследований:

1. Физико-математическое описание предлагаемой технологии.
2. Экспериментальные исследования технологии на прототипах и реальных установках.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ УВЕЛИЧЕНИЯ ОБЪЕМОВ ПРОИЗВОДСТВА ^{99}Mo НА РЕАКТОРЕ ИРТ-Т

Бондаренко Е.А., Наймушин А.Г., Аникин М.Н., Лебедев И.И.
 Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр. Ленина, 30,
 E-mail: evgeney345@yandex.ru

Изотоп ^{99}Mo получают путем бомбардировки мишени с ^{98}Mo реакторными нейтронами. В реакторе ИРТ-Т ^{98}Mo облучается только в каналах, расположенных в «бериллиевой ловушке» (ЦК1, ЦК2). В настоящей работе рассмотрена возможность облучения молибдена в периферийном канале (ПК).

Моделирование активной зоны реактора ИРТ-Т и расчет наработки изотопа ^{99}Mo проводились в программе MSU [1]. Для эффективного получения ^{99}Mo , особое значение имеют резонансы в энергетическом интервале 367–907 эВ, поскольку именно в этой области сечение реакции $^{98}\text{Mo} + n = ^{99}\text{Mo}$ имеет наиболее высокие значения. Резонансные пики ^{98}Mo изображены на рисунке 1 [2]. На рисунке 2, представлены наработанные концентрации ^{99}Mo в зависимости от места облучения в реакторе.

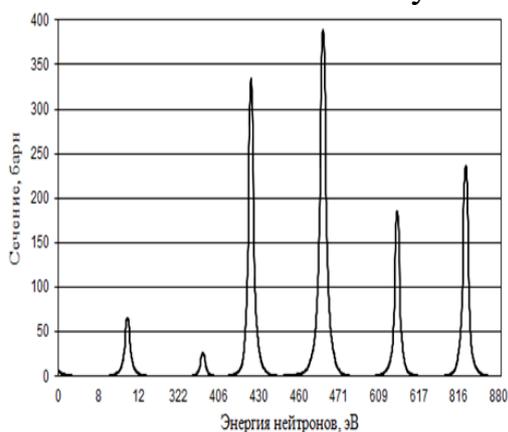


Рисунок 1 – Резонансные пики ^{98}Mo

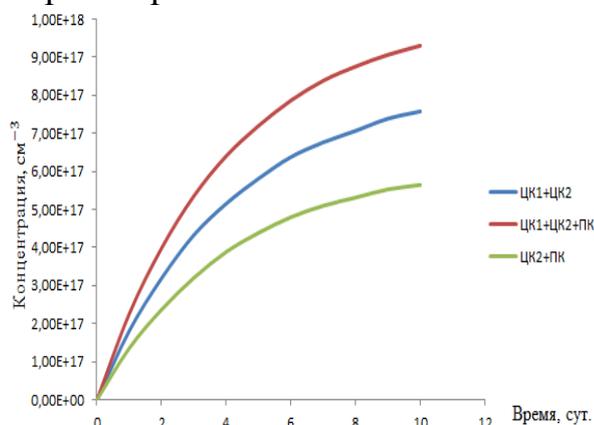


Рисунок 2 – Нарabотка ^{99}Mo

Результаты проведенных исследований подтверждают гипотезу, что облучать ^{98}Mo в центре активной зоны эффективней. Однако дополнительное облучение ^{98}Mo в периферийном канале позволит увеличить объемы производства ^{99}Mo в реакторе ИРТ-Т на 25 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шкаровский Д.А. Описание применения и инструкция для пользователей программ, собранных из модулей пакета MSU-5. – Москва: МИФИ. 2012 г. – 11 с.
2. Скуридин В.С. Методы и технологии получения радиофармпрепаратов. – Томск: ТПУ, 2012. – 139 с.

НОВЫЕ ОБРАЗЦЫ РЕНТГЕНОВСКОЙ ОПТИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОСОБО ЧИСТОГО БЕРИЛЛИЯ

Брякунова В.В.

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

Синхротронное излучение в последнее время стало важнейшим инструментом исследования свойств вещества. Создание и совершенствование синхротронных источников новых поколений, а также лазеров на свободных электронах обуславливает практически непрерывный рост требований, предъявляемых к оптическим системам фокусировки рентгеновского излучения.

Синхротронные центры третьего, а в перспективе и четвертого поколения открывают уникальные возможности изучения микро- и наноструктуры объектов самой разной природы. Уникальность обеспечивается свойствами синхротронного излучения проникать вглубь объектов и благодаря малой длине волны формировать изображение с высокой разрешающей способностью. Синхротронное излучение позволяет составить объемные модели микроскопических объектов, непосредственно наблюдать процессы, происходящие внутри клетки живого организма, определять структуры кристаллов, микросхем, искусственных и природных нанобъектов, проводить фундаментальные исследования в области биологии, медицины, физики, технологии микросхем, наноструктур и наноматериалов.

Максимально детальные исследования нанобъектов можно провести, если синхротронное излучение сфокусировано. Для этого есть разные устройства, например, зеркальные оптические системы. Однако ограничения, присущие всем зеркальным системам, вынуждают искать альтернативные пути построения фокусирующих оптических систем. Одним из наиболее перспективных путей является рефракционная, или преломляющая рентгеновская оптика. В ней используется тот же принцип фокусировки, что и в привычных всем линзах видимого света, только синхротронные линзы существенно отличаются формой, а вместо стекла оптической средой в них могут служить металлы. Наилучшим материалом для рентгеновских линз считается особо чистый бериллий.

Таким образом, необходимо вести научно-исследовательскую работу по изучению и созданию линз рефракционного типа из бериллия для фокусировки рентгеновского излучения, востребованных синхротронными центрами.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КОЛЛИМИРОВАННОГО НЕЙТРОННОГО ПУЧКА С БИОЛОГИЧЕСКИМИ ТКАНЯМИ

Бусыгин А.С., Аникин М.Н., Наймушин А.Г.

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: asbu26@gmail.com*

В последние десятилетия число онкологических заболеваний во всем мире ежегодно увеличивается. Смертность от злокачественных новообразований занимает одно из первых мест среди причин преждевременного ухода из жизни людей как в экономически развитых, так и в отсталых странах.

В России на учете в онкологических учреждениях состоит более 2,5 млн. больных. В течение последних 10 лет число пациентов диагнозом «рак» увеличилось на 25,5 %. Ежегодно данная патология фиксируется у ~ 450 тыс. человек при смертности 300 тыс. Только от опухоли мозга каждый год умирают до 30 тыс. больных [1].

На базе Томского исследовательского ядерного реактора ИРТ-Т разрабатывается экспериментальная установка нейтрон-захватной терапии онкологических заболеваний человека. Нейтрон-захватная терапия является одним из перспективных направлений лечения внутричерепных и иных опухолей

В настоящей работе с помощью программы MCU-PTR разработан дозиметрический фантом головы человека для исследования распределения пучка нейтронного излучения в биологических тканях. Проведён анализ формы, нуклидного состава и концентраций нуклидов дозиметрического фантома с целью максимального приближения его параметров к параметрам мозга, черепа и других органов. На разработанном фантоме проведены исследования влияния пучка нейтронного излучения на изменение состава и концентраций нуклидов, исследования глубины и интенсивности взаимодействия нейтронов с имитацией биологических тканей [2,3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Довбня А.Н., Купленников Э.Л., Кандыбей С.С., Красильников В.В. Нейтроны против рака // ЭЧАЯ. 2014. Т.45, вып. 5-6. С. 1750–1783.
2. Цыб А.Ф., Ульяненко С.Е., Мардынский Ю.С. Нейтроны в лечении злокачественных новообразований. Обнинск: БИСТ, 2003. 112 с.
3. Черняев А.П. Ядерно-физические технологии в медицине // ЭЧАЯ. 2012. Т.43, вып. 2. С. 500–518.

ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ В ЯДЕРНОЙ МЕДИЦИНЕ

Воробьёв А.И.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,

г.Северск Томской обл., пр.Коммунистический, 65,

e-mail: nsc_2012@mail.ru

Достижения в области физики атомного ядра оказывают большое влияние на развитие почти всех отраслей человеческого знания. Овладение атомной энергией дало ученым самые разнообразные средства и способы научного исследования. Областью применения этих знаний стала и медицина. Радиоактивные нуклиды нашли применение в ядерной медицине в большей части в виде радиофармацевтических препаратов (РФП) для ранней диагностики заболеваний различных органов человека и для целей терапии.

Радионуклидная диагностика - один из видов лучевой диагностики, основанный на внешней радиометрии излучения, исходящего из органов и тканей после введения РФП непосредственно в организм пациента. Это метод позволяет качественно и количественно оценить наличие функционирующей ткани в исследуемом органе.

Метод лечения радионуклидами называется брахиотерапией. Отличие его от обычной лучевой терапии заключается в том, что радиоактивный препарат вносится непосредственно в поражённое болезнью место. Это позволяет концентрировать радиацию только в больном органе, практически не задевая здоровые ткани. За счёт такой концентрации значительно снижается доза радиации, получаемой пациентом, поэтому риск облучения не превышает риска от обычной рентгеноскопии. Не следует забывать, что организм человека непрерывно подвергается радиоизлучению от естественных и искусственных источников: воздуха, воды, почвы, скал.

Примерно 30 млн. процедур ежегодно выполняется центрами ядерной медицины, существующими на данный момент в мире. Их количество непрерывно растёт.

Таким образом, ученые разных стран добились существенного прогресса в области применения радиоактивных элементов.

ПРЕДПРОЕКТНОЕ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТРАБОТКИ БЛОКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ УРАНА МЕТОДОМ СКВАЖИННОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

*Гончарова Н.А., Гуцул М.В., Носков М.Д.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: aleksandrovad270@mail.ru*

В настоящее время, способ подземного скважинного выщелачивания (СПВ) является одним из наиболее перспективных методов добычи урана, а также более привлекательным и эффективным, по сравнению с традиционными способами добычи урана при разработке бедных и глубокозалегающих месторождений.

Для максимально эффективной отработки блока необходимо определить оптимальную схему вскрытия залежи. Для решения данной задачи целесообразно использовать специализированное программное обеспечение «Курс», разработанное в Северском технологическом институте Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ». Данное программное обеспечение позволяет проводить геотехнологическое моделирование разработки блоков с учетом расположения скважин и режимов работы. В работе представлено применение программного обеспечения, для проектирования вскрытия блока П-15-С1 восточной залежи Далматовского месторождения. В качестве параметров моделирования использовались параметры референтного блока со сходными геотехнологическими условиями.

На основе горно-геологической информационной системы были построены геолого-математические модели залежи, включающие распределение эффективной мощности и метрапроцента. С помощью системы автоматизированного проектирования построены продольные и поперечные схемы вскрытия залежи в окрестности блока, расстояния между закачными и откачными скважинами выбраны усредненными по Далматовскому месторождению. С помощью геотехнологической моделирующей системы проведены расчеты и рассчитана себестоимость, проведен сравнительный анализ, определена оптимальная схема вскрытия, обеспечивающая наименьшую себестоимость урана и максимально высокий темп отработки.

НАДЕЖНОСТЬ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ОБЛУЧЕННЫХ НЕЙТРОНАМИ СВЕТОДИОДОВ ИК-ДИАПАЗОНА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

*Градобоев А.В., Симонова А.В., Орлова К.Н.
Национальный исследовательский Томский политехнический
университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: gradoboev1@mail.ru, ainakim297@yandex.ru,
kemsur@rambler.ru*

В настоящее время, светодиоды инфракрасного диапазона длин волн (СД ИК-диапазона) широко используются в качестве основы для различных устройств микроэлектроники, которые работают в условиях космического пространства и на ядерных энергетических объектах. Поэтому, уже на стадии их разработки необходимо знать, как надежность, так и радиационную стойкость.

Цель работы – исследование изменения мощности излучения, предварительно облученных нейтронами СД ИК-диапазона в процессе ступенчатых испытаний при повышенной температуре окружающей среды.

Объекты исследования – промышленные СД ИК-диапазона, изготовленные на основе гетероструктур AlGaAs.

Ранее в [1] было показано, что срок эксплуатации СД ограничен развитием катастрофических отказов, которые обусловлены механическим разрушением корпуса.

В результате исследований надежности СД установлено:

1. при эксплуатации СД и при воздействии ионизирующего излучения наблюдается идентичный многостадийный механизм снижения мощности излучения;
2. в процессе эксплуатации изменения ВАХ СД практически отсутствуют, только непосредственно перед развитием катастрофического отказа появляется дополнительное падение напряжения на омических контактах металл-полупроводник;
3. предварительное облучение быстрыми нейтронами позволяет повысить срок эксплуатации СД.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gradoboev A.V., Orlova K.N., Asanov I.A., Simonova A.V. “The fast neutron irradiation influence on the AlGaAs IR-LEDs reliability” Microelectronics Reliability. In Press. <http://dx.doi.org/10.1016/j.microrel.2016.07.143>

ТОМОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Григорьева А.А., Милойчикова И.А., Стучебров С.Г.
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: anngrigorievabr@gmail.com*

Проблема исследования широкого класса объектов на предмет дефектов выдвигается как одна из основных в различных областях науки, медицины и промышленности. На ранних этапах своего развития эта проблема решалась различными методами, например, интроскопия при диагностике изделий, спектроскопия при исследовании состава объектов.

С момента открытия рентгеновских лучей и создания первого томографического устройства появилась уникальная возможность в получении послойного изображения внутренней структуры объекта, сканирования деталей в объеме, что позволило открыть новые возможности анализа и экономии времени при проведении контроля качества материалов [1].

Основной целью исследования стало создание макетов рентгеновских установок с использованием импульсного источника излучения и газоразрядного детектора для исследования внутренней структуры композитных материалов [2].

На первоначальном этапе работы был произведен ряд действий, направленных на выявление оптимальной работы собранных установок, геометрических параметров эксперимента с целью получения наиболее качественных снимков. Режим работы был выбран эмпирическим путем.

Следующим этапом работы стал сбор данных. Было исследовано несколько композитных материалов.

Заключительным этапом исследовательской работы стало восстановление томографических срезов из полученных синограмм. При этом использовался метод, основанный на обратном преобразовании Радона [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов А.И., Казанский Ю.А., Матусевич Е.С. Основы экспериментальных методов ядерной физики. М.:Атомиздат. 1997. – С.110.
2. Голубев Б.П. Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений. М.: «Амиздат», 1976.
3. Грузман С.И. Математические задачи компьютерной томографии. Соросовский образовательный журнал No. 5, 2001.

ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕУГОЛЬНОЙ СХЕМЫ СКВАЖИН С ПЕРЕМЕННЫМ РЕЖИМОМ РАБОТЫ ДЛЯ ДОБЫЧИ УРАНА ИЗ МАЛОГО РУДНОГО ТЕЛА

Гусаров М.А., Носков М.Д.

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

В настоящее время скважинное подземное выщелачивание (СПВ) является одним из самых перспективных способов разработки месторождений. В России способ подземного выщелачивания применяется при разработке Далматовского, Хохловского (Зауральский урановорудный район) и Хиагдинского (Витимский урановорудный район) месторождений.

Урановые месторождения, разрабатываемые АО «Далур» и АО «Хиагда» относятся к палеорусловому инфильтрационному типу. Особенностью такого типа месторождений является присутствие рудных тел малого размера. Отработка таких рудных тел методом СПВ требует повышенных капитальных затрат и эксплуатационных расходов на единицу продукции. Снижение себестоимости добычи урана из малых рудных тел может быть достигнуто применением специальных систем отработки, учитывающих их особенности.

Исследования эффективности треугольной схемы скважин с переменным режимом работы были проведены на основе математического моделирования с помощью специализированного программного обеспечения «Курс», разработанного в СТИ НИЯУ МИФИ. В ходе исследований были проведены многовариантные компьютерные исследования по применению треугольной трехскважинной системы с переменным режимом работы для добычи урана из малого рудного тела. Были построены геотехнологические цифровые модели, включающие в себя геолого-математические модели рудного тела и цифровую модель эксплуатационного блока. Получены показатели отработки эксплуатационного блока для разных режимов работы и расположений скважин. Расчеты показали, что применение треугольной трехскважинной системы с изменяющимся потоком растворов для добычи урана из малого рудного тела является приемлемым с экономической и технологической точки зрения. Данный способ может быть рекомендован для использования в АО «Далур» и АО «Хиагда».

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИСТОЧНИКА БЕТА-ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ФОЛЬГИ НИКЕЛЯ-63 ДЛЯ РАДИАЦИОННО-СТИМУЛИРОВАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ

Давыдов А.А., Киселев Д.С., Мокрушин А.А., Попкова А.В., Федоров Е.Н.

Федеральное Государственное Унитарное Предприятие «Научно-Исследовательский Институт Научно-Производственное Объединение «ЛУЧ», 142103, г.Подольск Московской обл., ул.Железнодорожная, 24, e-mail:npo@sialuch.ru

На сегодняшний день перспективным решением проблемы создания миниатюрных автономных источников электроэнергии предложено использование энергии радиоактивного распада при ее прямом преобразовании в электричество (минуя тепловую энергию). Для достижения поставленной цели одной из основных задач является отработка и оптимизация основных технологических операций изготовления источника бета-излучения.

В рамках работы определен оптимальный температурный режим осаждения оксалата никеля – 40 °С., из раствора хлорида никеля в соляной кислоте. Для данной температуры фракционный состав порошка оксалата никеля, обеспечивает на следующей операции максимальную плотность засыпки восстановленного порошка никеля.

Процесс восстановления оксалата никеля до металлического порошка следует проводить в среде водорода при температуре восстановления 400 °С, длительность процесса 1 час. Данный процесс обеспечивает получение наноразмерных и субмикронных порошков с минимальным количеством дефектных гранул, низким содержанием газовых примесей, высоким выходом годного, заданных фракций

Температурно – временной режим плавки металлического порошка (1510°С в атмосфере аргона и длительностью высокотемпературной выдержки 0,5 часа) обеспечивает полноту прохождения процесса плавки порошка никеля. Изготовленный слиток характеризуется бездефектной структурой, что является важным для дальнейшей операции многостадийной прокатки.

Показано, что процесс многостадийной прокатки с промежуточными отжигами и с последующей прокаткой в «конверте» имеет высокую стабильность (повторяемость). Изготовленные никелевые фольги удовлетворяют требованиям по толщине, сплошности, шероховатости поверхности и разнотолщинности.

Все исследования выполнены при поддержке Минобрнауки РФ (Соглашение 14.625.21.0031 от 19.08.2015, RFMEFI62515X0031).

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ С МОДИФИЦИРОВАННЫМ ПЛА-ПЛАСТИКОМ

*Данилова И.Б., Красных А.А., Милойчикова И.А., Стучебров С.Г.
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail:irisna2809@gmail.com*

При проведении радиотерапевтических процедур всегда возникает задача планирования облучения пациента, так как необходимо контролировать дозовую нагрузку на область интересов, и минимизировать ее на критические органы [1]. Наличие технологии, позволяющей создавать фантомы из тканеэквивалентных материалов с различной плотностью, для измерения дозового распределения при взаимодействии электронных пучков, рентгеновского и гамма излучений, применяемых в радиотерапии, с различными частями тела пациента, позволит разрабатывать экспериментальные методы планирования подобных медицинских процедур.

Для решения выше поставленной задачи в качестве вещества для разработки фантомов был выбран ПЛА-пластик [2]. Добавление металлических примесей в пластиковый филамент позволит определять характер взаимодействия ионизирующего излучения с модифицированным материалом.

В представленной работе было проведено моделирование взаимодействий модифицированного ПЛА-пластика с электронным пучком, рентгеновским и гамма излучениями. Были исследованы профили и глубинные распределения дозы в ПЛА-пластике с металлическими примесями разной концентрации, их численное моделирование, с последующим изготовлением материалов с заданной плотностью и их анализом с помощью методов рентгеновской компьютерной томографии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Климанов В.А. Радиобиологическое и дозиметрическое планирование лучевой и радионуклидной терапии. Часть 1. Радиобиологические основы лучевой терапии. Радиобиологическое и дозиметрическое планирование дистанционной лучевой терапии пучками тормозного и гамма-излучения и электронами. Учебное пособие. НИЯУ МИФИ, Москва, 2011. С 500.
2. Свойства, различия и области применения ПЛА и АБС пластика [Электронный ресурс]: <http://mnogochernil.ru/newsroom/abs-pla-plastic/>

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ НОВОГО ОБЛУЧАТЕЛЬНОГО ОБЪЕМА ДЛЯ НТЛ КРЕМНИЯ В РЕАКТОРЕ ИРТ-Т

*Дмитриев С.К., Лебедев И.И., Аникин М.Н., Чертков Ю.Б.
Национальный Исследовательский Томский политехнический
университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
dmitriev@sibmail.com*

Исследовательские ядерные реакторы, как инструмент для радиационной обработки материалов, обладают большим потенциалом. Как правило, исследовательские ядерные реакторы характеризуются небольшими размерами активной зоны и большим градиентом величины плотности потока нейтронов. Поэтому для них актуальной является задача определения условий равномерного облучения образцов больших размеров с малой пространственной неоднородностью. Её решение особенно важно для реализации технологий нейтронного трансмутационного легирования слитков кремния. Этот материал является принципиально важным для силовой электроники.

Одним из немногих объектов в РФ, реализующих нейтронное трансмутационное легирование кремния, является исследовательский ядерный реактор ИРТ-Т. На сегодняшний день технология НТЛ на ИРТ-Т освоена на высоком уровне. Процесс облучения слитков кремния организован в экспериментальных каналах, позволяющих облучать образцы размером до 125 мм и достигать объемной неравномерности легирования до 3%. Таким образом, важнейшей задачей является проектирование и создание нового экспериментального канала, который бы позволил применить технологию НТЛ для образцов кремния до 200 мм без потери предъявляемых к ним требований.

В настоящей работе были проанализированы геометрия и состав активной зоны реактора ИРТ-Т и, исходя из полученных результатов, предложено месторасположение нового экспериментального канала. Дальнейшей задачей является расчёт характеристик нейтронного поля в зоне проектируемого канала, а также выбор материалов для построения, позволяющих достичь максимальной однородности нейтронного поля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Naymushin A. et al. Modeling of operating history of the research nuclear reactor // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2016. – Т. 135. – №. 1. – С. 012032.

АНАЛИЗ ВОСТРЕБОВАННОСТИ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ УСЛУГ НА РЫНКЕ ПРОДУКЦИИ

Дубровка С.

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, 634050, г. Томск, проспект Ленина, дом 30,
e-mail: ms.dubrovka@mail.ru*

На сегодняшний день все ведущие университеты нашей страны, в том числе и НИ ТПУ, имеют в своем распоряжении различного рода лаборатории, которые зачастую снабжены весьма дорогостоящим оборудованием. В связи с этим одним из перспективных направлений деятельности университетов является возможность использования имеющихся лабораторий для решения различных производственных задач. Однако для того, чтобы начать деятельность по использованию лаборатории в подобных целях она должна быть аккредитована. Аккредитация же представляет собой весьма трудоемкий и дорогостоящий процесс. Поэтому прежде чем принимать решение о необходимости таких вложений, необходимо проанализировать востребованность подобного рода услуг и их конкурентоспособность на существующем рынке, что и является предметом исследования в данной работе.

В рамках анализа рынка по спектрометрическим услугам был проведен опрос 722 не бюджетных компаний, из которых 357 находятся на территории Томска и Томской области, 155 компаний из Кемерово, 191 из Новокузнецка, Осинников, Прокопьевска и 19 организаций из Юрги.

Исходя из проведенных исследований, наибольшую заинтересованность проявили компании, которые располагаются на территории Томска и Томской области в виду их территориальной близости по отношению к НИ ТПУ. В целом, спектрометрические услуги на Российском экономическом рынке являются востребованными для многих сфер деятельности, а количество конкурентов в исследуемых областях невелико. В связи с этим развитие НИ ТПУ в данном направлении является перспективным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Яковлева Е.В. Аккредитация испытательной лаборатории / Е.В. Яковлева, Н.П. Калиниченко. // Сборник трудов IV Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, Томск, 26-30 мая 2014 г.: в 2 т.: / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – 2014. – [С. 201-203].

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ПОДОГРЕВ ШИХТЫ, КАК СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ТВЕРДОПЛАМЕННЫМ ГОРЕНИЕМ

Закусилов В.В.

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

В порошковой металлургии одним из перспективных методов синтеза материалов является реакция твердопламенного горения, получившая название самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС), за счёт самоподдерживающегося послыонного распространения волны горения, образованной локальным инициированием, с последующим получением твёрдых продуктов.

В сравнении со стандартными методами порошковой металлургии СВС обладает рядом преимуществ [1]:

- отсутствие технологически сложного оборудования;
- чистота конечного продукта;
- сниженные энергозатраты.

Реакция горения в режиме СВ-синтеза протекает с большой скоростью (0,1-20 см/с) и высокой температурой (2300-3800 К), однако существуют способы воздействия на протекание синтеза и получение готового продукта, к ним относятся: механическая активация исходных компонентов; варьирование давлением прессования и плотностью шихты; предварительный подогрев образцов непосредственно перед синтезом; влагосодержание; наличие электрический, магнитных, гравитационных полей и др.

Одним из распространённых и технологичных способов воздействия на начальные параметры шихты является температура предварительного подогрева, оказывающая влияние на энергию активации, температуру инициирования, скорость распространения волны горения и другие параметры, тем самым обеспечивая необходимые условия протекания процесса горения [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Мержанов А. Г., Мукасян А. С. Твердопламенное горение. – М.: Тороус пресс, 2007. – 336 с.
2. Демянюк Д. Г., Долматов О. Ю., Исаченко Д. С., Кузнецов М. С., Семенов А. О., Чурсин С. С. Влияние экзотермических добавок на температуру инициирования СВ-синтеза боросодержащих материалов // Известия вузов. Физика. – 2014 – Т. 57 – №. 2/2. – С. 99-103.

ФОРМИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБЪЕМА ДЛЯ ОБЛУЧЕНИЯ СЛИТКОВ КРЕМНИЯ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

*Золотых Д. Е., Лебедев И. И., Наймушин А. Г.
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск,
пр. Ленина 30, e-mail: zolotykh.daniil@gmail.com*

В настоящее время в экспериментальных каналах реактора ИРТ-Т в основном происходит нейтронное трансмутационное легирование (НТЛ) кремния и получение радионуклидных изотопов для медицины. Причем для целей НТЛ кремния используется всего один горизонтальный экспериментальный канал ГЭК-4.

Для проведения НТЛ в районе расположения ГЭК должны быть сформированы условия, позволяющие обеспечить равномерное облучение слитков кремния при существующей технологии облучения:

- распределение плотности потока тепловых нейтронов должно быть как можно более равномерным;
- плотность потока быстрых нейтронов должна быть в 20-50 раз меньше, чем плотность потока тепловых нейтронов;
- плотность потока гамма-излучения в месте расположения ЭК не должна быть большой, из-за которой облучаемый образец чрезмерно бы нагревался;
- радиальная неравномерность НТЛ в основном определяется неравномерностью распределения флюенса тепловых нейтронов за время облучения, которая не должна превышать 2-3%.

При облучении цилиндрических слитков кремния диаметром до 128 мм (5 дюймов) и длиной до 700 мм в канале ГЭК-4 эти условия выполняются.

Очевидно, что создать дополнительный канал можно в канале ГЭК-1. Он располагается касательно по отношению к активной зоне и имеет такой же диаметр, как канал ГЭК-4, но находится гораздо ближе к активной зоне.

Оценочные расчеты, проведенные с помощью программной среды MSU-PTR показывают принципиальную возможность создания дополнительных экспериментальных каналов для НТЛ кремния в реакторе ИРТ-Т. С помощью создаваемых каналов можно в 2-3 раза увеличить объем облучаемого кремния на реакторе ИРТ-Т.

ЛИТЕРАТУРА

1. Головацкий А. В., Варлачев В. А., Солодовников Е. С. Установка для нейтронного легирования кремния на исследовательском ядерном реакторе ИРТ-Т.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ В ВОЗДУШНОЙ ПЛАЗМЕ ГОМОГЕННЫХ ОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ УРАНА И ПЛУТОНИЯ ДЛЯ МОКС-ТОПЛИВА

Зубов В.В., Тундешев Н.В., Каренгин А.Г.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, e-mail: kaberne1812@yandex.ru

Основой технологии переработки ОЯТ радиохимических заводов является PUREX-процесс, обеспечивающий высокую степень извлечения урана и плутония [1]. Однако применение отдельного химического осаждения из нитратных растворов и получения оксидов урана и плутония, их механического смешения не всегда обеспечивает требуемый фазовый состав и однородное распределение фаз в получаемых оксидных композициях, что приводит к проблемам во время эксплуатации МОКС-топлива.

Для получения смешанных оксидных композиций урана и плутония из смесевых нитратных растворов (СНР) перспективным является применение низкотемпературной плазмы. Однако плазменная обработка только СНР требует огромных энергозатрат (до 4 МВт·ч/т) [2].

В работе представлены результаты моделирования процесса плазменной обработки СНР в виде водно-солеорганических композиций. По результатам расчетов показателей горючести композиций («СНР–ацетон», «СНР–этанол» и др.), обладающих высокой взаимной растворимостью, определены составы ВСОК, имеющие низшую теплотворную способность ($Q_n^P \geq 8,4$ МДж/кг) и адиабатическую температуру горения ($T_{ад} \geq 1200$ °С) и обеспечивающие не только существенное снижение затрат энергозатрат на плазменную обработку СНР (до 0,1 МВт·ч/т), но дополнительное получение тепловой энергии для технологических и бытовых нужд (до 2,0 МВт·ч/т). Результаты проведенных исследований могут быть использованы при создании энергоэффективной технологии прямого плазменного получения однородных оксидных композиций урана и плутония для МОКС-топлива.

ЛИТЕРАТУРА

1. ОЯТ./ Электронный ресурс.// Режим доступа: <http://nauka.relis.ru/06/0111/06111040.PDF>.
2. Karengin A. G., Karengin A. A., Podgornaya O. D., Shlotgauer E. E. Complex utilization of processing wastes in air plasma of high-frequency torch discharge // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2014. - № Article number 012034. - P. 1-6.

ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ГОМОГЕННЫХ ОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ ТОРИЕВОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

Зубов В.В., Перминов С.В., Каренгин А.Г.

*Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр.
Ленина, 30, e-mail: kaberne1812@yandex.ru*

Получение оксидных композиций из смесевых нитратных растворов (СНР) с применением плазмы обладает многими важными особенностями, выгодно отличающимися от технологии, основанной на механическом смешении компонентов [1,2]. Это возможность получения гомогенного распределения фаз и заданного стехиометрического состава во всем объеме порошка, чистота материала, возможность активно влиять на морфологию частиц и др. Однако, плазменная обработка только СНР требует огромных энергозатрат (до 2-4 МВт·ч/т). Существенное снижение энергозатрат может быть достигнуто при плазменной обработке СНР в виде водно-солеорганических композиций (ВСОК).

В работе представлены результаты моделирования процесса плазмохимического синтеза оксидных композиций урана и тория из СНР. В результате проведенных расчетов показателей горения различных по составу модельных ВСОК на основе СНР и этилового спирта (ацетона) определены оптимальные составы композиций, обеспечивающие их энергоэффективную плазменную обработку.

По результатам проведенных термодинамических расчётов процесса плазменной обработки СНР в виде оптимальных по составу ВСОК определены оптимальные режимы их обработки, необходимые для получения в воздушной плазме оксидных композиций «ThO₂-UO₂» в конденсированной фазе. Для расчётов использовалась лицензионная программа «TERRA».

ЛИТЕРАТУРА

1. Туманов Ю. Н., Бутылкин Ю. П., Коробцев В. П., Бевзюк Ф. С, Грицюк В.Н., Батарее Г. А., Хохлов В. А., Галкин Н.П. Способ получения урансодержащих смесевых оксидов. — Авт. свидетельство СССР № 904393, 1976.
2. Туманов Ю.Н., Плазменные и высокочастотные процессы получения и обработки материалов в ядерном топливном цикле. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 760 с.

ДИАГНОСТИКА РАКА МЕТОДОМ КОМБИНИРОВАННОЙ ПОЗИТРОННО-ЭМИССИОННОЙ И КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

Зулькарнеев А.Д.

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

Развитие ядерных технологий послужило основой для создания новой области – ядерной медицины, включающей диагностическое и лечебное применение радионуклидов.

Современные методы радиоизотопной диагностики основаны на введении человеку радиофармацевтических препаратов (РФП), содержащих в своем составе гамма- или позитрон-излучающие радионуклиды, а также определении в организме естественных радионуклидов с последующей регистрацией излучения с помощью радиодиагностических приборов (сканеров, гамма-камер, эмиссионных томографов). Так же методы радиоизотопной диагностики используются для определения содержания биологически активных веществ, таких как гормоны, ферменты, опухолевые антигены, лекарства и др., в образцах биологического материала (плазме, сыворотке крови, моче и т.п.). Т.е. стало возможным оценить физиологические свойства биологической жидкости (например, иммунореактивность и биологическую активность).

Раковые клетки активнее других растут и размножаются, поэтому потребляют больше всего глюкозы. Перед исследованием глюкоза, меченная радиоизотопами, вводится в организм пациента. Технология комбинированной позитронно-эмиссионной и компьютерной томографии (ПЭТ/КТ) позволяет не только рассмотреть, как выглядят те или иные участки пораженных органов и тканей, но и увидеть, как протекает обмен веществ в клетках организма. И именно эта глюкоза, меченная радиоизотопами, видна на изображениях, полученных с помощью ПЭТ-сканера. Поэтому участки тела, населённые поражёнными клетками, отчётливо различимы на изображениях ПЭТ/КТ.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАРАБОТКИ РАДИОИЗОТОПА Тс-99М НА РЕАКТОРЕ ИРТ-Т

Коновалов П.И., Чертков Ю.Б.

*Национальный исследовательский Томский политехнический
университет, 634050, г.Томск, пр. Ленина, 30,
E-mail: konovalov.pav.93@gmail.com*

Целью данной работы является оптимизация процесса накопления ^{99}Mo с целью получения максимальной удельной активности нарабатываемого $^{99\text{m}}\text{Tc}$. Для этого были исследовано влияние на процесс наработки размеров облучаемой мишени, размера окружающего мишень бериллиевого замедлителя, поиск лучшего расположения мишени в экспериментальных каналах реактора ИРТ-Т. При проведении расчетов использовалась одномерная многогрупповая программа для нейтронно-физических расчетов WIMS-ANL [1].

В ходе работы было получено, что для получения наибольшей активности $^{99\text{m}}\text{Tc}$ для охлаждения мишени из молибдена должна использоваться не вода, а газообразный теплоноситель. Наибольшую ценность имеют нейтроны резонансных энергий в виду высоких значений сечения радиационного захвата ядрами ^{98}Mo . Установлено, что использование газообразного теплоносителя позволяет увеличить плотность потока резонансных нейтронов в мишени на 15-20%.

Анализ зависимости удельной активности молибдена от толщины бериллиевого замедлителя показал, что толщина бериллиевого замедлителя вокруг облучаемой мишени должна быть не менее 5 см. Облучаемые в реакторе ИРТ-Т молибденовые мишени окружены бериллием неравномерно и толщина замедлителя лежит в пределах 2-4 см. В дальнейшем планируется исследование наработки $^{99\text{m}}\text{Tc}$ в других экспериментальных каналах реактора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Варлачев В.А., Глухов Г.Г., Скуридин В.С. и др. Исследовательский ядерный реактор ИРТ-Т. Томский политехнический университет, 2011.
2. Герасимов А.С., Киселев Г.И., Ланцов М.Л. "Получение ^{99}Mo в ядерных реакторах". Атомная энергия. Том 67, выпуск 1, август 1989, с.104–108.
3. Герасимов А.С., Зарицкая Т.С., Рудик А.П. «Справочник по образованию нуклидов в ядерных реакторах». Энергоатомиздат. 1989. –575 с.
4. Кодина Г.Е. "Методы получения радиофармацевтических препаратов и радионуклидных генераторов для медицины". В кн. ИЗОТОПЫ. Свойства. Получение. Применение. Под ред. В.Ю. Баранова. М. Физматлит. Том 2. 2005. с.389–412.

МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ ПОПЕРЕЧНЫХ ПРОФИЛЕЙ ЭЛЕКТРОННЫХ ПУЧКОВ ПУТЕМ СОЗДАНИЯ ФИЛЬТРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ АБС-ПЛАСТИКА

Красных А.А., Милойчикова И.А., Стучебров С.Г.

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: angelina12021993@gmail.com*

На сегодняшний день для формирования медицинского электронного пучка используется сложная система фильтрующих фольг и коллиматоров [1]. Возможность быстрого и дешевого изготовления таких систем позволит значительно упростить и удешевить процесс разработки клинического ускорителя. Таким требованиям отвечают аддитивные технологии. В связи с этим данную задачу можно решить путем изготовления единых фильтрующе-коллимационных систем методами 3D печати.

Целью данного исследования стала разработка метода формирования поперечных профилей электронных пучков путем создания фильтрующих элементов из АБС-пластика методом послойного наплавления [2].

В рамках данной работы с помощью программы «Компьютерная лаборатория (PCLab)» был смоделирован источник излучения, в качестве которого использовался микротрон ТПУ с энергией электронов 6,1 МэВ, а также фильтрующий элемент, форма и размер которого были подобраны. На основе созданных моделей были рассчитаны профили электронного пучка микротрона ТПУ до и после фильтрации [3–4].

Также был проведен эксперимент на реальном пучке, в ходе которого были получены профили пучка.

В заключение данного исследования были проведены сравнение теоретических и экспериментальных данных и анализ результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Молоканов А. Г. Формирование радиотерапевтического протонного пучка фазотрона ЛЯП ОИЯИ II *Вопр. атомной науки и техники*. 2008. № 5 (50) // С. 146-149. – 2008.
2. Зотов О. Ю., Фролов Д. А. Особенности метода изготовления изделий путем послойного наплавления материала // *Ученый XXI века*. – 2016. – №. 1.
3. Беспалов В. И. Компьютерная лаборатория (версия 9.6). ТПУ. Томск, 2015. С. 115
4. Шкитов Д. А. и др. Интерферограмма дифракционного излучения, получаемая при прохождении электронного пучка через щелевую мишень // *ПОВЕРХНОСТЬ. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования*. – 2013. – №. 8. – с. 86.

ОБЗОР КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ АТОМНЫХ РЕАКТОРОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ (НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ)

Кропачев Е.В., Карташов Е.Ю.

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

В настоящее время в России разработан проект быстрого реактора естественной безопасности и экономичности с топливом UN-PuN и со свинцовым теплоносителем «БРЕСТ» с пристанционным топливным циклом для крупномасштабной энергетики будущего.

В работе проведён сравнительный обзор существующих конструкционных материалов, описаны их достоинства и недостатки, а также требования, предъявляемые при эксплуатации этих материалов. Показаны характеристики эксплуатируемых в настоящее время хромоникелевых нестабилизированных аустенитных нержавеющей сталей 10X18N9 (09X18N9), 08X16N11M3 с описанием их преимуществ для выполнения требований Конвенции по охране окружающей среды.

Для избежания чрезмерных изменений объёма под действием нейтронного облучения, в качестве конструкционных материалов в статье рассматриваются ферритно-мартенситные стали - это металлы с объёмно-центрированной решёткой, которые меньше подвержены распуханию, чем материалы с гранецентрированной решеткой и рассмотрены их преимущества по сравнению с аустенитными.

Приведен обзор изучения совместимости мононитридного топлива и свинца с материалами оболочки - мононитридное топливо (U(0,9-0,85)Pu(0,1-0,15)N) для стали марок ЭП-823, ЭП-450.

В результате исследований было установлено, что мононитридное топливо указанного состава не взаимодействует ни со свинцом, ни с оболочечными сталями ЭП-823, ЭП-450 при температуре 650 и 800°C в течение до 2000 часов (время измерения) при температуре 1200 и 1300°C (выбранных в качестве имитации аварийных ситуаций) в течение 5 часов. При этом не выявлено никаких изменений приповерхностной зоны стали, граничащей с топливом.

В заключении, показаны новые оболочечные жаропрочные комплексно-легированные 12% хромистые стали ЭК181 (16X12B2ФТаР) и ЧС139(20X12НМВФАР). Обобщённые результаты комплексных испытаний и исследований показывают перспективность их применения в реакторах на быстрых нейтронах.

РАСЧЕТНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА СВС

Лабыкин М.Б., Шкляренко Е.В.

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: mbl1@tpu.ru

Расчёт температурных полей процесса самораспространяющегося высокотемпературного синтеза является не малозначимой задачей, так как при известных конечных температурах можно прогнозировать фазовые состояния, которые будут образовываться в процессе синтеза, а, следовательно, и свойства конечного продукта

При реализации процесса используется модель, основанная на решении двумерного нестационарного уравнения теплопроводности, которое представляет собой краевую задачу и для её решения необходимо задать граничные условия.

$$a(T) \cdot \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + \frac{q_v}{C(T) \cdot \rho} = \frac{\partial T}{\partial t},$$

$$1. \lambda \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=R} = \pm \alpha \cdot (T_{r=R} - T_S) \pm \varepsilon \sigma (T_{r=R}^4 - T_S^4), \lambda \cdot \frac{\partial T}{\partial t} \Big|_{r=0} = 0,$$

$$2. \lambda \frac{\partial T}{\partial z} \Big|_{z=H} = \pm \alpha \cdot (T_{z=H} - T_S) \pm \varepsilon \sigma (T_{z=H}^4 - T_S^4), \lambda \cdot \frac{\partial T}{\partial t} \Big|_{r=0} = T_\Gamma,$$

Для решения поставленной задачи используется метод конечных разностей (или метод сеток), который является одним из универсальных и широко используемых методов решения краевых задач. Суть метода состоит в том, что область непрерывных значений заменяется конечным множеством узлов, называемых сеткой, а вместо функций непрерывного аргумента рассматривают функции, определенные только в узлах сетки, – сеточные функции. В результате краевая задача заменяется дискретной краевой задачей, которая представляет из себя систему конечного числа линейных и нелинейных алгебраических уравнений. В конечном итоге решение дискретной краевой задачи можно принять за приближенное решение двумерного нестационарного уравнения теплопроводности.

Основной отличительной особенностью при решении уравнения теплопроводности является использование подвижного пространственно-распределенного источника объемного тепловыделения, а также температурной зависимости теплоемкости, определяемой с использованием квантовой модели Дебая, позволяющей связать температуру с параметрами подготовки исходной шихты компонентов. В ходе расчетно-теоретического анализа определяются температурные поля СВС-реакции, по которым в свою очередь можно определить фазовый состав конечного продукта.

ВОПРОСЫ ВЫВОДА ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕАКТОРА РБМК

Ластовец Ю.В., Степанов Б.П.

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: lastovec.yuliya@mail.ru*

В период с ноября 2012 г. по сентябрь 2013 г. специалистами атомной отрасли был решен вопрос о возможности продления эксплуатации АЭС с реакторами типа РБМК, в условиях формоизменения графитовой кладки.

Графитовая кладка, является одним из ключевых элементов реактора, состояние которых определяет его остаточный ресурс. Важнейший критерий, по которому определяются ресурсные характеристики РБМК – величина зацепления «телескопа». Телескопическое соединение тракта обеспечивает компенсацию температурных расширений кладки и опорных конструкций активной зоны во время разогрева и расхолаживания реактора, а также компенсацию радиационно-термического изменения высоты кладки.

В результате нейтронного облучения в графите возникает напряжение. При достижении некоторого уровня в графитовых блоках образуются трещины, блок теряет правильную форму, а взаимодействие рядом стоящих растрескавшихся блоков увеличивает локальный прогиб топливных каналов. Для выпрямления искривленных каналов сначала надо разрезать графитовые блоки.

После резки блока, вместо круга, в сечении образуется эллипс, канал в графитовой колонне необходимо калибровать, потом чистить от пыли и фрагментов, оставшихся после проведенных работ. Примененные как при резке, так и при калибровке системы отсоса, не только не позволяют радиоактивным частицам попасть в воздушную среду, но и в процессе работы улучшают дозовую обстановку над реактором в центральном зале.

В настоящее время работы по восстановлению геометрии кладки успешно применяются при ремонтных работах на Ленинградской и Курской АЭС. Достигнутые уникальные результаты снижения прогиба каналов в диапазоне значений, допустимых по проекту, доказывают, что технология получена и реализована. Эксплуатация реакторов типа РБМК продлевается не менее, чем на три года.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вызовы и лучшие практики ядерной и радиационной безопасности. – М.: 2013. -120с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТУРБОПИТАТЕЛЬНЫХ НАСОСОВ АЭС

Лоншаков Н.А., Горбунов В.А.

*Ивановский государственный энергетический университет им. В.И.
Ленина, 153003, г.Иваново Ивановская обл., ул.Рабфаковская, 34
e-mail:office@ispu.ru*

В настоящее время все большее развитие получает мировая тенденция, направленная на снижение эксплуатационных затрат электрических станций. Данный вид издержек состоит из множества слагаемых, в том числе из расхода тепловой энергии на собственные нужды станции. Основным потребителем тепловой энергии, отпускаемой на собственные нужды блока атомной электрической станции, является турбопитательный насосный агрегат (ТПН), предназначенный для перекачки питательной воды и создания давления во втором контуре АЭС с реакторами типа ВВЭР.

Исходя из требований энергосбережения в атомной отрасли РФ[1], создается программный комплекс, предназначенный для анализа и повышения эффективности эксплуатации турбопитательных насосов АЭС. В его основе лежит математическое моделирование с привлечением нейросетевой технологии. Математическая модель строится на основе эксплуатационных параметров, получаемых непосредственно в процессе работы энергоблока, и имеет погрешность не превышающую 3%. Предлагаемая технология для анализа и повышения эффективности эксплуатации тепломеханического оборудования АЭС имеет ряд преимуществ по сравнению с аналогичными технологиями[2].

В настоящее время программный комплекс позволяет определить значения КПД и удельных затрат тепловой энергии, отпускаемой на привод ТПН; построить графики изменения КПД и удельных затрат тепловой энергии в зависимости от изменения заданного параметра. В программном комплексе также реализована возможность создания электронных режимных карт работы ТПН на основе параметров, снимаемых непосредственно в процессе работы энергоблока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Приложение №2 к приказу ОАО «Концерн Росэнергоатом» от 15.11.2013 № 9/1055-П «Стратегические цели и цели в области энергоэффективности на среднесрочную перспективу».
2. Горбунов В.А. Использование нейросетевых технологий для повышения энергетической эффективности теплотехнологических установок / ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина». – Иваново, 2011. – 475 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СВС ДЛЯ СОЗДАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ БОРСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Малик А.А., Рыжков А.А.

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail:aleksandrmlik@mail.ru*

Получение новых материалов с заранее заданными свойствами для использования в атомной энергетике сопряжено с необходимостью поиска перспективных технологий их получения, а также разработкой теоретических основ и необходимости разработки математических моделей горения. В настоящее время в материаловедении все большее внимание привлекают порошковые изделия, исходным сырьем для создания которых, являются порошки металлов и неметаллов. Порошковая технология – это широкая область получения дисперсных материалов, применяемых в разнообразных отраслях производства. Особое место среди порошковых материалов занимает техническая и функциональная керамика, поскольку она обладает широким комплексом эксплуатационных свойств, требуемых для изделий самого разнообразного назначения. Функциональная керамика, обладающая заданными эксплуатационными свойствами, является в настоящий момент наиболее перспективным материалом для создания техники нового поколения [1].

Имеется много способов производства прессованных брикетов, причем наиболее важными из них являются: холодное прессование, спекание, прессование горячим способом. В свою очередь все традиционные порошковые методы получения материалов характеризуются сравнительно сложным технологическим оборудованием, необходимостью поддержания определенных температурных режимов; сложностями, связанными с отделением образующихся побочных продуктов от целевого. Недостаток перечисленных методов при получении конечного продукта – отсутствие возможности управлять режимами получения и свойствами конечного продукта. Этих недостатков лишен самораспространяющийся высокотемпературный синтез.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бойко В.И., Демянюк Д.Г., Долматов О.Ю., Шаманин И.В., Исаченко Д.С. Использование материалов, полученных в режиме технологического горения, в технике радиационной защиты: расчетное исследование защитных свойств // Известия Томского политехнического университета. – Томск: Изд-во ТПУ. – Т. 308, № 6, 2005. – С.80-83.

ВЛИЯНИЕ ДИАМЕТРА ВХОДНОГО КЛАПАНА И ГОРИЗОНТАЛЬНОГО РЕБРЕНИЯ НА СКОРОСТЬ ЗАПОЛНЕНИЯ ЕМКОСТИ UF₆

Малюгин Р.В., Орлов А.А., Цимбалюк А.Ф.

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

Для десублимации UF₆ используются различные типы емкостей: гладкостенные, с горизонтальным или вертикальным ребрением внутренней поверхности стенок. Они отличаются также объемом, геометрическими размерами или диаметром входного клапана. Ребрение внутренних поверхностей емкостей используется с целью увеличения площади теплообменной поверхности, увеличения их производительности и уменьшения времени заполнения.

Для исследования и оптимизации процесса десублимации UF₆ в вертикальную погружную емкость нами разработана двумерная нестационарная математическая модель [1], учитывающая наличие конвекции и десублимации UF₆ на донной стенке емкости, а также эллиптичность верхней и нижней стенок емкости. Проведена верификация данной математической модели [1] и показано, что она адекватно описывает происходящие при десублимации UF₆ процессы тепло- и массопереноса. В данной работе с помощью созданной математической модели рассматривается заполнение емкости и оценивается влияние диаметра входного клапана и размеров горизонтального ребра на время гидродинамического установления, за которое процесс заполнения емкости газообразным UF₆ переходит от нестационарного к квазистационарному.

Результаты расчета динамики заполнения емкости газообразным UF₆ показали, что с уменьшением диаметра входного клапана время перехода процесса заполнения емкости газообразным UF₆ от нестационарного к квазистационарному режиму возрастает. Закономерность изменения времени перехода емкости на квазистационарный режим работы для заданных диаметров входного клапана сохраняется при изменении объема емкости. Показано, что с использованием разработанной математической модели можно оптимизировать конструкцию емкостей, тем самым повысив эффективность их работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Orlov A.A., Tsimbalyuk A.F., Malyugin R.V., Glazunov A.A., Dynamics of UF₆ desublimation with the influence of tank geometry for various coolant temperature, MATEC Web of Conferences. 72 (2016) 01079.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ КОЛЛИМИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ НЗТ НА РЕАКТОРЕ ИРТ-Т

*Молодов П.А., Аникин М.Н., Наймушин А.Г.
Национальный исследовательский Томский политехнический
университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: molodovpavel@gmail.com*

Нейтрон-захватная терапия – является одним из наиболее сложных, но наиболее перспективных методов лечения злокачественных опухолей. Основная тенденция развития НЗТ в мире – использование пучков эпитепловых нейтронов для обработки глубоколежащих опухолей и опухолей головного мозга.

В настоящее время на реакторе ИРТ-Т проводится реконструкция экспериментального объема горизонтального канала ГЭК-1 для создания эпитеплового пучка для НЗТ, что позволит создать на реакторе ИРТ-Т базу для проведения специализированных экспериментальных и клинических исследований НЗТ злокачественных опухолей. Одним из важных факторов для нейтронно-захватной терапии является высокая точность формирования нейтронного пучка. Особенно это важно для облучения опухолей малых размеров, поскольку при высокой степени рассеяния нейтронов поражаются здоровые ткани за пределами опухоли.

Для повышения направленности выводимого пучка нейтронов были проведены расчеты с помощью программного комплекса MSU-PTR по выбору оптимальной конфигурации и материального состава коллимационной системы канала ГЭК-1 реактора ИРТ-Т. Проектируемый коллиматор выполнен в форме усеченного конуса, диаметр отверстия коллиматора на входе составляет 150 мм, на выходе с помощью диафрагмы диаметр пучка регулируется набором насадок в пределах от 70 мм до 120 мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. АТОМНАЯ Э. Нейтрон-захватная терапия тепловыми нейтронами на ядерном реакторе ИРТ МИФИ //Атомная энергия. – 2001. – Т. 91. – №. 4. – С. 307 - 314.
2. Kasesaz Y. et al. A feasibility study of the Tehran research reactor as a neutron source for BNCT //Applied Radiation and Isotopes. – 2014. – Т. 90. – С. 132-137.
3. Chadha M. et al. Boron neutron-capture therapy (BNCT) for glioblastoma multiforme (GBM) using the epithermal neutron beam at the Brookhaven National Laboratory //International Journal of Radiation Oncology Biology Physics. – 1998. – Т. 40. – №. 4. – С. 829-834.

РАЗРАБОТКА ДЕТАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ОТРАВЛЕНИЯ БЕРИЛЛИЕВОГО ОТРАЖАТЕЛЯ РЕАКТОРА ИРТ-Т

*Нерода А.А., Аникин М.Н., Лебедев И.И., Наймушин А.Г.
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск,
пр. Ленина 30, e-mail: neroda_94@mail.ru*

Реактор ИРТ-Т является исследовательским реактором бассейнового типа с использованием воды в качестве замедлителя, теплоносителя и верхней биологической защиты. Он является источником нейтронного и гамма излучения и предназначен для проведения научно-исследовательских работ по нейтронно-активационному анализу элементного состава веществ, производству радионуклидов, легированию кремния и других работ с использованием реакторного излучения. Реактор имеет водно-бериллиевый замедлитель и отражатель.

Повреждение бериллия в процессе его использования в ядерных реакторах происходит в результате протекания в нем двух первичных процессов: упругого взаимодействия нейтронов с ядрами и ядерных реакций. Облучение бериллия потоком нейтронов с энергией от 0,7 до 20 МэВ приводит к образованию изотопов лития (${}^6\text{Li}$), трития (${}^3\text{H}$) и гелия (${}^3\text{He}$ и ${}^4\text{He}$) в результате реакций (n, α) и $(n, 2n)$. Долговременное накопление газов гелия и трития производит эффект вздутия в бериллиевых блоках, а образовавшиеся ${}^3\text{He}$ и ${}^6\text{Li}$, вызванные реакцией ${}^9\text{Be}(n, \alpha)$, имеют большое сечение поглощения.

Накопление поглотителя нейтронов влечет за собой изменение нейтронно-физических характеристик реактора, а также его экспериментальных устройств.

В настоящей работе разработана детальная модель отравления блоков бериллиевого отражателя с помощью программы MCU-PTR. Формирование расчетной сетки для определения распределения ядер-отравителей проводилось путем разбиения объема блока по высоте, а также в направлении от активной зоны. Созданная модель позволит разработать регламент перемещения блоков отражателя для повышения эксплуатационных характеристик реактора и плотности потока нейтронов в его экспериментальных каналах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Naymushin A. et al. Degradation of Beryllium Reflector Properties on the IRT-T Reactor // Advanced Materials Research. – 2015. – Т. 1084. – С. 289-293.
2. Прозорова И. В. Влияние отравления бериллиевых блоков на нейтронно-физические характеристики реактора ИВГ. 1м // Известия Томского политехнического университета. – 2015. – Т. 326. – №. 2.

ЭКСПЕРТИЗА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ

Овчинникова К.Г., Исаченко Д.С.

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

В настоящее время в мире наблюдается тенденция приоритетного развития независимой общественно-профессиональной экспертизы образовательных программ, реализуемых высшими учебными заведениями. Основная задача независимой общественно-профессиональной аккредитации – подтверждение гарантии студентам, работодателям и другим заинтересованным сторонам свободного доступа к понятной, надежной и важной информации о том, в какой степени предлагаемые вузами образовательные программы соответствуют ожиданиям общества в отношении качества образования и соответствия стандартам. Экспертиза в целях экспортного контроля представляет собой специализированную оценочно-аналитическую деятельность, направленную на установление принадлежности товара или технологии к продукции, подлежащей экспортному контролю. Экспертиза материалов проводится на предмет отсутствия (наличия) в них сведений, составляющих государственную тайну, с целью предотвращения распространения сведений при открытом опубликовании материалов.

Запрещается открытое опубликование материалов, подготовленных сотрудниками или обучающимися вуза, в отношении которых не проведена экспертиза на предмет возможности их открытого опубликования. Основным назначением экспертной организации являются: установление принадлежности экспортируемого товара или технологии к продукции, подлежащей экспортному контролю; снижение риска несанкционированного экспорта российскими участниками внешнеэкономической деятельности контролируемых товаров и технологий.

Пройдя общественно-профессиональную аккредитацию, вуз имеет право публично заявить, что цели образовательной программы достигаются и через эти цели подчеркнуть качество своих программ. Определение особенностей подготовки по программе, сильных сторон ее выпускников помогает вузу выгодно позиционировать себя на рынке образовательных услуг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Законодательство Российской Федерации в области экспортного контроля: - Федеральный закон № 183-ФЗ от 18.07.1999 г. «Об экспортном контроле».

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ИЗГОТОВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ С ЗАДАНЫМИ ИНДЕКСАМИ ХАУНСФИЛДА

*Переверзева М.А., Милойчикова И.А., Стучебров С.Г.
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: marina.pereverzeva.1994@mail.ru*

Методы визуализации внутренней структуры непрозрачных материалов, такие как рентгенография, рентгеноскопия, томография и многие другие, нашли широкое применение во многих областях, но, несомненно, одно из самых важных направлений применения является медицина. Возможность исследования внутренних органов без оперативного вмешательства позволяет существенно повысить качество оказываемых медицинских услуг.

В связи с тем, что применение ионизирующего излучения, к которым относится и рентгеновское, связано с рисками повреждения живых тканей, в таких методах необходимо проводить предварительную оценку распределения дозовых полей внутри тканей.

Существует несколько различных методов диагностики. Основная часть из них основана на использовании фантомов, состоящих из тканеэквивалентных материалов.

Применение модифицированных пластиков позволяет создавать фантомы с достаточно высокой точностью повторяющие части тела человека. Для реализации этого необходимо создать способ, позволяющий изготавливать материалы с заданной плотностью, отличающиеся индексами Хаунсфилда, характеризующими ослабление рентгеновского излучения материалом. Применение пластика позволит использовать аддитивные технологии для создания фантомов.

Целью исследования является разработка способа изготовления материалов с заданными индексами Хаунсфилда на основе пластиков с металлическими примесями (свинец, вольфрам, медь, цинк) и оценка их характеристик.

В процессе работы был получен способ изготовления смеси из пластиковой основы с металлическими примесями в разной концентрации. Созданные материалы были исследованы весовым и томографическим методом, определена зависимость значений индексов Хаунсфилда от концентрации примесей. Экспериментальные данные в рамках погрешности измерения совпали с расчетными.

КОНЦЕПЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЯДЕРНЫМИ ЗНАНИЯМИ

Перминова М.В., Демянюк Д.Г.

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия 634050, г. Томск, пр.Ленина 30
email: masha199303@gmail.com*

Зачастую знания и опыт прошлых лет не зафиксированы документально. Причиной потери ядерных знаний, может послужить множество факторов, такие как старение кадров, уход опытных специалистов, деградация технологических навыков и потеря «know-how», потенциальное снижение безопасности и возможности исчезновения инновационного потенциала [1].

В связи со всеми выше перечисленными факторами, в последнее время государства с активно развивающейся ядерной промышленностью, международные организации, а также предприятия должное внимание уделяют управлению знаниями, включающие стратегии и разработку программ для сбора, хранения и передачи накопленных знаний и опыта новому поколению [2].

Не стоит упускать из внимания и ядерные университеты, которые непосредственно учувствуют в подготовке кадров для работы в атомной промышленности. Основополагающие знания, которые имеют специалисты атомной промышленности, закладываются в процессе обучения в высших образовательных учреждениях. Разработка данной концепции обеспечит доступ к существующему наследию ядерных знаний, обеспечит передачу знаний новому поколению, а также позволит заполнить пробелы, появившиеся в связи с потерей ядерных знаний. Данная работа отражает результаты построения системы управления ядерными знаниями в Национальном исследовательском Томском политехническом университете.

ЛИТЕРАТУРА

1. International Atomic Energy Agency; Knowledge Management for Nuclear Research and Development Organizations; 2006.
2. Ericsson M., Reismer S. Knowledge Management in Construction: an approach for best practice diffusion in Skanska Sweden AB // Chalmers reproservice, Göteborg, Sweden. – 2011. – P. 22–23.

ДЛИТЕЛЬНОСТЬ КАМПАНИИ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА РЕАКТОРА БРЕСТ-ОД-300

Прец А.А., Комаров П.А., Матвиенко М.А.

Национальный исследовательский

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

Энергетические возможности ядерного реактора характеризуются кампанией топлива. Одним из важных для экономической выгоды показателей является длительность кампании ядерного топлива, который в свою очередь определяется изменением коэффициента размножения нейтронов в процессе эксплуатации ядерного топлива.

Для оценки размножающих свойств активной зоны реактора решалась система многогрупповых уравнений диффузии нейтронов итерационным методом. Расчет проводился для нескольких стартовых загрузок, в котором учитывались поправки на температуру нейтронного газа и резонансную самоэкранировку.

В работе определена гомогенизированная концентрация карбида бора, в состав которого входит поглотитель (B^{10}), для обеспечения критического состояния реакторной установки при полностью загруженной активной зоне свежим ядерным топливом, которая составила $5,38 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$.

Для оценки длительности кампании ядерного топлива определялись изменения нуклидного состава ядерного топлива и ядер поглотителя. В момент времени, когда в активной зоне концентрация поглотителя близка к нулю, а коэффициент размножения нейтронов близок к единице, считается, что кампания ядерного топлива закончилась, полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Длительность кампании ядерного топлива

Загрузка	τ_T , эфф.сутки
1. UO_2 , с обогащением по U^{235} на 16,6 %	300
2. UN, с обогащением по U^{235} на 16 %	550
3. (U-Pu)N, 83 % отвалный уран, остальное – (17%) Pu^{239} 93 %, Pu^{240} 7 %.	1650
4. (U-Pu)N, 83 % урана обогащенного по U^{235} на 1 %, остальное – (17 %) плутоний из легководных тепловых реакторов	650

ПОЛУЧЕНИЕ ЙОДА-124 НА ЦИКЛОТРОНЕ ТПУ ДЛЯ ЯДЕРНОЙ МЕДИЦИНЫ

Салодкин С.С., Головков В.М.

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

Использование радиофармпрепаратов (РФП) для молекулярной визуализации биохимических и физиологических процессов *in vivo* является важным диагностическим инструментом ядерной медицины. Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) в настоящее время является самым информативным методом диагностики, позволяющая изучать различные процессы организма. Наиболее часто используемые радионуклиды для ПЭТ имеют относительно короткий период полураспада (^{11}C : 20.4 мин; ^{18}F : 109.8 мин), что накладывает ограничения на временные рамки процедур синтеза и диагностики. В этом плане ^{124}I является альтернативным долгоживущим ($T_{1/2} = 4.18$ д) радионуклидом, привлекающим всё большее внимание исследователей. Кроме того, ^{124}I потенциально может использоваться не только для диагностических ПЭТ-исследований, но и в радионуклидной терапии.

Целью работы является исследование выхода и оценка возможности наработки нуклида ^{124}I для ядерной медицины с помощью циклотрона Р7М ТПУ.

В данной работе на циклотроне Р7М ТПУ был проведён эксперимент по облучению мишени из природного TeO_2 дейтронами с энергией 13,6 МэВ. С помощью полупроводникового гамма-спектрометра измеряли активность ^{124}I для расчёта выхода реакции. Выход ^{124}I для мишени из природного TeO_2 оказался равен 0,297 МБк/(мкА час), для мишени из $^{124}\text{TeO}_2$ – 6,24 МБк/(мкА час).

Полученные результаты показывают, что на циклотроне Р7М возможно получение ^{124}I , для покрытия потребности ПЭТ центра, который предполагается создать в г. Томске в РФП на основе ^{124}I

ЛИТЕРАТУРА

1. Giuseppe Lucio Cascini, Artor Niccoli Asabella, Antonio Notaristefano, Antonino Restuccia, Cristina Ferrari, Domenico Rubini, Corinna Altini, and Giuseppe Rubini. ^{124}I Iodine: A Longer-Life Positron Emitter Isotope – New Opportunities in Molecular Imaging. – 28 December 2013.
2. Delacroix et al, Radiation Protection Dosimetry - Radionuclide and Radiation Protection Data Handbook (Kent, England: Nuclear Technology Publishing, 2002), p. 105.
3. П.П. Дмитриев. Выход радионуклидов в реакциях с протонами, дейтронами, альфа-частицами и гелием-3: Справочник./ Павел Дмитриев – М.: Энергоатомиздат, 1986. –269 с.

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ПОТОКА ЭЛЕКТРОНОВ В ПОПЕРЕЧНОМ СЕЧЕНИИ ПУЧКА НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ

*Сечная Д.Ю., Красных А.А., Милойчикова И.А., Стучебров С.Г.
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: desuex4@mail.com*

Электронные пучки широко применяются в медицине и прикладных науках [1]. Для полноценной работы с пучками необходимо знать их характеристики. Одной из наиболее важных и трудноопределяемых характеристик является распределение плотности потока электронов в поперечном сечении пучка. Существуют различные методы ее определения, однако они обладают рядом недостатков. Методы, основанные на использовании распределенных в исследуемой плоскости электронных детекторов, имеют низкое разрешение [2]; основанные на использовании дозиметрических пленок и люминесцентных детекторов, ограничены дозовыми характеристиками пучка [3]. Таким образом, имеется необходимость наличия метода, позволяющего измерять распределение плотности потока электронов в поперечном сечении пучка без расходных материалов, с разрешением порядка 1 мм, слабо зависящего от энергии электронов.

В данной работе описываются исследования, направленные на создание такой системы. Суть метода основывается на поперечном сканировании пучка тонкой полоской под разными углами. Сечение распределения плотности потока электронов восстанавливается обратным преобразованием Радона из зависимости тока пучка от положения сканирующего элемента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агафонов А.В. Ускорители в медицине [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://web.ihep.su/library/pubs/aconf96/ps/c96-198.pdf>
2. StarTrack Detector with OmniPro Advance Software [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.meditron.ch/radiation-therapy/index.php/hikashop-menu-for-categories-listing/product/84-startrack-detector-with-omnipro-advance-software>
3. Технология пленочной дозиметрии GAFCHROMIC [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gafchromic.ru/?yclid=1135545137855466433>

КОНКУРЕНТНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В СИСТЕМЕ КЛАСТЕРНОГО ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

Смирнова Т.Л.

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

Смена доминирующего энергоресурса как источника развития мировой экономики сопровождается не количественным приростом, а качественными изменениями в процессах производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии, нарастающим дефицитом природных ресурсов, появлением технологий инновационной энергетики, усилением социально-экономического неравенства стран в результате международной торговли и расширения загрязнения окружающей среды. На основе использования метода структурного прогнозирования можно утверждать, что особую роль будут играть технологии получения электроэнергии на основе ядерной и альтернативной энергетики. Рост конкуренции между крупными производителями и экспортёрами электроэнергии усилит динамику структурных сдвигов и сформирует новые центры территориального развития с долгосрочной инновационно-технологической стратегией к 2050 году.

Ядерная энергетика становится ядром социальных изменений общества и эволюции моделей экономического поведения человека на основе информационных технологий управления ресурсами при сохранении баланса интересов в системе устойчивого развития «природа – человек – общество – экономика». Регулирующая роль государства дополняется координацией социальных, политических структур, обеспечивая институциональные, инфраструктурные, инновационные, инвестиционные предпосылки территориального развития энергетических кластеров, способных удовлетворить возрастающие потребности производства и населения в доступной электроэнергии. Конкурентные ядерные энерготехнологии, учитывающие современные требования безопасности, меняют структуру конечного территориального спроса на электроэнергию, сокращая издержки производства и энергоёмкость товаров (услуг) в среднесрочной перспективе [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Nuclear power in the world today [Electronic resource] // World Nuclear Association. – 2015. – February. – URL: [http://www.world-nuclear.org/info/Current-and-Future-Generation / Nuclear-Power-in-the-World-Today](http://www.world-nuclear.org/info/Current-and-Future-Generation/Nuclear-Power-in-the-World-Today) (дата обращения 05.09.2016).

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ РАЗМЕРА ЧАСТИЦ ОКСИДА AL ОТ ТЕМПЕРАТУРНО-ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА НЕПРЕРЫВНОГО ТВЕРДОФАЗНОГО СИНТЕЗА

Терещенко Е.В.¹, Кербель Б.М.¹, Ливандовский А.В.¹, Кацнельсон Л.М.²

¹Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036, г.

Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65

²ООО НПП «Технолоичка», 344033, г. Ростов-на-Дону, Ростовская

обл., ул. Портовая, 303

e-mail: ElenaTeVa@yandex.ru

Оксид алюминия, как основа высококачественной керамики, применяется в изделиях различного функционального и специального назначения. Например, для изготовления бронезилетов и защиты боевой техники, в элементах запорной арматуры для нефтехимической и газодобывающей отраслей, в электронике, стоматологии и т.д. Получение нанопорошков для оксидной керамики является одной из наиболее актуальных задач керамической технологии, относящихся к числу критических технологий федерального уровня. Одно из решений этой задачи было найдено в процессе разработки технологии непрерывного твердофазного синтеза (НС), которая позволяет синтезировать оксидные материалы в виде наноструктурных композиций, формируемых путем самосборки в рамках одного технологического процесса.

Целью данной работы является поиск температурно-временных характеристик синтеза модельного материала – оксида и гидроксида алюминия, а также выявление ряда закономерностей процесса.

НС модельного материала - $Al(OH)_3$ - проводился в конусообразных кюветах в интервале температур 400–1200 °С, с изотермической выдержкой от 5 до 40 минут. Синтезированные порошки оксида алюминия после каждого опыта отправлялись на лазерный анализатор размера частиц Analysette 22 NanoTec. Из полученных данных следует, что увеличение температуры синтеза при одинаковом времени выдержки в печи приводит к увеличению среднего размера частиц, причем крупные частицы размером от 100 до 300 мкм представляют собой композицию из более мелких частиц размером до 30 мкм. Увеличение же времени выдержки при одинаковой температуре приводит к уменьшению дисперсности в распределении гранул по размерному ряду.

Таким образом, выбирая время и температуру, можно найти оптимальные режимы синтеза оксида алюминия, необходимые для оптимизации технологии получения керамических изделий.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЛЕГИРУЮЩИХ КОМПОНЕНТОВ И ТЕМПЕРАТУРЫ СПЕКАНИЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ МАГНИТОВ НА ОСНОВЕ Nd-Fe-B

*Хорохорин В.С., Макасеев Ю.Н., Софронов В.Л.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
Томская область, г. Северск, пр. Коммунистический, 65
e-mail: xoroxor@sibmail.com*

В настоящее время российский рынок редкоземельных магнитов насыщен товарами импортного производства, прежде всего из КНР. Импортируемые магниты и магнитные материалы превосходят по ассортименту и объемам производства отечественные, а также отличаются низкой стоимостью, но зачастую не соответствуют заявленным качественным характеристикам. Данная работа была продиктована необходимостью разработки отечественного конкурентоспособного способа получения постоянных магнитов для нужд российской промышленности.

На базе кафедры ХитМСЭ СТИ НИЯУ МИФИ разработана технология получения сплавов и лигатур на основе РЗМ методом внепечного кальциетермического восстановления фторидов металлов, а также постоянных магнитов высокоэнергетических постоянных магнитов на основе Nd-Fe-B по порошковой технологии.

В предлагаемой работе изложены результаты исследований влияния легирующих компонентов Al и Cu, температур спекания спрессованных образцов и термической обработки готовых магнитов на основные магнитные характеристики: величину магнитного потока ψ , индукцию в рабочей точке $I_{рт}$, остаточную индукция B_r , коэрцитивной силы H_c , максимальное энергетическое произведение $(BH)_{max}$, петлю гистерезиса размагничивания.

Для проведения исследований устанавливались следующие параметры процессов изготовления магнитов:

- 1) температуры спекания: 1140, 1150, 1160 и 1170 °С;
- 2) температуры термической обработки: 500 и 1000 °С;
- 3) содержание легирующих компонентов: 1 и 2% масс.

Физические характеристики полученных магнитов были измерены на электронном флюксметре EF-5 и на гистерезисографе PERMAGRAPH® C300.

Полученные в ходе исследований данные в полной мере устанавливают зависимости между технологическими параметрами изготовления магнитов на основе Nd-Fe-B и требуемыми характеристиками.

ОЦЕНКА МУЛЬТИПЛИЦИРУЮЩИХ СВОЙСТВ LWR НА ДИСПЕРСИОННОМ ТОПЛИВЕ

Шаманин И.В., Беденко С.В., Кнышев В.В.
Томский политехнический университет,
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: vyk28@tpu.ru

На сегодняшний день в России технологии, связанные с реализацией ториевого топливного цикла инновационны, технически и экономически не проработаны, и сопряжены со значительными финансовыми вложениями и рисками. Однако, учитывая потенциальные возможности ториевого цикла, длительность этапа освоения и внедрения новых ядерных технологий, существует необходимость в работах по выбору оптимального варианта использования тория как в действующих, так и в инновационных конструкциях реакторных установок [1].

В работе проведен анализ информационных материалов об использовании тория как топливного элемента в LWR, так же показана необходимость в корректировке и подготовке ядерных данных, используемых в расчетах [2].

Представлены результаты расчетных исследований мультиплицирующих свойств элементарной ячейки и топливной сборки LWR с топливной таблеткой ВГТРУ [1].

Результаты расчетной оценки показали возможность эффективного использования такой замены, при этом количество делящегося материала в 2,45 раза меньше, в сравнении со штатной загрузкой LWR. Кампания топлива составляет ~1800 эфф.сут, глубина выгорания ~77 ГВт сут/т. Исследования и численные эксперименты выполнены с привлечением верифицированного расчетного кода программы MCU5 [3], современных библиотек оцененных ядерных данных и многогрупповых приближений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Shamanin I. V. , Bedenko S. V. , Chertkov Y. B. , Gubaydulin I. M. Gas-Cooled Thorium Reactor with Fuel Block of the Unified Design // Advances in Materials Science and Engineering. - 2015 - Vol. 2015, Article number 392721. - p. 1-8.
2. Plevaka M. N. , Bedenko S. V. , Gubaydulin I. M. , Knyshev V. V. Neutron-physical studies of dry storage systems of promising fuel compositions // Bulletin of the Lebedev Physics Institute. - 2015 - Vol. 42 - №. 8. - p. 240-243
3. Oleynik D 2015 The Monte Carlo estimation of an effect of uncertainties in initial data on solving the transport equation by means of the MCU code Phys. of Atom. Nucl. Vol. 78 p. 1194–1199.

Секция
**АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАТИЗАЦИЯ
ТЕХНОЛОГИЙ И ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ
ОТРАСЛИ**

МОДЕЛЬ УПРАВЛЯЕМОГО ПЕРЕХОДА СЕТЕЙ ПЕТРИ

Ахлюстина О.Н., Крушный В.В.

*Снежинский физико-технический институт НИЯУ МИФИ, 456776,
г.Снежинск Челябинской обл., ул.Комсомольская, 8,
e-mail:zay_74@list.ru*

Работа посвящена разработке программы моделирования поведения дискретных динамических систем управления. За основной математический аппарат дискретно-событийного моделирования взяты сети Петри.

Под сетью Петри понимается четвёрка $N = (P, T, R, \mu_0)$, где $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ - конечное множество позиций, $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$ - конечное множество переходов, R - бинарное отношение на $P \cup T$, которое соответствует дугам двудольного графа с множеством вершин $P \cup T$, то есть $R \subseteq P \times T \cup T \times P$. Начальное маркирование μ_0 - это функция $\mu_0: P \rightarrow \{0, 1, \dots\}$, которая ставит в соответствие каждой позиции определённое число меток. Маркирование можно представить вектором $\mu = \{\mu(p_1), \mu(p_2), \dots, \mu(p_n)\}$, где n число позиций сети, а $\mu(p_i)$ равно значению функции маркирования в i -й позиции.

Обычным образом в определённой сети Петри событие происходит при выполнении всех входных для него условий и изменение маркировки сети по входным и выходным инцидентиям одновременно. Если же при какой-то разметке могут сработать несколько переходов, то решение о запуске переходов, должно приниматься вне формализма сети.

К тому же, описываемые этими сетями процессы являются асинхронными. Изменение разметки сети происходит в результате завершения какого-либо процесса, то есть в совершенно конкретный момент времени, однако время в сетевой модели никак не фигурирует.

Рассмотренные варианты расширения сетей Петри с попытками введения времени в формализм сети основаны на структурных изменениях сети, к тому же громоздки и малоэффективны.

Поэтому предлагается концепция управляемого перехода, где изменение разметки сети по входу и выходу перехода производится раздельно по времени. Управляемость перехода сразу влечёт за собой синхронизацию функционирования сети, что, в общем случае, и требуется.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крушный В.В. Сети Петри при управлении параллельными взаимодействующими процессами. - Deutschland, Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012.-217с

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕПАРАЦИИ ПАРА В ПАРОГЕНЕРАТОРЕ ПГВ-1000М В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ ANSYS

Балалаев А.В., Горбунов В.А.

*Ивановский государственный энергетический университет им. В.И.
Ленина, 153003, г.Иваново Ивановской обл., ул.Рабфаковская,34
e-mail: office@ispu.ru*

Объектом исследования является парогенератор ПГВ-1000М, преобразующий питательную воду в состояние насыщенного пара. Актуальным вопросом является эффективность преобразования воды в пар, которая определяется степенью сухости пара на выходе из парогенератора.

Целью работы является разработка модели и расчетно-экспериментальное исследование сепарационного устройства данного парогенератора.

В ходе проделанной работы исследуется эффективность работы пароприемного дырчатого листа (ПпДЛ).

С завода – изготовителя «ЗиО – Подольск» были получены чертежи [2], по которым была построена твердотельная модель парового пространства рассматриваемого парогенератора.

Так как пакет ANSYS очень требователен к ресурсам компьютера во время построения расчетной сетки, паровое пространство ПГВ-1000М разбивается на участки и рассматривается только один из них.

В качестве упрощения не учитывается теплообмен со стенками корпуса парогенератора. Рассматривается только движение пара с зеркала испарения через сепарационное устройство (ПпДЛ) до выхода из парогенератора.

Результаты расчетов при моделировании сравнивались с результатами эксперимента, проведенного на одном из энергоблоков АЭС с реактором ВВЭР-1000, что показало хорошее совпадение. Предложенная модель может использоваться для усовершенствования процесса сепарации влаги внутри парогенератора ПГВ-1000М и для повышения эффективности его работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основное оборудование АЭС с корпусными реакторами на тепловых нейтронах: учебник / С.М. Дмитриев [и др.] – М.: Машиностроение, 2013. – 415с.; ил.
2. Чертеж ПГВ-1000М («ЗиО – Подольск»);
3. Основы 3-моделирования. Изучаем работу в AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor. – СПб.: Питер, 2013 – 304 с.: ил.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ В ПЕЧИ КАРБОТЕРМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА В ПРОЕКТЕ «ПРОРЫВ»

Брыляков Н.С., Ливенцов С.Н.

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: nsb3@tpu.ru*

Получение смешанного U-Pu топлива для реакторов на быстрых нейтронах в проекте «ПРОРЫВ» предполагается производить методом карботермического синтеза в садочной печи. Важным фактором, влияющим на качество конечного продукта, является поддержание требуемой скорости нагрева и охлаждения, а также стабильной температуры в реакционной зоне печи в процессе синтеза.

Для реализации этого требования необходимо введение системы автоматического управления, позволяющей обеспечивать требуемый температурный режим при действии различных возмущающих воздействий.

Синтез системы автоматического управления производится на основании модели объекта. В качестве исходных данных для разработки модели печи были использованы экспериментальные данные теплового режима реального процесса карботермического синтеза полученные сотрудниками АО «ВНИИНМ».

В результате предложено описать процесс дифференциальным уравнением второго порядка. Определены коэффициенты уравнения. Компьютерное моделирование показало, что отклонение расчетных данных от результатов эксперимента не превышает 2%.

Также был предложен закон управления и определены его параметры, обеспечивающие поддержание температуры, в соответствии с требованиями к системе управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. М.В. Скупов, А.Е. Глушенков и др. Исходные требования на разработку оборудования промышленной фабрикации смешанного уран-плутониевого нитридного топлива. / ОАО «ВНИИНМ», М.:, 2013 г. инв. № 311/787
2. Дядик В.Ф. Теория автоматического управления: учебное пособие/ В.Ф. Дядик, С.А. Байдали, Н.С. Креницын; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011 – 76 с.
3. Макеева И.Р., Симоненко В.А., Шульц О.В., Соколов В.П., Пешкичев И.В., Белоногова Е.А., Новаковская С.А., Куприянец Т.А. Отчет о НИР по теме: «Разработка моделей пирохимического выделения целевых компонентов и процессов фабрикации/рефабрикации нитридного U-Pu топлива. Этап 2015-2016 гг.» / ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академ. Е.И. Забабахина»

РЕАКТОРЫ ДЛЯ АЭС БУДУЩЕГО

Бугрина В.С.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,

г.Северск Томской обл., пр.Коммунистический, 65,

e-mail: vbugrina@mail.ru

На данный момент времени Россия единственная страна в мире, которая может внедрить в структуру атомной энергетики реакторы на быстрых нейтронах (БН). На Белоярской АЭС впервые на полную мощность был выведен уникальный четвертый энергоблок станции с реактором на быстрых нейтронах БН-800, прототип более мощных коммерческих быстрых энергоблоков, которые, как считается, необходимы для развития атомной энергетики будущего, эффективного решения ее сырьевых и экологических задач. На блоке проходят испытания, необходимые для начала его промышленной эксплуатации. До этого было проведено опробование различных режимов работы оборудования реакторной установки, показавшее близость эксплуатационных параметров проектным, подтверждена высокая эффективность систем безопасности. Проект БН-800 на сегодняшний день — это самый совершенный, полностью обоснованный проект быстрого реактора в мире. Он разработан на основе конструкции реактора БН-600 с введением существенных улучшений, направленных на повышение безопасности и экономичности. По экономичности БН-800 приблизился к наиболее распространенным в российской атомной энергетике реакторам на тепловых нейтронах ВВЭР, обладая при этом уникальными, характерными для быстрого реактора качествами по эффективному замыканию топливного цикла. Именно отработка технологий топливного цикла на базе уран-плутониевого МОКС-топлива является главной задачей БН-800. После ввода в эксплуатацию БН-800 стал вторым после БН-600 действующим энергетическим реактором на быстрых нейтронах в мире.

Однако с учетом повышения требований к конкурентоспособности атомной энергетики ведется дальнейшая оптимизация конструкции реакторной установки и проектных решений по энергоблоку с целью сокращения количества и материалоемкости оборудования и систем, уменьшения строительных объектов. И ряд таких решений в настоящее время прорабатывается более детально с целью введения соответствующих изменений в проект.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВРЕМЯПРОЛЕТНЫХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЙ В ИМПУЛЬСНОЙ РЕФЛЕКТОМЕТРИИ ПЛАЗМЫ

*Буровенская С., Шарнин А.В., Лобес Л.А., Степанченко Е.К.
Томский политехнический университет
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050
e-mail: spb6@tpu.ru ; blog_27@list.ru*

Импульсная рефлектометрия плазмы является одним из перспективных методов измерения параметров высокотемпературной плазмы на установках управляемого термоядерного синтеза [1]. Для реализации времяпролетных измерений требуется осуществить привязку к переднему фронту отраженного импульса при изменении амплитуды и формы последнего. Традиционным подходом осуществления привязки является использование формирователей со следящим порогом (ФСП) [2]. При этом в современных режимах удержания плазмы повышается вероятность нарушения условий применимости традиционных методов привязки. Потребность в достижении требуемой точности времяпролетных измерений при нарушении условий применимости традиционных методов привязки определяет актуальность исследования закономерностей изменения амплитуды и формы отраженных сигналов.

В работе представлены результаты модельных исследований применимости традиционных методов привязки к фронту отраженного внутри плазмы импульса: метод полной фракции, метод компенсации амплитуды и времени нарастания, метод привязки ко второй производной [2]. Выполнено количественное описание области существования решений для исследуемой модели. Оценена эффективность традиционных методов привязки к фронту отраженного импульса. Исследована зависимость времени пролета, формы и амплитуды детектируемого отраженного импульса в зависимости от изменения параметров используемой модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. C. Laviron, A. J. H. Donne, M. E. Manso, J. Sanchez. Reflectometry techniques for density profile measurements on fusion plasmas. Plasma Phys. Control. Fusion 38, 1996, 905–936pp.
2. Е. А. Мелешко. Наносекундная электроника в экспериментальной физике. – М.: Энергоатомиздат, 1987–210 с.

МАТ-СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕРМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СУБЛИМАЦИИ ГЕКСАФТОРОСИЛИКАТА АММОНИЯ

*Бурцев А.Ю., Бутько Ю.Г., Дьяченко Л.В.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
E-mail: fedinas@sibmail.com*

Как известно, в ходе проведения любых исследований большое значение имеет необходимая и своевременная мат-статистическая обработка результатов. Так, полученные анализы могут содержать как систематические, так и случайные ошибки, что впоследствии может привести к некорректной интерпретации результатов.

Особенно важна мат-статистическая обработка результатов исследований при подготовке полученных массивов экспериментальных данных для проведения математического моделирования, поскольку любое выпадающее значение может в значительной степени исказить математическую модель и сделать ее непригодной для достоверного описания исследуемой системы.

Ранее на базе СТИ НИЯУ МИФИ и НИ ТПУ проводились термические исследования сублимации гексафторосиликата аммония (ГФСА), основная часть которых состояла из серий пассивных экспериментов на совмещенном ТГА/ДСК/ДТА анализаторе SDT Q600. Поскольку условия проведения экспериментов не позволяли осуществлять их дублирование, единственным способом обнаружения наличия ошибок являлось использование комплекса методов мат-статистической обработки результатов.

В докладе рассматривается применение различных методов мат-статистической обработки при проведении термических исследований сублимации ГФСА, а также их значимость для правильной передачи данных при формировании математической модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федин А.С., Ожерельев О.А. Методология исследований сублимационной очистки фторидов. // Изв. вузов. Физика. 2013г. т. 56., № 4/2 , с.312-320.
2. Федин А.С., Ворошилов Ф.А., Кантаев А.С., Ожерельев О.А. Исследование процесса сублимации гексафторосиликата аммония. // Известия Томского политехнического университета. 2013г. т. 323. № 3. с..23-27.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГИИ АКТИВАЦИИ СУБЛИМАЦИИ ГЕКСАФТОРОСИЛИКАТА АММОНИЯ

Бурцев А.Ю., Бутько Ю.Г., Дьяченко Л.В.

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

E-mail: fedinas@sibmail.com

Одним из методов определения энергии активации сублимации является метод, основанный на изменении массы Δm от температуры T протекания процесса, при этом сама энергия активации E определяется по формуле:

$$E = \operatorname{tg} \varphi \cdot R,$$

где φ – угол наклона прямолинейной зависимости $\ln \left[\ln \frac{100}{100 - \Delta m} \right]$ к оси обратной температуры $\frac{1}{T}$;

R – универсальная газовая постоянная ($8,314 \cdot 10^{-3}$ кДж/(моль·К)).

Поскольку при проведении исследований температурного режима сублимации гексафторосиликата аммония (ГФСА) было выявлено влияние различных параметров (таких как скорость нагрева, высота слоя образца в испарителе, геометрия испарителя и т.д.) на проведение данного процесса, было решено провести исследование зависимости значений энергии активации от указанных параметров, при этом для расчета энергии активации был использован указанный выше метод определения.

В докладе рассматриваются полученные результаты исследований энергии активации ГФСА, отражены выводы по зависимости величины энергии активации ГФСА от параметров проведения сублимации и испарителя, приводятся рекомендации по совершенствованию сублимационного оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федин А.С., Ожерельев О.А. Методология исследований сублимационной очистки фторидов. // Изв. Вузов. Физика. 2013г. Т. 56., № 4/2, с.312-320.
2. Федин А.С., Ворошилов Ф.А., Кантаев А.С., Ожерельев О.А. Исследование процесса сублимации гексафторосиликата аммония. // Известия Томского политехнического университета. 2013г. Т. 323. № 3. С.23-27.
3. Лобаненко А.И., Фомичева М.С. Определение энергии активации сублимации гексафторосиликата аммония. // VI Школа-конференция молодых атомщиков Сибири: сборник тезисов докладов, 14-16 октября 2015г., г. Томск, Изд. СТИ НИЯУ МИФИ, с.23.

МОДУЛЬ УЧЕТА НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

*Валитов С.Н., Истомин А.Д., Носков М.Д., Чеглоков А.А.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: valitovstas@yandex.ru*

Для предприятия ведущего добычу урана методом скважинного подземного выщелачивания (СПВ) учет состояния насосного оборудования является важной задачей. Так как каждая откачная скважина должна быть оснащена насосным агрегатом, который состоит из двигателя и погружного насоса, а количество скважин на геотехнологическом предприятии достигает нескольких сотен. Насосные агрегаты должны работать круглосуточно в течение длительного времени, а ремонт и замена насосного оборудования должны занимать минимальное время. В противном случае прерывается технологический процесс добычи урана, что приведет к снижению прибыли предприятия. Для повышения эффективности управления за движением насосного оборудования на геотехнологическом предприятии целесообразно использовать современные информационные технологии.

В настоящей работе представлен модуль учета насосного оборудования, предназначенный для ввода, редактирования, анализа и визуализации данных, а также формирования отчетной документации о работе насосного оборудования. Модуль создан на основе клиент-серверной архитектуры и входит в состав информационной системы добычного комплекса. В роли сервера выступает реляционная база данных под управлением системы управления базами данных Microsoft SQL Server 2014 Express.

Модуль учета насосного оборудования позволяет работать с данными, характеризующими движение насосного оборудования на предприятии (приход насосного оборудования на склад; изъятие со склада и привязка технологического идентификатора; утилизация насосного оборудования; формирование или расформирование насосных агрегатов; монтаж или демонтаж насосных агрегатов из скважин и т.д.). Также при помощи модуля пользователь может просматривать служебные данные, характеризующие наработку насоса или двигателя; количество аварийных ситуаций; причины неисправности оборудования; рекомендации по соответствию марок двигателей и насосов. Модуль позволяет генерировать отчет в MS Excel, содержащий статистические данные по наработке насосных агрегатов.

ИНСТРУМЕНТАРИЙ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУР

Варламов И.А., Годовых А.В.

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: xxxhxxx16@gmail.com*

Нанотехнологии – ключевое понятие 21-ого века. Под ним понимается совокупность устройств и систем, методов и приемов, включающих целенаправленный контроль и управление строением, химическим составом и характером взаимодействия между составляющими элементами в нанодиапазоне. Целью процессов, связанных с нанотехнологиями является улучшение свойств и характеристик объекта или получение новых.

Одним из приоритетных направлений развития такого рода технологий является синтез углеродных наноструктур. В настоящее время широко известны такие как фуллерен, графен, и углеродные нанотрубки. Во многих лабораториях мира ведутся исследования по возможности их применения. Одними из многообещающих применений подобного рода материалов является создание разветвленных наноструктур, функционирующих как полупроводниковый транзистор, уничтожение раковых стволовых клеток и быстрое удаление радиоактивных веществ из загрязненной воды с помощью микроскопических хлопьев.

Разработка совершенного инструментария для реализации процессов расчета, обеспечения визуализации в совокупности с соответствующим информационным сопровождением открывает новый спектр возможностей в области моделирования и создания интересных структур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Елецкий А В "Углеродные нанотрубки" УФН 167 945–972 (1997).
2. Мищенко С.В., Ткачев А.Г. Углеродные наноматериалы. Производство, свойства, применение. – М: Машиностроение, 2008. – 320с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ПОДЛОЖКИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МНЕМОСХЕМ АРМ ОПЕРАТОРА

Гимазова Ю.У.¹, Агеев А.Ю.¹, Лебедев В.О.²

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

²*ООО «УМИКОН», 111024, г.Москва, ул.Авиамоторная, 50, стр.1
e-mail:Gimazovay@gmail.com*

Задача АРМ заключается в обеспечении взаимодействия оператора с системой управления. Для решения этой задачи АРМ оператора должны отвечать требованиям эргономичности, эффективного представления информации, простоты и удобства работы.

Необходимая оператору информация в SCADA-системах отображается на мнемосхемах. Для создания мнемосхем большинство современных SCADA-пакетов предоставляют следующие возможности: инструментарий для создания простых объектов (кнопки, текст, геометрические фигуры), библиотеки объектов, редактор для создания изображений (создание и редактирование объектов, создание статической части мнемосхемы), возможность загрузки готовых изображений (в том числе использование фотографий реальных объектов), поддержка анимации.

Некоторые производители расширяют возможности своих SCADA-пакетов, создавая новые функции, которые позволяют разрабатывать более удобные и эффективные АРМ. Так компания УМИКОН в составе своего комплекса программного обеспечения МикСИС в пакете «Display», предназначенного для разработки и редактирования мнемосхем, предоставляет возможность вывода на мнемосхему видео с камер в режиме реального времени. Для связи с источником видео достаточно ввести его сетевой адрес или выбрать подключенную к ПК камеру. Видео можно вывести в отдельном окне на мнемосхеме, как один из её элементов, или при помощи данной функции можно создавать мнемосхемы с динамической подложкой, используя в качестве подложки транслируемый видеопоток, а остальные элементы наносить поверх него.

Использование видеоподложки с точки зрения разработки АРМ позволяет сократить время создания мнемосхем (нет необходимости в создании статической подложки) и уменьшить число элементов, наносимых на мнемосхему. С точки зрения процесса управления непосредственная визуализация управляемого объекта на мнемосхеме позволяет оператору проводить более полную оценку его состояния и следить за изменениями окружающего объект пространства.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРЯМОГО ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ НИКЕЛЯ ИЗ ВОДНО-СОЛЕОРГАНИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИЙ

Говяшов И.А, Тундешев Н.В., Каренгин А.Г.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: Svengdir@gmail.com

Современные источники питания требуют таких характеристик, как малые габариты, прочность и длительность эксплуатации, чему полностью удовлетворяют бетавольтаические батареи на основе бета-изотопа Ni^{63} . Основными методами получения порошков никеля являются электролиз никельсодержащих растворов (НСР) или термическое разложение карбонила никеля. Такие методы сложны, многостадийны и требуют непомерно высоких затрат энергии (до 17-20 МДж/кг). Плазмохимический метод получения металлических порошков никеля из НСР является одностадийным, обеспечивает высокую скорость получения чистого продукта, позволяет задавать морфологию частиц, а также, экологически безопасен [1]. К его недостаткам следует отнести: высокие затраты электроэнергии (до 4 МВт·ч/т) и невозможность прямого получения из НСР никелевых порошков. Существенное снижение затрат электроэнергии (до 0,1 МВт·ч/т) и возможность прямого получения никелевых порошков может быть достигнуто при обработке НСР в воздушной плазме в виде оптимальных по составу диспергированных водно-солеорганических композиций (ВСОК) [2].

В результате проведенных расчетов определены составы ВСОК и режимы, обеспечивающие энергоэффективную плазменную обработку НСР и прямое получение в воздушной плазме никеля в конденсированной фазе.

С учетом полученных результатов проведены экспериментальные исследования на имеющемся плазменном стенде и получены при рекомендованных режимах опытные образцы нанодисперсных порошков никеля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Туманов Ю. Н. Плазменные и высокочастотные процессы получения и обработки материалов в ядерном топливном цикле: настоящее и будущее. – М.: «Физматлит», 2003. – 759с.
2. Karengin A. G., Karengin A. A., Podgornaya O. D., Shlotgauer E. E. Complex utilization of processing wastes in air plasma of high-frequency torch discharge // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2014. - № Article number 012034. - P. 1-6.

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ СХЕМ ВСКРЫТИЯ ПОЛИГОНОВ СКВАЖИННОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ УРАНА

*Гуцул М.В., Истомин А.Д., Носков М.Д., Чеглоков А.А.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036, г.
Северск, Томской обл., пр.Коммунистический, 65, nmd@ssti.ru*

Эффективность процесса подземного выщелачивания зависит от большого числа природных и технологических факторов. Геотехнологические и финансово-экономические показатели эффективности отработки блока зависят от выбора типа схемы расположения технологических скважин, расстояний между скважинами в рядах и расстояний между рядами (для рядных схем), расстояний между скважинами (для ячеистых схем), режимов работы скважин. Для выбора оптимальных схем вскрытия целесообразно использовать специализированное программное обеспечение.

В настоящей работе представлено программное обеспечение, позволяющее осуществлять построение и оптимизацию схем вскрытия залежей урана. Исходными данными для проектирования являются: геолого-математическая модель залежи, включающая распределения эффективной мощности и метропроцента; тип и параметры технологических ячеек. Построение схем вскрытия может осуществляться в автоматическом или ручном режиме. В автоматическом режиме построение осуществляется с помощью разработанных алгоритмов автоматического построения. Алгоритмы позволяют создавать рядные и ячеистые схемы вскрытия, адаптированные под контур планируемой к отработке области вскрытия. Расчет геотехнологических параметров и прогнозных геотехнологических показателей отработки блока осуществляется на основе многофакторной модели отработки, описывающей взаимодействие выщелачивающих растворов с минералами и рудовмещающей породой. Финансово-экономические параметры рассчитываются на основе экономической модели, учитывающей капитальные и эксплуатационные затраты на сооружение и отработку блока. Оптимизация схем вскрытия осуществляется путем поиска экстремума целевых функций методом градиентного спуска. Целевыми функциями являются: время, отношение Ж/Т (отношение объема рабочих раствором к горнорудной массе блока) для заданной степени отработки блока, степень вскрытия запасов, себестоимость добычи урана, а также их комбинация.

ВЫСОКОУРОВНЕВЫЙ ПРОТОКОЛ УПРАВЛЕНИЯ И КОНФИГУРИРОВАНИЯ СИСТЕМ СБОРА ДАННЫХ УСТАНОВКИ ТОКАМАК

*Дериглазов А.А., Павлов В.М., Голобоков Ю.Н.
Национальный исследовательский Томский политехнический
университет, Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050
E-mail: daa424@yandex.ru*

Осуществление реакции термоядерного синтеза на установках типа токамак возможно только при использовании современных методов и средств автоматизации. Системы управления технологическим процессом (СУТП), реализованные на основе современных средств микропроцессорной техники и новых информационных технологий, обеспечивающие решение задач комплексной автоматизации, являются неотъемлемой частью термоядерных установок. Требуется объединение многочисленного оборудования в единый комплекс и создание условий обеспечения как безопасности работы персонала и сохранности техники, так и гибкости управления в сочетании с представлением полной информации о режимах работы, состоянии оборудования и проводимых экспериментах.

В этой связи особое внимание следует уделить организации связи между функциональными модулями системы. Целью настоящей работы является разработка программного обеспечения канала связи устройств автоматизации КТМ, подключенными по последовательным интерфейсам и функционирующими под управлением микроконтроллера. Обмен информацией между функциональными модулями АСУТП осуществляется с использованием протокола собственной разработки «TICS». Он позволяет передавать команды, сообщения об авариях и ошибках, а также осуществлять запись и чтение виртуального адресного пространства устройства с адресацией вплоть до 64 бит.

Главными отличительными особенностями данного протокола являются: надежность доставки, поддержка 64 битной адресации в пределах одной станции, поддержка 5 различных типов пакетов, максимальный размер переменной 63 байта, поддержка широковещательных передач.

Результатом работы является программная реализация сервера протокола «TICS» адаптированная для исполнения в устройстве на основе микроконтроллера и учитывающая его ограничения по объему памяти и вычислительной мощности.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УЗЛА ГИДРОФТОРИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ГЕКСАФТОРИДА УРАНА

Забанов А.С., Криницын Н.С.

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

На СЗ АО «СХК» в рамках создания нового конверсионного производства планируется ввод в постоянную эксплуатацию узла гидрофторирования. Схема получения гексафторида урана с предварительной обработкой исходной закиси-окиси урана газообразным фтористым водородом значительно уменьшает расход дорогостоящего элементарного фтора, по сравнению с применяемой в нашей стране схемой с прямым фторированием, что экономически выгодно и оправдывает ее конструктивное усложнение.

В данной работе были произведены исследования взаимодействия фтороводорода с закисью-окисью урана, гидродинамики взвеси и газа и тепловых процессов, происходящих в аппарате. На основании этого были разработаны пространственно-распределенная модель гидрофторатора по высоте реторты и сосредоточенная модель испарителя фтороводорода. Модель содержит уравнение закона действующих масс для описания кинетики взаимодействия веществ, уравнения скоростей твердых частиц и газа при противоточной их подаче и уравнение распределения температуры по всей длине аппарата, учитывая теплообмен с его стенками.

Для проверки адекватности модели узла гидрофторирования рассчитывалась относительная доля фтора в твердых частицах на выходе реторты аппарата гидрофторирования, которая отличается от значений на действующей установке не более чем на 10%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чулков Н.А. Исследование взаимодействия закиси-окиси урана с фтористым водородом [Текст] : дис. ... канд. техн. наук / Чулков Николай Александрович. – Томск, 1973. – 118 с.
2. Фролов, А. Г. Исследование процесса улавливания фтора, фтороводорода и гексафторида урана из хвостовых технологических газов сублиматного производства в реакторе комбинированного типа на окислах урана [Текст] : дис. ... канд. техн. наук / Фролов Александр Гаврилович. – Томск, 1973. – 197 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КРАНА ГИБКОЙ ПОДВЕСКИ

Карманова А.В., Гриценко И.В., Филипас А.А.

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г.Северск, Томской обл., пр.Коммунистический, 65,
e-mail:anushta96@yandex.ru., biboev89@list.ru*

Развитие техногенной сферы приводит к созданию новых технических решений и технологий в области транспортных систем. Одним перспективных видов грузоподъемной техники являются краны гибкой подвески (КГП), которые представляются наиболее эффективными, а иногда и единственными средствами в особых условиях эксплуатации. КГП реализуют по N-точечным схемам, от двух до четырёх и в особых случаях большее число опор. Для того чтобы определить связь положения объекта и длин подвесов, была разработана математическая модель на основе системы уравнений сфер с центрами в вершинах мачт, общая точка сфер – точка подвеса груза. Движение подвеса в пространстве определяется множеством решений системы уравнений, и выражается по координатным приращением длин подвесов. Таким образом изменение длин подвесов осуществляется работой электропривода лебедок в режимах по координатного и согласованного движения. Реальная кинематическая система КГП содержит большое число нелинейных элементов, для их учёта предложена модель коррекции геометрических параметров кинематической схемы. В соответствии с принятой кинематической схемой в математической модели производится разложение вектора тяги подвеса по базисам. При числе мачт более трёх в системе уравнений возникают связанные вектора, поэтому при разложении используются промежуточные вектора принадлежащие плоскости «подвес-вершины мачт», далее промежуточный вектор раскладывается на реальные базисы. Число мачт равно двум, вырождает трёхмерную систему координат до плоскости, а число уравнений до двух. Математическое моделирование КГП проводится методом имитационного структурного моделирования. Полученные модели позволяют произвести статические расчёты и при необходимости перейти к описанию системы в пространстве состояний.

Изготовлена физическая модель трёхопорного КГП, которая работает в ручном режиме при последовательном перемещении координат, предусмотрено управление от ЭВМ.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГЕРМЕТИЧНОЙ СИНХРОННОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ МОЩНОСТЬЮ 5000 ВТ

Кремлев И.А., Леонов С.В.

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: ivankremlyov@mail.ru*

Известно, что применение машин и аппаратов герметического типа позволяет коренным образом улучшить и создать новые прогрессивные химико-технологические процессы, отличающиеся непрерывностью, меньшими затратами и существенным улучшением условий труда. Сегодня разработка трехмерных моделей электрических машин является актуальной задачей. При анализе конструкций герметичных дисковых электрических машин необходим точный учет наличия большого воздушного зазора, несимметрии магнитной цепи, влияния ее насыщения (ярма и полюсов статора) на выходные характеристики и т.п. Расчет распределенных характеристик поля обусловлен дороговизной и дефицитностью используемых материалов, а также потребностью в разработке принципиально новых конструкций, подлежащих детальному исследованию. В случае проектирования герметичных приводов нарушается, как правило, привычная схема выбора двигателя. Лишь изредка удается подобрать готовый электромеханический преобразователь, удовлетворяющий в определенной степени поставленным требованиям. Более типичная ситуация – разработка герметичного двигателя для конкретного механизма. Поэтому большой интерес представляет выяснение потенциальных возможностей исследуемого типа систем в широком диапазоне изменения геометрии активной зоны и используемых конструкционных материалов. Таким образом, проектирование герметичных дисковых электрических машин возможно только на основе компьютерной модели, которая сочетает в себе алгоритмы оптимизации с методами расчета и анализа трехмерного магнитного поля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леонов С.В., Жиганов А.Н., Кербель Б.М., Фёдоров Д.Ф., Макасева Ю.Н., Кремлёв И.А. Анализ влияния геометрии постоянных магнитов на энергоэффективность электромеханических систем // Известия высших учебных заведений. Физика. 2016. Т. 59. № 2. С. 126-130.
2. Леонов С.В., Агеев А.Ю., Мельничук О.В. Электродвигатель герметичного исполнения для привода механизмов в химически агрессивной среде // Сборник научных трудов VII Международной научной конференции молодых ученых, НГТУ. 2015. С. 44-48.

СПОСОБ ЭКСПРЕСС ДИАГНОСТИКИ МАГНИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАГНИТОПРОВОДОВ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Кривошеева Е.А.

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленин, 30
e-mail: krivosheeva.zhenya@yandex.ru*

При изготовлении магнитопровода необходимо учитывать, что исходные свойства магнитных материалов изменяются под силовым, тепловым воздействием технологической среды и инструментов. Контроль магнитных свойств заготовок позволяет обнаружить дефекты на различных этапах технологического процесса и корректировать параметры, учитывая результаты контроля.

Для решения проблемы контроля магнитных свойств необходимы быстродействующие приборы диагностики магнитных характеристик. Методы магнитной дефектоскопии заключаются в намагничивании ферромагнитных изделий и дальнейшей регистрации магнитных полей. Различают несколько методов диагностики: магнитопорошковая, индукционная, феррозондовая и магнитографическая дефектоскопия.

Восстанавливая намагниченность материала по данным характеристик магнитного поля потоков рассеяния, можно получить «грубую» оценку качества изготовления магнитопровода и всего электродвигателя в целом.

Таким образом, использование данного способа экспресс-диагностики позволит обнаружить недопустимые дефекты и определить этап, на котором была нарушена технология производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Муравлев О.П., Леонов С.В., Полуин Д.В., Фокин В.В. Численное исследование проблем концентрации магнитного потока для синтеза высокоэффективных магнитных систем // Проблемы информатики. 2012. № 5 (17). С. 30-35.
2. Леонов С.В., Жиганов А.Н., Кербель Б.М., Фёдоров Д.Ф., Макасеев Ю.Н., Кремлёв И.А. Анализ влияния геометрии постоянных магнитов на энергоэффективность электромеханических систем // Известия высших учебных заведений. Физика. 2016. Т. 59. № 2. С. 126-130.

ИНФОРМАТИЗАЦИЯ АТОМНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ О ЕГО СИСТЕМАХ АВТОНОМНЫМИ ДАТЧИКАМИ

*Кугергин В.В., Кузьминых Н.М., Миннебаев М.Р.
Казанский национальный исследовательский университет им.
А.Н.Туполева-КАИ, Казань РТ, ул. Толстого 15
e-mail: kugerginnirs@gmail.com*

Данная обзорная статья нацелена на создание автономных систем контроля технических процессов атомной промышленности, дабы помочь в сборе информации о происходящих процессах и о состоянии оборудования (износ, амплитуда и частота вибраций, влажность, температура и др.). В статье описаны два способа реализующих энергопитание систем контроля, обработки данных и передачи полученной информации всевозможными способами радиосвязи с ЭВМ или системой индикации. Результатом считаю концепцию о создании полноценных автономных систем с уже существующими компонентами изделия. С течением времени в атомной отрасли всё больше появляются методы работы, связанные с системами контроля вибраций, влажности и многое другое вплоть до отпугивания вредителей. Для этих целей используют специализированные датчики, устройства обработки информации и каналы передачи информации. Собрав необходимую систему, встаёт вопрос об энергообеспечении (альтернативном).

В настоящее время понятие «альтернативные источники электроэнергии» получило множество новых ответвлений в области энергогенерации. Получили развитие методы генерации электроэнергии из паразитных явлений всевозможных повседневных, бытовых и производственных процессах.

Преобразование паразитных колебаний электроустановок можно классифицировать как ветвь в развитии альтернативной энергетики для питания беспроводных датчиков и систем автоматического управления технологических процессов. Например, одним из представителей данной отрасли является сборщик энергии вибраций от Mide Technology [1].

Устройство по сбору вибраций основано на прямом эффекте пьезоэффекта, т.е. от вибраций, деформации пьезоэлемента на его электродах образуются заряды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бугаев В., Дидук В., Мусиенко М. Сборщики энергии вибраций от Mide Technology приходят на смену батарейкам// Новости электроники.2015.№7.С.5–9.

РАЗРАБОТКА АНАЛИТИЧЕСКОЙ ПРОГРАММЫ ДАННЫХ СВРК

Кузнецова М.Е., Беденко С.В.

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск,
пр. Ленина, 30, e-mail: mek4@mail.ru*

Для оптимизации работы при проведении анализа данных СВРК (системы внутриреакторного контроля), полученных при выполнении динамических испытаний, а именно отключение одного ГЦН (главный циркуляционный насос) из четырех работающих реакторной установки типа ВВЭР-1000, была осуществлена разработка приложения, которое бы позволило значительно сократить затрачиваемое на работу время.

Приложение создано для минимизации трудовых затрат при работе с огромным количеством однообразных данных. Для решения поставленной задачи был выбран пакет Matlab. Был создан основной М-файл с программой. Для организации диалога пользователя и программы был разработан графический интерфейс пользователя. Интерфейс пользователя создавался с использованием GUI системы Matlab и включает в себя как основное окно так и дополнительные. Окна имеют в своем составе кнопки, выпадающие меню, поля ввода вывода, таблицы и графики. Ввод исходных данных производится из файла Excel с формированием массива данных. По полученному массиву осуществляется построение графиков зависимости значений ККС от времени. Приложение содержит меню изменяемых параметров графика, для удобного редактирования. Для того чтобы избавиться от лишних рефлексов на графике, приложение имеет возможность аппроксимировать функцию с задаваемым коэффициентом аппроксимации. Так же созданное приложение может исследовать график на возрастание/убывание, результатом чего является таблица с значениями времени и значений ККС, при которых функция возрастает/убывает и график, на котором выводятся зеленые/красные точки возрастания/убывания функции. Для удобства работы, существует возможность построения нескольких графиков на одной числовой оси.

Таким образом разработанное приложение позволяет быстро и качественно производить анализ и обработку полученных в результате испытаний с СВРК данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. matlab.exponenta.ru

АНАЛИЗ ЗАМЫКАЮЩИХ СООТНОШЕНИЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРЕНОСА ПРОДУКТОВ ИСТЕЧЕНИЯ ПРИ МЕЖКОНТУРНЫХ ТЕЧАХ В РЕАКТОРАХ С ЖИДКОМЕТАЛЛИЧЕСКИМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ

*Кутлиметов А.Э., Чухно В.И., Усов Э.В., Лобанов П.Д.,
Прибатурин Н.А.*

*Новосибирский филиал Института проблем безопасного
развития атомной энергетики РАН, 630090, г. Новосибирск,
проспект академика Лаврентьева, дом 1*

В настоящее время на этапе проектирования реакторных установок активно применяются расчетные коды, которые моделируют различные процессы, связанные с эксплуатацией реакторных установок в номинальных, аварийных и переходных режимах.

Авария, связанная с потерей герметичности трубок парогенератора, является одним из событий нарушения нормальной эксплуатации реакторов с жидкометаллическим охлаждением. В результате разгерметизации трубок происходит истечение воды в контур теплоносителя за счет разницы давлений в водяном и жидкометаллическом контурах. Так же, как следствие значительного перепада давлений, точка кипения воды снижается, что приводит к образованию пароводяной смеси.

Целью данной работы является обзор и анализ существующих замыкающих соотношений, которые используются при моделировании транспорта продуктов истечения по контуру реактора. В работе представлены математическая модель, учитывающая гетерогенность, скоростную и температурную неравновесность среды, и различные корреляции для межфазного трения, зависящие от режима течения.

Рассмотренные соотношения были верифицированы на базе экспериментов по впрыску газа в тяжелый жидкометаллический теплоноситель, поставленных в ИТ СО РАН.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК И МОДЕРНИЗАЦИЯ ШАХТНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ ПЕЧИ

*Ливандовский А.В.¹, Кербель Б.М.¹, Кацнельсон Л.М.², Агеев А.Ю.¹,
Лихота Т.А.¹, Терещенко Е.В.¹*

¹Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,

636036, г.Северск, Томской обл., пр.Коммунистический, 65,

*²ООО НПП «Технологика», 344033, г.Ростов-на-Дону, Ростовская
обл., ул. Портовая, 303*

e-mail: lavpho@mail.ru

Лабораторная печь шахтного типа, используемая в эксперименте, является опытным оборудованием, на котором отрабатываются этапы технологического процесса непрерывного твердофазного синтеза (НТС) нанопорошков различного назначения. Среди особенностей конструктивного исполнения данной печи можно выделить относительно небольшие габаритные размеры, верхняя граница рабочего диапазона температур 1300 °С, возможность программного управления процессом выхода печи на рабочий режим и автоматического поддержания этого режима.

На данной печи проведен ряд экспериментов, целью которых было определение характеристик переходного процесса. Выявлена постоянная времени, подобраны коэффициенты регулирования.

Разработан специальный подвес, включающий в себя: сменную площадку для тиглей, канал подачи порошка, термопару для измерений температуры исследуемого материала. Данное приспособление позволило решить проблемы с тепловыми потерями и увеличением времени установления необходимого режима, которые возникали при подаче в камеру стандартным способом (поднятие крышки). Длина подвеса выбрана с учетом математического моделирования температурных полей в камере печи, так, чтобы материал находился в безградиентной температурной зоне [1].

Печь оснащена программно-аппаратным комплексом, позволяющим следить за изменением температуры в камере печи с рабочего места оператора, с целью дальнейшей обработки результатов.

В докладе рассматриваются переходные процессы, протекающие в печи, а также представлены конструктивные изменения, для достижения необходимых температурно-временных характеристик.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Моделирование температурных полей в рабочей камере технологической печи для синтеза РЗЭ» Б.М. Кербель, А.Ю. Агеев, Л.М. Кацнельсон и др.

МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

*Лихота Т.А. , Кербель Б.М. , Агеев А.Ю., Ливандовский А.В.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
г.Северск Томской обл., пр.Коммунистический, 65,
e-mail: Derusova92@mail.ru*

В современном мире с развитием технологий слово керамика воспринимается не только как изделия из глины для приготовления художественных работ, но и она приобретает название, как техническая керамика, к которой относят материалы, получаемые из оксидов, нитридов, карбидов и т.д.

Техническая керамика должна удовлетворять самым высоким требованиям к свойствам материалов, таким как износостойчивость, жаростойкость, стойкость к химическому воздействию, предел прочности на изгиб, электроизоляционные свойства, диэлектрическая прочность, твердость, устойчивость к коррозии [1].

В производстве чаще, чем любой другой высококачественный керамический материал используется глинозем или оксид алюминия (Al_2O_3). Он представляет собой кристаллический гигроскопичный порошок, состоящий из различных модификаций оксида алюминия и предназначенный для производства, электрокорунда, специальных видов керамики, огнеупоров, электрокерамических изделий, материалов электронной промышленности и катализаторов [2].

Для подбора надлежащего глинозема необходимо произвести отбор образцов для определения массовой доли влаги и физических свойств, а также произвести анализ для определения химических показателей и некоторых геометрических характеристик.

Существуют различные методы и приборы для измерения данных параметров. К ним относится дилатометрия, реология, гранулометрический анализ, вискозиметрия, термогравиметрия, динамо-механический анализ и др. Рассмотрев их, можно выделить группу наиболее подходящих приборов и методов для отбора глинозема.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 6912.1-93. Глинозем. Технические условия. – Минск: Издательство стандартов, 1994. – 17 с.
2. ГОСТ 24409-80. Материалы керамические электротехнические. Методы испытаний [Текст]. – Взамен ГОСТ 20419-75; введ. 1982 – 01 – 01. – Межгосударственный стандарт, 1980. – 30 с.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО В ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЯХ

Лихота Т.А., Кербель Б.М., Агеев А.Ю.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,

г.Северск Томской обл., пр.Коммунистический, 65,

e-mail: Derusova92@mail.ru

Традиционный классический метод оценки результата косвенных измерений имеет ряд недостатков. Это методическая погрешность оценки погрешности косвенных измерений, которая в одном случае может проявиться в виде существенного завышения оценки, а в другом – в виде ее существенного занижения. А также традиционная методика игнорирует статистические законы распределения погрешностей исходных прямых измерений и др. [1].

Более рациональным методом измерения погрешности может быть метод, используемый датчики случайных чисел, встроенные в специально разработанные компьютерные программы. В науке и технике использование таких датчиков известно как метод Монте-Карло [1].

Исследуемая зависимость представлена в виде $y = (x_1, x_2, \dots, x_n)$. В качестве приближенного значения величины y берется величина $\bar{y} = (\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n)$, найденная по результатам прямых измерений.

Тогда погрешность косвенного измерения равна:

$$\Delta_y = y - \bar{y} = f(x_1, x_2, \dots, x_n) - f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n) = \quad (1)$$

$$= f(\bar{x}_1 + \Delta_1, \bar{x}_2 + \Delta_2, \dots, \bar{x}_n + \Delta_n) - f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n).$$

Таким образом, с помощью формулы (1) имитируется распределение случайной величины Δ_y . Полученный статистический материал позволяет определить (оценить) такие важные характеристики случайных величин y и Δ_y , как эмпирические функции (плотности) распределения y и Δ_y , математические ожидания y , доверительные интервалы для погрешности Δ_y .

Отличительной чертой этого метода является то, что он может быть применен для любых законов распределения погрешностей исходных прямых измерений Δ_y , поскольку с помощью ЭВМ можно воспроизводить (генерировать) любые распределения случайных чисел [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Соболев И.М. - Метод Монте-Карло. -М.: Наука, 1972, 64с.
2. Грановский В.А., Сирая Т.Н. - Методы обработки экспериментальных данных при измерениях. - Л.: Энергоатомиздат, 1990, 228 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ДВУХРЯДНОЙ СХЕМЫ РАСПОЛЕЖЕНИЯ СКВАЖИН С ПЕРЕМЕННЫМ РЕЖИМОМ РАБОТЫ ДЛЯ ДОБЫЧИ УРАНА ИЗ УЗКОГО ВЫТЯНУТОГО РУДНОГО ТЕЛА

Нестеров А.Д., Янова А.О., Носков М.Д.

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г.Северск Томской обл., пр.Коммунистический, 65
e-mail: V00blegum@mail.ru*

Скважинное подземное выщелачивание (СПВ) – способ разработки рудных месторождений без подъема руды на поверхность путем перевода ионов природного урана в продуктивный раствор непосредственно на месте залегания. Отработка узкого вытянутого рудного тела способом СПВ с помощью традиционных схем вскрытия может быть экономически не рентабельна. Цель данной работы – исследовать возможность применения двухрядной схемы расположения скважин с переменным режимом работы для блока П-15-С2 Средне-Уксянской залежи Долматовского месторождения в сравнении с традиционной схемой вскрытия. Переменный режим работы заключается в периодическом переключении скважин с режима нагнетания в режим откачивания.

В рамках настоящей работы с помощью геотехнологического моделирования проведено исследование процесса добычи урана с применением двухрядной схемы. Исследования проводились с помощью специализированного программного пакета «Курс», разработанного в СТИ НИЯУ МИФИ. Система «Курс» позволяет создавать цифровые модели эксплуатационных блоков, включающие в себя модели геологической среды и технологических объектов, а также проводить моделирование процесса выщелачивания урана. Для отработки блока П-15-С2 построены варианты схем вскрытия залежи, которые базируются на распределении эффективной мощности и метропроцента. На основании результатов расчетов проведен сравнительный анализ геотехнологических и финансово-экономических показателей отработки блока для различных схем вскрытия урана из узкого вытянутого рудного тела.

В ходе анализа было выявлено, что использование двухрядной схемы расположения скважин с переменным режимом работы позволяет снизить себестоимость урана за счет уменьшения количества скважин по сравнению с традиционными схемами вскрытия.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ АММИАЧНО-ХЛОРИДНЫХ МАТОЧНЫХ РАСТВОРОВ

Никишкин И.Ю., Каренгин А.Г.

*ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: nikishkin.il@yandex.ru*

За период работы предприятий ЯТЦ накоплены огромные объемы низкоактивных водно-солевых отходов (ВСО) в виде аммиачно-хлоридных маточных растворов (АХМР), имеющих следующий характерный состав (г/л): NH_4NO_3 – (70÷80); CaCl_2 – 5; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ – 20; NH_4Cl – 4; ПАВ – (0,2÷0,3); U – менее 0,002; H_2O – остальное [1]. Образовавшиеся с течением времени иловые отложения подвергают обезвоживанию, термообработке для уменьшения объема, а затем направляют на цементирование (битумизацию) и далее на длительное хранение или захоронение. Данная технология многостадийна и требует значительных трудо- и энергозатрат на обработку таких отходов.

Основными достоинствами плазменной обработки является одностадийность и высокая скорость процесса. Однако плазменная обработка только ВСО является дорогостоящим процессом из-за высоких энергозатрат (2-4 МВт·ч/т). Выгоднее перерабатывать их плазменной обработкой в виде диспергированных горючих водно-солеорганических композиций (ВСОК).

В результате расчетов показателей горючести определены составы ВСОК, имеющие низшую теплотворную способность ($\geq 8,4$ МДж/кг) и адиабатическую температуру горения (≥ 1200 °С) и обеспечивающие не только существенное снижение затрат энергозатрат на плазменную обработку АХМР (до 0,1 МВт·ч/т), но дополнительное получение тепловой энергии для технологических и бытовых нужд (до 2,0 МВт·ч/т). По результатам термодинамического моделирования исследуемого процесса определены режимы для практической реализации энергоэффективной обработки ВСОК в воздушной плазме.

Проведены экспериментальные исследования и экспериментально подтверждена возможность энергоэффективной плазменной обработки АХМР в воздушно-плазменном потоке в виде диспергированных горючих композиций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никифоров А.С., Кулиниченко В.В., Жихарев М.И. Обезвреживание жидких радиоактивных отходов. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 184 с.

ОСОБЕННОСТИ ГАММА-ИЗМЕРЕНИЙ ЯМ И РВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Никишкин Т.Г.

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр.

Ленина, 30

e-mail: timofei.nikishkin@gmail.com

Любая форма контроля ядерных материалов (ЯМ) и радиоактивных веществ (РВ) сводится к определению их активности и количества. В области учёта и контроля ЯМ и РВ наиболее важно проведение качественного и количественного анализа. Такие задачи решаются методами гамма-спектрометрии.

В данной работе рассмотрены особенности измерения ядерных материалов и радиоактивных веществ в различной геометрии методом гамма-спектрометрии. Также, выполнен анализ основных геометрических моделей проведения гамма-анализа и рассчитаны их эффективности с использованием программы математической калибровки по эффективности LabSOCS (Laboratory Sourceless Object Calibration Software). Данная программа предназначена для формирования калибровки расчетным способом на основании набора данных, описывающих параметры измерений.

Далее были проведены гамма-измерения образцов ЯМ и РВ выбранных геометрий при использовании полупроводникового детектора из особо чистого германия. Гамма-измерения образцов проводились при изменении геометрии источник-детектор и неизменном времени набора спектра.

По результатам проведенных исследований приведены результаты сравнения максимальных эффективностей, удельных эффективностей рассмотренных геометрий и проведён анализ полученных результатов. Сделаны выводы о корректности проведения измерений ядерных материалов в рамках учета и контроля ЯМ и РВ при анализе проб разного сорта. Разработана методика выбора геометрии измерений исходя из исходных параметров проведения выбора геометрии измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бойко В.И., Силаев М.Е. Методы и приборы для измерения ядерных и других радиоактивных материалов / В.И. Бойко, М.Е. Силаев, И.И. Жерин, В.Д. Каратаев, Ю.В. Недбайло. – М.: МНТЦ, 2011. – 356 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ АЗОТНОКИСЛЫХ ЭКСТРАКЦИОННЫХ РАФИНАТОВ

Павленко А.П., Каренгин А.Г.

*ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: moroziknastia94@mail.ru*

За время работы предприятий ЯТЦ накоплены миллионы тонн водно-солевых отходов (ВСО) низкой и средней активности. По действующей технологии эти отходы подвергают термообработке для уменьшения объема, а затем направляют на цементирование и далее на длительное хранение или захоронение [1]. К недостаткам применяемых технологий следует отнести многостадийность, необходимость использования химических реагентов, значительные энерго- и трудозатраты.

Для обработки ВСО перспективным является применение низкотемпературной плазмы. Однако плазменная обработка только ВСО потребует значительных энергозатрат (до 4 МВт·ч/т). Существенное снижение энергозатрат может быть достигнуто при плазменной обработке ВСО в виде водно-солеорганических композиций (ВСОК).

В работе представлены результаты моделирования процесса плазменной обработки азотнокислых экстракционных рафинатов (АЭР), имеющих следующий характерный состав (г/л): HNO_3 – (180÷200); Al – (25-30); Fe – (0,5-4,0); Ni – (0,1-1,0); Si – 0,5; F – (30-38); U – менее 0,002; H_2O – остальное. На основе результатов расчетов показателей горючести модельных композиций («АЭР–ацетон», «АЭР–этанол» и др.) определены составы ВСОК, имеющие низшую теплотворную способность ($\geq 8,4$ МДж/кг) и адиабатическую температуру горения (≥ 1200 °С). В результате термодинамических расчетов определены режимы для практической реализации процесса плазменной обработки ВСОК в воздушной плазме. С учетом полученных результатов проведены экспериментальные исследования и экспериментально подтверждена возможность энергоэффективной плазменной обработки АЭР в воздушно-плазменном потоке в виде диспергированных ВСОК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никифоров А.С., Кулиниченко В.В., Жихарев М.И. Обезвреживание жидких радиоактивных отходов. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 184 с.

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СЧЕТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СЧЕТЧИКОВ МЕДЛЕННЫХ НЕЙТРОНОВ

*Парфентьев Е.А., Иванов А.А., Хусаинов М.Р.
ФГУП «ПО «Маяк», 456780, г. Озерск Чел. обл., ул. Ленина, 65,
e-mail: cpl@po-mayak.ru*

Для ядерно-физических измерений широко используют счетчики медленных нейтронов. Высокая эффективность регистрации нейтронов позволяет применять их для нейтронных измерений в разнообразных условиях. При выборе счетчиков обычно используют паспортные данные. Эффективность регистрации нейтронов является основным нейтронно-физическим параметром счетчиков. В тоже время счетные характеристики счетчиков зависят и от нейтронно-физических свойств среды, в которой делают измерения. Однако систематизированные экспериментальные и расчетные данные по счетным характеристикам счетчиков в средах с различными нейтронно-физическими свойствами отсутствуют. Известные модели зависимости скорости счета счетчиков от нейтронно-физических свойств среды достаточно сложны для анализа и получения расчетных оценок [1]. В связи с этим рассмотрен процесс переноса нейтронов в системе среда-счетчик нейтронов. Из анализа нейтронно-физической модели переноса нейтронов была получена аналитическая модель [2], которая связывает счетную характеристику счетчика с нейтронно-физическими свойствами счетчика и нейтронно-физическими свойствами окружающей среды.

При нейтронных измерениях между счетчиком и средой часто имеется зазор, заполненный слабопоглощающей и слабаразмножающей средой. Получена аналитическая модель, позволяющая сделать простые оценки зависимости счетных характеристик счетчиков непосредственно от эффективности регистрации нейтронов и в этом практически важном случае. Сделаны оценки счетных характеристик счетчиков по этой модели во всем возможном диапазоне изменения эффективности регистрации тепловых нейтронов для разных сред при разной величине зазора.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Фролов В.В. Ядерно-физические методы контроля делящихся веществ. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 184с.
- 2 Парфентьев Е.А. и др. Аналитическая модель некоторых счетных характеристик счетчиков медленных нейтронов / XV всероссийская научно-практическая конференция «Дни науки–2015». Материалы конференции. – Озерск: ОТИ НИЯУ МИФИ, 2015. – с.220-221.

СИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ

Рыбак А.Д., Зарницын А.Ю., Федоров Д.Ф.

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: anna_rybak96@mail.ru*

Данная работа связана с исследованием характеристик синхронного двигателя с постоянными магнитами (СДПМ). Первостепенной задачей является разработка метода проектирования СДПМ с ротором без магнитопровода. Степень успешности проекта оценивается исходя из энергетических характеристик спроектированного двигателя и экономической эффективности данного типа двигателя в общепромышленном исполнении. Обеспечение высоких энергетических характеристик напрямую коррелирует с геометрическими характеристиками ротора такими как: заполняемость ротора магнитами, ширина воздушного зазора, геометрическая форма ротора и пр. С целью проведения ряда экспериментов и подтверждения адекватности расчетной модели был создан макет СДПМ мощностью 370 Вт. Для определения энергетических и эксплуатационных характеристик был поставлен ряд экспериментов.

Традиционные методы проектирования машин вносят в процедуру проектирования большую погрешность, в то время как использование современного ПО, такого как Ansys Maxwell, позволяет применять прямые методы расчета, в которых учитывается влияние всех факторов. Расчеты, полученные с помощью модели, адекватно сопоставимы с экспериментальными данными, таким образом можно судить о разумности применения методов моделирования СДПМ в ПО Ansys.

Итогом работы стала разработка технологичной конструкции СДПМ для общепромышленного применения и создание инженерной методики проектирования СДПМ большой мощности. Также определена экономическая целесообразность и исследован макетный образец двигателя. В последствии расчетная модель использована для проектирования ряда синхронных приводов мощностью от 300 до 3000 Вт.

ЛИТЕРАТУРА

1. Муравлев О.П., Леонов С.В., Фокин В.В. Расчёт статических характеристик низкоскоростного синхронного двигателя с концентрацией магнитного потока // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2009. № 6. С. 32-35.

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДОБЫЧИ УРАНА МЕТОДОМ СКВАЖИННОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

Сакирко Г.К., Истомин А.Д., Носков М.Д.

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036, г.
Северск, Томской обл., пр. Коммунистический 65., nmd@ssti.ru*

Добычной комплекс геотехнологического предприятия по разработке месторождений урана способом скважинного подземного выщелачивания (СПВ) представляет собой сложную пространственно-распределённую природно-техногенную систему. Эффективность и стабильность работы геотехнологического предприятия зависит от точности прогнозирования показателей работы добычного комплекса. Ограниченность информации о состоянии продуктивного горизонта, высокая инерционность (время отклика на управляющие воздействие может достигать нескольких месяцев), а также зависимость процесса СПВ большого количества различных геологических и геотехнологических факторов делает необходимым разработку адекватного алгоритмического и программного обеспечения (ПО) для прогнозирования темпов добычи урана.

В докладе представлено созданное алгоритмическое и программное обеспечение, предназначенное для прогнозирования показателей работы добычного комплекса. В основу ПО положены математические модели, полученные в результате многофакторного статистического анализа процесса добычи урана методом СПВ. Применяемые математические модели описывают влияние основных геологических и технологических факторов (геолого-гидрологических, минералогических, морфологических, литологических и геохимических свойств рудовмещающего горизонта и рудного тела, схем вскрытия, характеристик технологических скважин, режимов отработки блоков и т.д.) на геотехнологические показатели СПВ. Проблемно-ориентированное ПО разработано на языке C++ с помощью среды программирования Embarcadero C++ Builder. Программное обеспечение представляет собой многопоточное, 32-битное приложение, работающее на персональном компьютере под управлением операционной системы Windows XP, 7, 8, 8.1, 10. ПО позволяет прогнозировать основные показатели добычи урана методом СПВ (концентрация урана и кислоты в продуктивных растворах, масса добытого урана, масса затраченной кислоты, объёмы технологических растворов и др.). Результаты работы предоставляются пользователю в виде графиков, таблиц и диаграмм.

ОДНОМЕРНАЯ МОДЕЛЬ МИКРОВОЛНОВОЙ ИМПУЛЬСНОЙ РЕФЛЕКТОМЕТРИИ ПЛАЗМЫ ТОКАМАКА КТМ

*Степанченко Е.К., Шарнин А.В., Лобес Л.А., Буровенская С.П.
Национальный исследовательский Томский политехнический
университет, Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050
E-mail: eks8@tpu.ru*

Метод микроволновой импульсной рефлектометрии плазмы используется на установках управляемого термоядерного синтеза типа токамак для нахождения распределения плотности электронов [1]. При практической реализации метода требуется решить некорректную обратную задачу нахождения профиля плотности электронов по результатам прямых измерений времени пролета. Для разработки и проверки алгоритмов решения некорректной обратной задачи необходимо использовать математическую модель, описывающую решение прямой задачи импульсной рефлектометрии плазмы (ИРП) и адекватную экспериментальным данным. Проверка адекватности с использованием данных натурального эксперимента ИРП в настоящее время не осуществима, потому что на токамаке КТМ еще не получена плотная плазма. Возникает проблема априорного выбора требований к модели по соотношению признаков «полнота описания» и «сложность реализации». В настоящей работе сделан выбор в пользу минимизации требований к сложности реализации, предусматривающий развитие уже апробированных на токамаках одномерных моделей ИРП, основанных на использовании приближения геометрической оптики и описания плазмы как плоскостистой среды [2].

Полученные в рамках указанного подхода решения развиты и адаптированы для КТМ. Уточнены требования к минимально приемлемой полноте и точности описания моделируемой системы. Синтезирована и верифицирована одномерная модель импульсной рефлектометрии плазмы. Поставлена и предварительно исследована задача и принципы использования модели при синтезе алгоритмов обработки данных ИРП токамака КТМ. Показаны преимущества и ограничения представленной модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петров В.Г., Петров А.А., Малышев А.Ю. и др. Времяпролетные измерения плотности плазмы на токамаке Т-11М. Физика Плазмы, 2006, том 32, № 4 С. 346-351.
2. Shevchenko V. F., Walsh M. J., First results from the small tight aspect ratio tokamak multifrequency pulse radar reflectometer, Review of Scientific Instruments. 1997. Т. 68. № 5. С. 2040-2045.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТИПИЧНЫХ ДЕФЕКТОВ ПЕНАЛОВ ДЛЯ СУХОГО ХРАНЕНИЯ ОЯТ

Твердохлебова Т.С., Лидер А.М., Салчак Я.А.

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: aramat_tts@mail.ru*

Важнейшим аспектом для обеспечения безопасности при хранении отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) является эффективная оценка технического состояния пеналов с ОЯТ.

В целях сохранения целостности пеналов одним из перспективных направлений является применение методов ультразвукового контроля (УЗК) [1], так как они достаточно просты в реализации и обладают высокой точностью обнаружения дефектов. Но вместе с тем, УЗК является относительным методом, что обуславливает необходимость создания калибровочных образцов с эквивалентными отражателями.

Целью работы является автоматизация интерпретации результатов УЗК за счет создания базы данных (БД) акустических индикаций для типичных дефектов сварных соединений пеналов, выполненных из аустенитной стали. Разработка оболочки БД проведена на предыдущем этапе работы. Она содержит основную классификацию дефектов и информацию о них. Используя эти данные становится возможной оценка допустимости, найденной несплошности для данного уровня качества сварного соединения.

В рамках проведенной работы было произведено наполнение БД индикациями, соответствующими типичным дефектам сварных соединений. В результате работы были смоделированы дефекты сварного соединения контейнера для хранения ОЯТ типа «трещина» с различными размерами и расположенные под различными углами. В дальнейшем полученные результаты будут имплементированы в БД и разработан алгоритм распознавания получаемых типов индикаций.

*Выполнено при финансовой поддержке Государственного задания «Наука» в рамках научного проекта № 1524, тема 0.1325.2014.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 14782-86. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые. – Введ. 1988-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 27 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ МИГРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ В ПОЧВЕ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ СТРАННОЙ ДИНАМИКИ

Шарапова Т.В., Макин Р.С.

ДИТИ НИЯУ МИФИ, 433511, Ульяновская обл., г.Димитровград,
ул. Куйбышева, 294
e-mail: diti@terphi.ru

В настоящее время отсутствует достаточная информация о движущих силах и параметрах миграционных процессов в почвах, что затрудняет решение многих задач по предотвращению последствий радиоактивного загрязнения. Диффузионные процессы радионуклидов в почве существенно не гауссовы. При нулевой связности $\theta = 0$ процесс переноса становится диффузионным:

$$\langle \vec{r}^2(t) \rangle = 2D \times t^1. \quad (1)$$

Линейная зависимость (1) среднеквадратического смещения частиц от времени достигается за счет сложной «игры» корреляций, действующих на сколь угодно больших пространственных масштабах $\vec{r} \rightarrow \infty$. Таким образом, процессы в почве являются странными в широком смысле.

$$\int d\vec{r} \psi(\vec{r}, t) = 1. \quad (2)$$

Уравнение (2) для странных, не гауссовых, диффузионных процессов (1) не справедливо.

$$\frac{\partial \psi}{\partial t} = \Delta_{\kappa} (B\psi). \quad (3)$$

Последовательный учет корреляций требует отказа от гауссова диффузионного уравнения (3) и традиционного представления о процессах переноса как о случайном броуновском движении частиц в среде [1].

Необходимые обобщения достигаются за счет использования методов странной, или дробной, динамики [2] – аналитического аппарата, адекватного сложным нелинейным динамическим системам с многомасштабными корреляциями в пространстве-времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зеленый Л.М. Фрактальная топология и странная кинетика: от теории перколяции к проблемам космической электродинамики // УФН, 2014. – Т.174. – №8. – С. 809-852;
2. Нахушев А.М. Дробное исчисление и его приложение / А.М. Нахушев. – М.: Физматлит, 1998. – 272 с.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ РАССХОДА ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В КАСКАДЕ ТРУБОК ФИЛЬДА

*Шелопугин Д.С., Криницын Н.С., Николаев А.В., Дядик В.Ф.
Национальный исследовательский Томский политехнический
университет, 634050 г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: shelop_1@mail.ru*

Решение задачи снижение эксплуатационных затрат является всегда актуальной на предприятии. Одним из методов их снижения может служить корректировка технологического регламента работы узлов аппаратов без снижения производительности всего предприятия в целом. Так как проводить исследование на действующем производстве чаще всего невозможно, то целесообразно создание математической модели исследуемого узла.

Составленная математическая модель позволила рассчитать значения скоростей и объемных расходов во всех участках каскада трубок на протяжении движения жидкости. При расчёте использовался метод поиска наименьшего потеряннного суммарного напора. В основу метода заложена гипотеза, что жидкость течёт по пути наименьшего сопротивления. Это позволило определить распределение скоростей на протяжении всего аппарата при наименьшей потери напора.

На основе полученных результатов была решена задача оптимизации затрат теплоносителя и хладагента в действующих аппаратах десублимации производства гексафторида урана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям/Под ред. М.О. Штейнберга. – М.: Машиностроение, 1992. – 672с.
2. Плановский А.Н. Процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1968. – 848с.

ОТРАБОТКА УЗКОГО ВЫТЯНУТОГО РУДНОГО ТЕЛА С ПОМОЩЬЮ ДВУХРЯДНОЙ СХЕМЫ СКВАЖИН С ПЕРЕМЕННЫМ РЕЖИМОМ РАБОТЫ

*Янова А.О., Нестеров А.Д., Носков М.Д.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г.Северск Томской обл., пр.Коммунистический, 65
e-mail: yanovanastasiya@gmail.com*

Скважинное подземное выщелачивание (СПВ) – способ разработки месторождений полезных ископаемых, при котором происходит воздействие на залежь на месте ее залегания с целью перевода полезных компонентов в раствор и последующее их извлечение. В связи с тем, что отработка узкого рудного тела способом СПВ требует повышенных капитальных затрат и эксплуатационных расходов, целью данной работы является определение наиболее оптимального варианта отработки узкого вытянутого рудного тела.

В рамках настоящей работы на основе математического моделирования проведено исследование области выщелачивания двухрядной схемой с переменным режимом работы скважин, который заключается в периодическом переключении скважин с режима нагнетания в режим откачивания. Исследования проводились с помощью специализированной программы «Курс», разработанной в СТИ НИЯУ МИФИ. Программа «Курс» позволяет создавать цифровые модели эксплуатационных блоков, включающие в себя модели геологической среды и технологических объектов, а также проводить моделирование процесса выщелачивания урана. Для отработки узкого вытянутого рудного тела построена геотехнологическая цифровая модель, включающая в себя цифровую модель рудного тела и эксплуатационного блока, а также произведено моделирование вскрытия залежи урана с различными этапами работы скважин и количеством скважин. Эффективность схем отработки оценивалась с помощью сравнения финансово-экономических, а также геотехнологических показателей, таких как масса извлеченного урана, время отработки, концентрация урана и кислоты в продуктивных растворах, кислотоемкость, удельный расход кислоты, ж/т (отношение объема рабочего раствора к горнорудной массе) при заданной степени извлечения.

На основе анализа результатов расчетов был выбран наиболее эффективный с технологической и экономической точек зрения вариант отработки узкого вытянутого рудного тела для двухрядной схемы скважин с переменным режимом работы.

Секция
**ЯДЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ - ШАГ В
БУДУЩЕЕ**

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПРОЕКТ. ПОЛЕЗНЫЕ СВОЙСТВА РАДИАЦИИ

Гоголев Д.А.

Северский промышленный колледж, 636036 г.Северск Томской обл.
Крупская 17, e-mail: kolybakina@yandex.ru

Радиация это не только зло, она может и помочь человеку во многих областях нашей жизни. В настоящее время радиация находит полезное применение не только для получения электрической и тепловой энергии. Полезные свойства радиации нашли применение в различных областях естествознания, технике, медицине, промышленности, разведке нефти, в сельском хозяйстве и т.д.

Радиация всегда ассоциируется с опасностью, повреждениями и заболеваниями. Она действительно вызывает множество негативных эффектов, но так происходит, только когда речь идет о больших дозах радиации, которые и вправду ничего кроме вреда не приносят. Можно сказать, что человек постоянно живет в безбрежном «море радиации», уровень которого, однако, не высок. Радиоактивное загрязнение - одна из серьезных экологических проблем нашей страны.

Совершенно очевидно, что судьба каждой конкретной клетки зависит от дозы полученной ею радиации. При *тщательно контролируемом использовании потенциально смертельной радиации* она может приносить пользу. Разнообразное применение ионизирующего излучения и радиоактивных веществ улучшает условия жизни и приносит пользу обществу во многих сферах. Но выгода от их использования должна быть в каждом конкретном случае сопоставлена с их опасностью. Этой опасности могут подвергаться как работники, непосредственно участвующие в *использовании радиации* или радиоактивных веществ, так и население в целом, будущие поколения и окружающая среда - по отдельности или вместе. Связанные с радиацией опасности не должны игнорироваться, но зачастую они переоцениваются обществом. Использование ионизирующего излучения всегда должно приносить больше выгоды, чем вреда, и это необходимо учитывать наряду с политическими и экономическими соображениями.

В представляемом проекте приведены результаты изучения радиации, выявлены ее полезные свойства и представлены самые яркие, на наш взгляд, примеры использования полезных свойств радиации в разных областях деятельности человека.

СИСТЕМА ОНЛАЙН МОНИТОРИНГА ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОДЫ НА СТАНЦИЯХ ВОДООЧИСТКИ, ВОДОПОДГОТОВКИ И ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТАХ

Грибков А.С.

*МБОУ лицей при ТПУ, 634028, Томск, ул. Аркадия Иванова, 4,
e-mail: liceum@tpu.ru*

Вопрос, связанный с контролем качества воды, используемой на производстве в технических целях, обостряется с каждым годом. Это объясняется развитием тяжелой промышленности, химической и нефтехимической отраслями промышленности. Зачастую отсутствует на предприятиях техническая база для осуществления контроля за качеством воды, используемой в различных производствах или их отдельных циклов.

Однако был разработан комплекс по контролю важнейших показателей качества воды, который позволяет систематически снимать определенные показатели и делать вывод о состоянии воды используемой на объекте, к примеру, на предприятии по энергоснабжению.

Данный комплекс включает в себя 7 датчиков, отражающих 7 интегральных показателей качества водной среды: датчик удельной электропроводности, датчик химического потребления кислорода, датчик мутности и ионоселективные датчики (рН-кислотность, хлориды, аммоний, нитраты). Принцип работы каждого датчика подробно описан, включая графики, отражающие механизмы, по которым датчик считывает показания. Также определен метод ультразвуковой очистки каждого датчика после его заиливания при длительном нахождении в водной среде. Кроме того, рассмотрен случай применения одного из датчиков в действии.

Данная система онлайн мониторинга интегральных показателей качества воды позволит каждому предприятию, использующему воду в производстве, применять только экологически чистую воду, что заметно улучшит качество производства, позволит сохранить и увеличить срок службы оборудования.

ПОЛУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИНТЕЗ-ГАЗА В СИСТЕМАХ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

Губин А.В.¹, Ларионов К.Б.²

¹Лицей при ТПУ, 634028, г. Томск, ул. Аркадия Иванова, 4

²Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: gubin@tpu.ru

Согласно существующей тенденции развития традиционной энергетики, существенная роль в топливно-энергетическом балансе отдается углю [1]. В свою очередь рост потребления угля приводит к ухудшению экологии - значительными выбросами оксидов азота, углерода, серы и золы [2]. Одним из современных решений является получение синтез-газа путем газификации водоугольного топлива (ВУТ) и его дальнейшее использования в энергоустановках [3]. Перевод низкосортного угля и отходов в ВУТ для получения синтез-газа позволит улучшить экологическую обстановку и повысить экономический эффект. Сохраняются проблемы, связанные с механизмом процесса, от которого зависит качество получаемого газа [4]. Это вызывает необходимость исследований ВУТ на научно-аналитическом оборудовании, чему и посвящен мой проект.

Основная цель работы - экспериментальное исследование процесса газификации с помощью современного научно-аналитического оборудования при различной скорости нагрева ВУТ.

В результате экспериментов с различными температурами нагрева в процессе газификации ВУТ, были получены составы синтез-газа и основные закономерности, позволяющие настроить оптимальный энергоэффективный экологичный режим газификации при различных видах исходного твердого топлива. Предложена усовершенствованная технологическая схема использования получаемого синтез-газа для энергоснабжения автономных объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дубинин А.М., Маврин С.П. Трансформация углей в электрическую и тепловую энергию // Теплоэнергетика. 2014. № 7. С. 30.
2. Воробьев Б.М. Уголь или газ - энергетическая альтернатива XXI века // Вестник Российской академии наук, 2011, Том 11. №1. – С. 65-69.
3. Архипов В.А., Сидор А.М., Сурков В.Г. Исследование физико-химических и энергетических характеристик органоводоугольных топлив // «Технічна теплофізика та промисловатеплоенергетика». Випуск 5, 2013
4. Долинский А.А., Халатов А.А. Водоугольное топливо: перспективы использования в теплоэнергетике и жилищно-коммунальном секторе // Пром. Теплотехн., 2007, т. 29, №5.

АТОМНЫЕ ВЗРЫВЫ ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА

Ершова В.И., Жукова А.А., Рыбина Л.Н.

*МБОУ «Средняя общеобразовательная школа № 78», г. Северск
Томской области улица Чапаева 22, 63600, sosch78@yandex.ru*

Огромная сила ядерных зарядов издавна вызывает очень негативное отношение к ним у абсолютного большинства населения Земли. Страх перед возможным применением ядерных зарядов в военных конфликтах, характерных для современного, склоняет общественное мнение в сторону полного запрещения ядерного оружия и уничтожения всего запаса урана-235 и плутония.

Из-за журналистов, некомпетентных в области применения ядерных взрывов (ЯВ), в головах населения создаются ужасы о катастрофическом вреде ядерной энергии и ЯВ, которые реально влияют на здоровье людей, на их психическое состояние, особенно, в тех ситуациях, когда требуется не паниковать, а понимать обстановку и действовать разумно. Между Россией и США подписан договор о всеобщем запрещении ядерных испытаний. Он включает в себя запрет всех ядерных взрывов, в том числе и взрывов для мирного использования. Между тем создание чистых промышленных зарядов с очень малым периодом полураспада в наше время позволяет осуществлять проекты по их мирному применению.

Актуальность работы заключается в том, чтобы донести до сознания общественности тот факт, что термоядерный взрыв сегодня - это самый мощный и в то же время самый дешёвый источник энергии на Земле. Запасы угля, нефти и газа катастрофически уменьшаются, и через 10-20 лет наша страна и весь мир будут ощущать на себе реально энергетический голод. Сегодня создана реальная возможность теоретически осмыслить достижения самой передовой науки века - ядерной физики и поставить открытия учёных на службу человеческой цивилизации, без ущерба для здоровья населения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арцыбашев В.А. Ядерно-геофизическая разведка Москва: Атомиздат, 1980.
2. Бейлин В.А., Боровик А.С., Малышевский В.С.. Радиация, жизнь, разум. - Ростов-на-Дону, 2001.
3. Курчатov И.В. Ядерную энергию на блага человечества. - Москва: Атомиздат, 1978.
4. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. - М.: Атомиздат, 1974.

РАДИАЦИЯ В МЕДИЦИНЕ. «ЗА» ИЛИ «ПРОТИВ».

Ефимова А.К.

*МБОУ «Средняя общеобразовательная школа № 198», 636013,
г.Северск Томской обл., ул. Победы, 12 А,
e-mail:ellie2112@mail.ru*

Понятие радиации и виды радиационных излучений. Радиация- это ионизирующее излучение, сопровождающее процесс радиоактивного распада и «витающее» в пространстве до тех пор, пока не поглотится каким-либо веществом. Радиационное излучение имеет особые виды.

Влияние радиации на организм человека. Воздействие радиации на организм может быть различным, но почти всегда оно негативно.

Применение радиации в медицине. Радиация используется в медицине, как в диагностических целях, так и для лечения. Здесь можно выделить три направления: рентгеновская диагностика, введение в организм радиоактивных изотопов, лучевая терапия.

Применение радиации в медицине в моем регионе. В ТПУ создан радиофармпрепарат на основе изотопов технеция-99.

Эффективность и доступность применения радиации в медицине в моем регионе. Радиологическое отделение НИИ онкологии Томского научного центра Сибирского отделения РАМН располагает современным оборудованием для проведения лучевой терапии. В течение года стационарное лечение получают около 2500 пациентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сайт Союза противораковых организаций России <http://netoncology.ru>
2. Радиация в медицине: http://studopedia.ru/8_131158_radiatsiya-v-meditsine.html
3. Холл Э. Дж. «Радиация и жизнь», 1989
4. Миллер, Т. «Жизнь в окружающей среде», 1993.
5. Материалы о физике <http://www.physic-explorer.ru>

ПРИМЕНЕНИЕ ИЗОТОПОВ И ИЗЛУЧЕНИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

*Коробейникова А., Букреева Т.М.
МБОУ СОШ №196 ЗАТО Северск*

Размышляя об атомной энергии, люди чаще всего имеют в виду ядерные реакторы. Однако не многие знают, что другой аспект атомной энергии внес изменения в их повседневную жизнь за последние двадцать-тридцать лет.

Например, радиоизотопы и контролируемое излучение используются для улучшения продовольственных культур, сохранения пищевых продуктов, определения запасов грунтовых вод, стерилизации медицинских препаратов, анализа гормонов, рентгеноскопии трубопроводов, управления промышленными процессами и изучения загрязнения окружающей среды. При использовании очень многих предметов, которыми мы пользуемся в нашей повседневной жизни, тем или иным образом использовалось излучение. Некоторые радиоактивные элементы, например, радий, встречаются в природе, однако большинство радиоактивных материалов производится на атомных реакторах или с помощью ускорителей. На ускорителе обычно можно получить в одно и то же время лишь один тип радиоизотопа, в отличие от реактора, где одновременно можно получить много различных радиоизотопов.

Объединенный Отдел ФАО/МАГАТЭ имеет ряд международных программ, направленных на:

1. выведение высокоурожайных сортов продовольственных культур с высоким содержанием белка;
2. выведение сортов, устойчивых к болезням и различным погодным условиям (иногда выведение ранних сортов, дающих несколько урожаев в год);
3. выявление и эффективное использование водных ресурсов;
4. определение путей усвоения удобрений и роли микроэлементов;
5. борьбу с вредителями или их уничтожение;
6. борьбу с потерями урожая во время хранения;
7. повышение продуктивности домашних животных и улучшения ветеринарной службы.

Во всех этих областях изотопы и радиационные методы внесли существенный вклад.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ GPIO UART – RS-485 ДЛЯ ОДНОПЛАТНОГО КОМПЬЮТЕРА RASPBERRY PI2

Кузнецов А.С.¹, Горюнов А.Г.²

¹*Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
«Лицей при ТПУ», 634028, г. Томск, ул. А. Иванова, 4,
e-mail: super_and_kuz@mail.ru*

²*Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования «Национальный исследовательский
Томский политехнический университет», 634050, г. Томск, проспект
Ленина, дом 30, e-mail: alex1479@mail.ru*

В настоящее время одноплатный микрокомпьютер Raspberry Pi2 [1] зарекомендовал себя как эффективное и доступное решения для построения небольших систем автоматизации, таких как «Умный дом», «Автоматизированная теплица» и т.д. Популярность микрокомпьютера у радиолюбителей и энтузиастов в области электроники и автоматики растет от года в год огромными шагами, что обусловлено доступностью данного устройства как по возможностям, так и его по цене. Также большую популярность этот микрокомпьютер получил за счет применения свободного программного обеспечения на основе Linux. Однако построение распределенных систем, отвечающих высоким требованиям по помехоустойчивости с высокой информационной нагрузкой на базе Raspberry Pi2 затруднительно. Так для этого потребуется реализация интерфейса RS-485. Существующие преобразователи USB – RS-485, имеющиеся на рынке, не позволяют реализовать на основе Raspberry Pi эффективный мост по передачи данных между верхним уровнем систем с интерфейсами Ethernet и нижним уровнем систем с приборным (полевым) интерфейсом RS-485, так как в данном микрокомпьютере интерфейс USB и Ethernet находятся на одном последовательном канале передачи данных. В настоящей работе предлагается построить независимый канал передачи данных с использованием линии UART относящиеся к разъему GPIO микрокомпьютера. Для реализации модуля UART – RS-485 с гальванической развязкой выбрана микросборка MAX1480. Ее применение позволяет получить простое и надежное техническое решение с минимальным количеством элементов. В настоящее время в рамках данной работы изготовлен действующий макет модуля, выполнена отладка работы интерфейса в статическом режиме. Установлена работоспособность модуля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Raspberry Pi в России. URL: <http://raspberrypi.ru/>

ПРИМЕНЕНИЕ ХОЛОДНОЙ ПЛАЗМЫ В МЕДИЦИНЕ

*Кутузова Е.А., Гумовская А.А.
Лицей при ТПУ, 634050, г. Томск, ул. Аркадия Иванова 4
e-mail: arina.cool0402@gmail.com*

Плазменная медицина – это новое направление исследований, которое включает биомедицинское применение ионизированного газа – плазмы [1]. Последние исследования показали, что применение плазмы позволяет инактивировать широкий круг микроорганизмов, излечивать повреждения тканей, такие как диабетические язвы, болезни зубов и даже омоложение кожи [2]. Дальнейший прогресс в области применения электрических разрядов требует большего понимания процессов, происходящих в разряде, с целью осуществления контроля над ним. Главной задачей в этих исследованиях является понимание процессов взаимодействия плазмы с биологическими объектами.

Неравновесная плазма получается с помощью различных видов электрических разрядов или электронных пучков. В этом случае основная часть электрической энергии идет на производство энергетических электронов, а не на нагрев потока газа [3]. Взаимодействие этих электронов с рабочим газом и поверхностью электродов приводит к рождению возбужденных состояний атомов и молекул, свободных радикалов, ионов и дополнительных электронов за счет ионизации [4].

В докладе приводится краткий анализ механизмов воздействия неравновесной плазмы на живые ткани. Описано получение неравновесной плазмы. Приведены результаты исследований разработанного источника холодной плазмы. Показана высокая эффективность стерилизации микроорганизмов и инактивации поверхностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Peter Kong .Atmospheric-Pressure Plasma Process and Applications. SOHN International Symposium On Advanced Processing of Metals and Materials; Principles, Technologies and Industrial Practice. 2006.
2. Alexander Fridman. Plasma Chemistry. Cambridge University Press. 2008, 978 p.
3. Francis F. Chen Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion. Plenum Press, New York and London, Francis F. Chen, 1984, 392 p.
4. Kogelschatz, U., 2003. Dielectric-barrier Discharges: Their History, Discharge Physics, and Industrial Applications. Plasma Chemistry and Plasma Processing, Vol. 23, No. 1. p.138.

РЕАКТОР НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ

*Малышкин А., Букреева Т.М.
МБОУ СОШ №196, ЗАТО Северск*

Всем нам в школе рассказывали, что U-235 при попадании в него нейтрона – делится с выделением энергии, и вылетают еще 2-3 нейтрона.

В реальности конечно все несколько сложнее, и процесс этот сильно зависит от энергии этого начального нейтрона. А вероятность деления U-238 тепловыми нейтронами – в 10млн раз меньше U-235, потому и приходится природный уран тоннами перерабатывать, чтобы наковырять U-235.

Чтобы запустить самоподдерживающуюся реакцию на быстрых нейтронах в U-238 (нужна или энергия больше, или чтобы больше нейтронов вылетало с каждого деления). Эх, не повезло человечеству в этой вселенной...

Быстрые реакторы – обладают основным преимуществом, которого все ждут от термоядерных – топлива для них человечеству хватит на тысячи и десятки тысяч лет. Его даже добывать не нужно – оно уже добыто, и лежит на складах и отвалах. Технические проблемы – хоть и остаются, но выглядят решаемыми, а не эпическими – как в случае термоядерных реакторов.

Топливо в «замкнутом топливном цикле» появляется не из воздуха, а из бесполезного до этого урана-238 и тория после облучения в быстром реакторе, и дальнейшей химической переработки чтобы из отработанного топлива выделить полезные плутоний-239 и уран-233. Быстрые реакторы по сравнению с реакторами на тепловых нейтронах – дают в 1.5 раза больше нейтронов на 1 деление, и их хватает и на цепную реакцию, и на наработку нового топлива.

С экономической точки зрения – при массовом строительстве быстрые реакторы хоть и дороже обычных тепловых ядерных реакторов, но не на порядки. Массового строительства быстрых реакторов похоже просто не начинают раньше времени, т.к. урана-235 и обычного топлива большинству стран пока хватает в ближайшей перспективе (15-30 лет), и есть время отработать технологию.

Так что когда окончательно закончится дешевая нефть и уран-235 – нашим внукам не придется сидеть без света, будет на чем колонизировать марс, и неспешно допиливать термоядерный синтез следующие 10'000 лет.

УДАЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ С ПОМОЩЬЮ ХОЛОДНОЙ ПЛАЗМЫ

Михно А.С., Хрипунов Г., Крюгер Н.

Лицей при ТПУ, 634050, г. Томск, ул. Аркадия Иванова 4,

e-mail: nastia.mihno@yandex.ru

Метод ХП хирургии – «коблации» (cold ablation) используется в клинической практике с 1995 года. Физической основой метода ХП коблации является – создание достаточной разности потенциалов между контактами электрода рабочей части ХП-узла (100-300 В), вызывающей ионизацию промежуточного электропроводящего раствора NaCl или KCl с формированием устойчивого тонкого слоя ионизированного пара между активным и пассивным контактами электрода. В целом, плазменный слой в толще раствора составляет величину 0,5-1 мм с температурой 45-65°C (в зависимости от напряжённости и частоты электромагнитного поля, количества и формы контактов электрода рабочей части ХП-узла и пр.). Энергии плазмы достаточно для ионизации атомов в электролитах (5-8 эВ), диссоциации молекул воды, нарушения молекулярных связей в органических молекулах и иных продуктах, которые удаляются из операционной зоны [1-3]. Разработан макет экспериментальной установки для исследования и оптимизации коблации.

Установка состоит из блока управления, включающего блок питания, плату формирователя формы электрических импульсов и плату согласования, а также ХП-узла. Частота следования электрических импульсов – 150 кГц. Амплитуда импульса имеет возможность дискретного изменения от 100 до 300 В. Проведенные испытания подтвердили работоспособность прибора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Peter Kong . Woloszko, M. Kwende. Coblation in Otolaryngology. Lasers in Surgery. Proceeding of SPIE Vol. 4949, 2003.
2. K.R. Stalder, G. Nersisyan and W.G. Graham. Spatial and temporal variation of repetitive plasma discharges in saline solutions. J. Phys. D: Appl. Phys. 39 (2006) 3457–3460.
3. Woloszko, K.R. Stalder, I.G. Brown. Plasma Characteristics of Repetitively-Pulsed Electrical Discharges in Saline Solutions used for Surgical Procedures. IEEE Transactions on Plasma Science, v. 30, no.3, 2002.

УМНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ НА МИКРОКОМПЬЮТЕРЕ С ОДНОТАКТНОЙ СХЕМОЙ

Новиков Д.А.¹, Сахарова Ю.¹, Горюнов А.Г.²

¹Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение «Лицей при ТПУ», 634028, г. Томск, ул. А. Иванова, 4, e-mail: dennovik2012@gmail.com

²Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», 634050, г. Томск, проспект Ленина, дом 30, e-mail: alex1479@mail.ru

В настоящее время актуальна разработка прецизионных источников питания для модуля сцинтилляционного калориметра для электрофизических установок. К данным источникам питания предъявляются высокие требования по характеристикам, например, Входное напряжение: 2.5-9.0В; выходное напряжение: 10-100В; шаг изменения напряжения: 10-50мВ; выходной ток: до 3мА; монитор выходного тока: от 10нА с разрешением 5нА. Также требуется реализация дистанционного управления посредством цифрового интерфейса Ethernet. Существующие технические решения аналоговых источников питания имеют сложные схемы, построенные на дискретных элементах. Эксплуатация этих источников требует больших затрат и высокой квалификации обслуживающего персонала. В рамках настоящей работы предлагается цифровая реализация источника питания на базе микрокомпьютера Raspberry Pi2 [1]. Контур стабилизации напряжения, включая температурную компенсацию предлагается выполнить в цифровом виде. В настоящее время изготовлен действующий макет с простейшей однотоктной схемой импульсного источника питания, управление которым осуществляется посредством дискретного канала PWM микрокомпьютера Raspberry Pi2. Микрокомпьютер посредством внешнего прецизионного АЦП получает информацию о напряжении и температуре схемы импульсного источника питания, посредством программы рассчитывает длительность импульсов PWM и через каналы GPIO управляет однотоктной схемой источника питания. В настоящее время проведена отладка схемы источника питания. Показана его работоспособность. В дальнейшем планируется сравнить точность стабилизации напряжения с полумостовой схемой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Raspberry Pi в России. URL: <http://raspberrypi.ru/>

МЕТОДЫ ДИСПЕРСИОННОГО АНАЛИЗА НАНОЧАСТИЦ

Перегудова А.С., Годымчук А.Ю.

Лицей при ТПУ, 634050, г. Томск, ул. Аркадия Иванова 4

В настоящее время нанопорошки находят все больше применения в самых разных областях науки и техники, таких как строительство, медицина, биология, электроника и другие. При этом дисперсность (размеры) промышленных нанопорошков является ключевым параметром для их дальнейшего применения. Однако, выбор методики проведения дисперсионного анализа, удовлетворяющей всех исследователей, являющейся легкой в исполнении, относительно недорогой и дающей наиболее воспроизводимые результаты, является до сих пор трудной в практическом исполнении задачей.

Целью настоящей работы являлось сравнение методов дисперсионного анализа промышленных наночастиц.

В работе определяли дисперсность промышленного нанопорошка с помощью различных методов дисперсионного анализа: метода лазерной дифракции, адсорбционного метода (метод БЭТ) и метода сканирующей электронной микроскопии. В качестве объекта исследования использовали нанопорошок алюминия (Al), полученный методом электрического взрыва алюминиевой проволоки. В результате обработки экспериментальных данных и произведенных расчетов, получены следующие результаты: средние размеры наночастиц по методу СЭМ равны 93, по адсорбционному методу - 88, по методу лазерной дифракции - 92.

Экспериментально показано, что наиболее быстрым, достоверным и недорогим методом определения размера наночастиц является метод лазерной дифракции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маркетинговые исследования нанопорошков // URL:http://www.fimip.ru/shared/projects/1319/PRJ001319_1.pdf (дата обращения: 13.02.2016)
2. Лазерная дифракция//URL:<http://www.kdsi.ru/tekhnologii/lazernaya-difraktsiya/> (дата обращения: 25.02.2016)
3. Словарь нанотехнологических и связанных с нанотехнологиями терминов // URL:<http://thesaurus.rusnano.com/wiki/article1155> (дата обращения: 20.02.2016)
4. Растровый (сканирующий) электронный микроскоп // URL:http://studopedia.ru/view_sfpip.php?id=29 (дата обращения: 25.02.2016)
5. Научно-информационный портал по нанотехнологиям «Нанотехнологии» //URL:<http://nano-info.ru/post/439> (дата обращения: 18.02.2016)
6. Методические указания «Исследование наноматериалов методами сканирующей электронной микроскопии» URL:http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/1548/2/1334959_methodinst.pdf (дата обращения: 18.02.2016)

АНАЛИЗ ВЕРОЯТНОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ НАНОЧАСТИЦ В ОРГАНИЗМЕ ПЕРСОНАЛА

Перегудова К.С., Годымчук А.Ю.

Лицей при ТПУ, 634050, г. Томск, ул. Аркадия Иванова 4

Прогресс не стоит на месте. В настоящее время нанопорошки находят все большее применение в самых разных областях науки и техники, таких как строительство, медицина, биология, электроника и другие. Следовательно, контакт персонала с порошками неизбежен.

В обычной жизни мы нередко встречаемся с нанопорошками. Один из таких примеров – это Al_2O_3 . Его широко используют в промышленности. Из-за очень маленького размера частицы легко могут попасть в респираторный тракт.

Целью данной работы было оценить вероятность накопления промышленных наночастиц в организме персонала.

Для выполнения этой цели были поставлены следующие задачи:

1. Обработать данные ПЭМ (просвечивающая электронная микроскопия) – изображения (не менее 100 частиц).
2. Построить распределение частиц по размерам (по фракциям).
3. Проанализировать вероятность накопления частиц полученным размерам с учетом литературных данных.

В качестве объекта исследования использовала нанопорошок оксида алюминия (Ш), полученный методом электрического взрыва алюминиевого проводника в кислородосодержащей атмосфере.

В работе использовала метод просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ). В результате обработки литературных данных и произведенных расчетов рассчитала степень осаждения наночастиц в легких и получила следующие данные: 19% наночастицы с размером в 30 нм будут осаждаться в носоглоточной области; в трахеобронхиальной области -20%; 50% могут пройти до альвеолярной области и лишь 11% будут выдыхаться.

Анализ ПЭМ-изображений порошка, с которым работает персонал, позволяет приблизительно оценить вероятность попадания наночастиц в респираторный тракт, а следовательно обосновать применение и подбор средств индивидуальной защиты органов дыхания персонала от попадания наночастиц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Oberdörster G., Oberdörster E., Oberdörster J. Nanotoxicology: An Emerging Discipline Evolving from Studies of Ultra fine Particles // Environmental Health Perspectives. – 2005. – V. 113. – № 7. – P. 823-839.
2. Годымчук А.Ю., Савельев Г.Г., Зыкова А.П. Экология наноматериалов. – Учебное пособие, Москва: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2012. – 272 с.

КОНЦЕПЦИЯ Р/У ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА В СФЕРЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ

Печкин Д.В.¹, Суханов А.Е.¹, Горюнов А.Г.²

*¹Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
«Лицей при ТПУ», 634028, г. Томск, ул. А. Иванова, 4*

*²Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования «Национальный исследовательский
Томский политехнический университет», 634050, г. Томск, проспект
Ленина, дом 30, e-mail: alex1479@mail.ru*

На современных предприятиях все чаще используются средства удаленного управления машинами, работающими в недоступных для человека местах. Управление подобными объектами занимает важную роль в атомной, химической и космической отраслях, в том числе и некоторые спецслужбы. По большей мере все тренажеры - это весьма дорогостоящие компьютерные симуляторы, которые с трудом могут симулировать реальные условия и возникающие в процессе управления трудности, в особенности такие немаловажные, как психологический фактор. В качестве главного элемента тренажёра будет использоваться микрокомпьютер «Raspberry Pi». Благодаря ему мы получаем возможность подключения нескольких камер, датчиков и манипулятора, а также алгоритмизации процесса управления. Связь с микрокомпьютером будет осуществлена при помощи беспроводного соединения Wi-Fi. Такое решение позволяет быстрое развертывание защищенной от несанкционированного доступа и помех сети.

В свою очередь несколько камер и датчиков частично решают проблему определения расстояния и плохого обзора, а возможность полуавтоматического режима работы – человеческий фактор. Манипулятор расширяет возможности объекта для взаимодействия с окружающим пространством и требует внимательного подхода при обучении специалистов. На данный момент главным недостатком является проблема сообщения с низкоуровневым железом, вследствие чего необходимы посредники. Это ведёт к увеличению потребления энергии и габаритам самого агрегата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Raspberry Pi в России. URL: <http://raspberrypi.ru/>
2. П. Хоровиц, У. Хилл Искусство схемотехники. – «Бином», 2014.

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА

Примаков А.С.¹, Дериглазов А.А.²

¹МБОУ лицей при ТПУ, г. Томск, ул. А. Иванова 4, 634050

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: primakov.aleks@yandex.ru

Во всем мире человечество волнует глобальное потепление макроклимата, но не меньшего, а возможно и большего внимания заслуживает микроклимат внутри отдельно взятого помещения. Анализ литературных источников показывает высокий интерес исследователей к проблеме управления микроклиматом в различных средах, в том числе в офисных зданиях и специализированных помещениях. Последние, чаще всего, содержат большое количество сложной электронно-вычислительной аппаратуры и требуют непрерывного контроля и управления основными параметрами микроклимата со стороны обслуживающего персонала, например, диспетчерские на атомных станциях.

Цель данной работы – решение проблемы локального контроля температуры и влажности помещения. Итоговое устройство выполнено на основе микроконтроллера семейства tinyAVR.

Принципом управления параметрами микроклимата, которые могут изменяться в широком диапазоне, является создание оптимальных условий. Согласно [1] оптимальными параметрами микроклимата для помещений с ЭВМ являются данные представленные в таблице.

Период года	Температура воздуха, С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
холодный	22 -24	40 - 60	0,1
теплый	23 - 25	40 - 60	0,1

Результатом работы является анализ элементной базы решения, программирование управляющего микроконтроллера и компьютерное моделирование устройства с использованием системы автоматизированного проектирования – Proteus.

В продолжение данной работы планируется макетирование системы контроля микроклиматом и его внедрение .

ЛИТЕРАТУРА

1. СанПиН 2152-80 «Санитарно-гигиеническим нормам допустимых уровней ионизации воздуха производственных и общественных помещений».

УМНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ НА МИКРОКОМПЬЮТЕРЕ С ПОЛУМОСТОВОЙ СХЕМОЙ

Сахарова Ю.Т.¹, Новиков Д.А.¹, Горюнов А.Г.²

¹Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение «Лицей при ТПУ», 634028, г. Томск, ул. А. Иванова, 4

²Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», 634050, г. Томск, проспект Ленина, дом 30, e-mail: alex1479@mail.ru

В настоящее время актуальна разработка прецизионных источников питания для модуля сцинтилляционного калориметра для электрофизических установок. К данным источникам питания предъявляются высокие требования по характеристикам, например, Входное напряжение: 2.5-9.0В; выходное напряжение: 10-100В; шаг изменения напряжения: 10-50мВ; выходной ток: до 3мА; монитор выходного тока: от 10нА с разрешением 5нА. Также требуется реализация дистанционного управления посредством цифрового интерфейса Ethernet. Существующие технические решения аналоговых источников питания имеют сложные схемы, построенные на дискретных элементах. Эксплуатация этих источников требует больших затрат и высокой квалификации обслуживающего персонала. В рамках настоящей работы предлагается цифровая реализация источника питания на базе микрокомпьютера Raspberry Pi2 [1] с полумостовой схемой. Контур стабилизации напряжения, включая температурную компенсацию предлагается выполнить в цифровом виде. В настоящее время изготовлен действующий макет с полумостовой схемой импульсного источника питания, управление которым осуществляется посредством двух дискретных каналов PWM микрокомпьютера Raspberry Pi2. Микрокомпьютер посредством внешнего прецизионного АЦП получает информацию о напряжении и температуре схемы импульсного источника питания, посредством программы рассчитывает длительность импульсов PWM и через каналы GPIO управляет полумостовой схемой источника питания. В настоящее время проведена отладка схемы источника питания. Показана его работоспособность. В дальнейшем планируется сравнить точность стабилизации напряжения с однотактной схемой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Raspberry Pi в России. URL: <http://raspberrypi.ru/>

СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ РЕЖИМУ НЕРАСПРОСТРАНЕНИЯ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ

Северюхина Е.Д.¹, Демянюк Д.Г.²

¹Лицей при Томском политехническом университете, 634028, г. Томск, ул. Аркадия Иванова, 4

²Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, e-mail: ekaterinaseveryuhina@mail.ru

Обнаружение радиоактивности французским физиком А. Беккерелем в 1896 г. повлекло за собой возрастающий интерес учёных к тайной природе атомного ядра, что послужило немалому количеству новых открытий в сфере ядерной физики [1]. Сначала это привело к созданию ядерного реактора, а потом к рождению атомной бомбы.

Свою ядерную мощь Америка продемонстрировала в 1945 г., когда в небе двух мирных японских городов были взорваны атомные бомбы. Эти мощнейшие взрывы привели к огромным человеческим потерям как в момент самой ядерной атаки, так и в дальнейшем времени в связи с радиоактивным заражением местности. Такой беспрецедентный случай повлек за собой негативное отношение общественности к ядерному оружию (ЯО), так как стали видны разрушительные последствия его применения.

Создание международной организации МАГАТЭ в 1957 г. способствовало мирному использованию атомной энергии. С помощью Договора о нераспространении ядерного оружия (ДНЯО), международной системы гарантий МАГАТЭ, Дополнительного протокола, а также различных инициатив Агентство поддерживает свой статус незаменимого координатора в области мирного применения ядерной энергии. В наибольшей степени этому способствует ДНЯО. Но, к сожалению, у данного Договора имеется несколько слабых мест. Во-первых, ДНЯО носит дискриминационный характер, так как право на законное обладание ЯО имеется только у пяти держав – России, США, Франции, Великобритании и КНР. Во-вторых, исторический опыт показывает, что можно продвинуться очень близко к созданию ядерного оружия, даже являясь участником ДНЯО. Примером может послужить секретная ядерная программа КНДР, которая являясь участником ДНЯО разработала, создала и провела своё первое ядерное испытание 6 января 2016 года [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://tehnо-science.ru/nauka-2419.html>
2. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Ядерные_испытания_КНДР_\(2016\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Ядерные_испытания_КНДР_(2016))

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ Al_2O_3

Сметанина Л.А.

МБОУ лицей при ТПУ, 634028, г. Томск Томской обл., ул. А. Иванова 4
email: liceum@tpu.ru

Оксид алюминия – амфотерный оксид [1], имеющий множество аллотропных модификаций [2]. Высокотемпературный α – Al_2O_3 (корунд), химически инертен, негигроскопичен. Порошки корунда используются для создания абразивов. Существует также ряд низкотемпературных модификаций. Наиболее широкое применение нашел γ – Al_2O_3 (активный оксид алюминия), используемый как катализатор [3] и адсорбент. Существует множество методик получения Al_2O_3 в наноструктурном состоянии: вакуумное распыление, лазерное испарение, золь-гель метод. Однако в золь-гель методе традиционно используются дорогие алкоголяты металлов. Поэтому целью данной работы стало получение Al_2O_3 модифицированным золь-гель методом и изучение его адсорбционных свойств. При получении Al_2O_3 в качестве исходных реагентов использовались нитрат алюминия и яблочная кислота. Реагенты смешивали, помещали в термостат при температуре $80^{\circ}C$ и выдерживали раствор 3 часа. После выпаривали до образования геля, который сушили при $60^{\circ}C$ 24 часа. Затем образцы прокаливали при температурах $600-900^{\circ}C$ 2 часа. В изучении адсорбционных свойств Al_2O_3 использовался метод сорбции из растворов. В качестве адсорбата был выбран анионный краситель эозин. Начальную и конечную концентрации адсорбатов определяли фотометрически с помощью спектрофотометра. В результате проделанной работы нами были получены образцы аморфного и активного Al_2O_3 , а также гамма фаза с содержанием корунда. Способность порошков к адсорбции эозина позволяет сделать вывод о том, что поверхность частиц порошка заряжена положительно.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.А. Рабинович, З.Я. Хавин. Краткий химический справочник. – Л.: Химия, 1991 - 432 с.
2. Котов Ю.А., Баразеев А.В. Характеристики нанопорошков оксида алюминия, полученных методом электрического взрыва проволоки // Российские Нано Технологии. – 2007. – № 7–8. – Т.2. – С.109-115.
3. Debecker D. Genesis of active and inactive species during the preparation of $MoO_3/SiO_2-Al_2O_3$ metathesis catalysts via wet impregnation / D. Debecker, B. Su, E. Gaigneaux, Leonard // Catalysis today. - 2011. - Vol. 169. - P. 60–68.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРИГОТОВЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СМЕСЕЙ ПОРОШКОВ К ТВЕРДОФАЗНОМУ СИНТЕЗУ

*Сутурин С., Букреева Т.М., Ярушин Д.Б.
МБОУ СОШ №196, ЗАТО Северск*

Задача создания технологически равновесной керамики, обладающей максимально возможной гомогенностью химического состава и степенью однородности ее конечной микроструктуры с минимальным уровнем остаточных механических напряжений представляет собой достаточно сложную технологическую задачу, которая, как правило, в рамках классической керамической технологии не реализуется.

В общем случае производство керамического материала может быть представлено следующей условной технологической цепочкой:

исходное сырье → механическая смесь искомого оксидного материала → синтез оксидного материала

Известно, что производство качественной оксидной керамики требует от исходного сырья соблюдения как минимум двух условий:

- постоянства химического состава;
- стабильности физико-химического состояния.

При этом с точки зрения технологии, именно физико-химическое состояние, характеризующее реакционную способность исходного сырья, зависящую от предыстории его получения, является определяющим для синтеза оксидных материалов.

В докладе рассматриваются вопросы приготовления механической смеси синтезируемого материала с точки зрения обеспечения оптимального гранулометрического состава ультра- и наноструктурных порошков относительно решаемой задачи, тем самым снимая проблему их формования, что представляет собой в реальном керамическом производстве отдельную достаточно сложную технологическую задачу.

Рассматриваются конструкции различных мельниц – шаровых, валковых, планетарных и т.д., обсуждаются их конструкции, достоинства и недостатки относительно поставленной задачи: время приготовления смеси, энергетические затраты, достижимые размеры гранул, гомогенизация состава, экономические параметры.

На основе проведенного анализа делается выбор конкретной конструкции мельницы. Следующим этапом работы планируется проведение экспериментов для подтверждения правильности выбора.

Работа выполняется в интересах лаборатории оксидной керамики СТИ НИЯУ МИФИ.

КОНЦЕПЦИЯ МЕДИЦИНСКОГО ПРИБОРА ДЛЯ АНАЛИЗА СОСТАВА КРОВИ

Суханов А.Е.¹, Печкин Д.В.¹, Горюнов А.Г.²

¹Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение «Лицей при ТПУ», 634028, г. Томск, ул. А. Иванова, 4, e-mail: siwenter@gmail.com

²Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», 634050, г. Томск, проспект Ленина, дом 30, e-mail: alex1479@mail.ru

На данный момент не существует компактных, недорогостоящих и удобных в использовании устройств для изучения состава крови в медицинских учреждениях. Наше оборудование позволит проанализировать его в течение краткого срока, не прибегая к лишним затратам. Сотрудниками ФГБНУ "НИИ фармакологии и регенеративной медицины имени Е.Д. Гольдберга" была выдвинута гипотеза о зависимости электрической проводимости в ячейке крови от токовых сигналов разной частоты и формы. На основе таких данных существует возможность определения содержания элементов крови, выявления патологий у пациентов. Таким образом, перед нами поставлена задача в конструировании устройства, способного генерировать различные токовые сигналы, анализировать и структурировать полученные данные. При выявлении предполагаемых зависимостей они будут математически описаны и представлены в удобном для чтения формате. Прибор основан на микрокомпьютере «Raspberry Pi» [1], который вполне подходит для работы с информацией и управления необходимыми элементами. Управление прибором осуществлено при помощи LCD экрана с резистивным покрытием и не будет требовать особых навыков работы. Генератор токовых сигналов реализован на операционных усилителях, которые будут принимать его с микрокомпьютера посредством цифро-аналогового преобразователя. Необходимые для анализа датчики передают информацию на микрокомпьютер аналого-цифровым преобразователем соответственно. После сборки будут проведены опыты с предоставленной ячейкой крови. На данном этапе реализовано несколько рабочих модулей. В том числе преобразователь напряжения в ток, выполнена его отладка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Raspberry Pi в России. URL: <http://raspberrypi.ru/>

ЯДЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕДИЦИНЕ XXI ВЕКА

Фокина Я.И.

МАОУ СОШ № 43, 634063, г. Томск, ул. Новосибирская 38

e-mail: yana.fokina.1998@mail.ru

Ядерная медицина – это один из высокотехнологичных, инновационных и быстроразвивающихся секторов мировой экономики. В XXI веке будут развиваться не только энергетические возможности атома, но активно осваиваться новые, уникальные свойства изотопов.

В медицине ядерные технологии нашли своё наиболее важное применение – это сотни тысяч спасенных жизней. Ядерная медицина – это союз медицины и физики, в которой для профилактики, диагностики и лечения используются обогащенные стабильные и радиоактивные нуклиды. С помощью свойств атома заболевания можно диагностировать еще на клеточном уровне, а радионуклидная терапия является одной из самых эффективных при лечении рака. Учитывая большие перспективы использования радионуклидной диагностики, растет и расширяется число методов исследования – наряду с гамма-камерами и прямолинейными сканерами, компьютерной и магнитно-резонансной томографиями – это однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ), позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), объединенные компьютерная и ПЭТ томографии и это далеко не все. Ядерная медицина – это метод диагностики и лечения при помощи радиофармацевтических препаратов: радиоактивных изотопов, вводимых в организм вместе с фармацевтическими препаратами. Ядерная медицина сейчас достигла своего пика. На нужды ядерной медицины расходуется более 50% годового производства радионуклидов во всем мире. Ведутся активные исследования в области производства радионуклидов, адресной доставки, отработка технологий. Разрабатываются новые радионуклиды, в год появляются один-два новых радиофармпрепарата.

В настоящее время уровень развития ядерной медицины в России заметно уступает экономически развитым странам. Почти все наши сырьевые медицинские изотопы (более 90%) уходят за границу. Преодолеть отставание России в развитии ядерной медицины – значит спасти многие жизни.

АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ С ИНДУКЦИОННЫХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМЫ НА УСТАНОВКАХ ТИПА ТОКАМАК

Чухонастова А.И.

*МБОУ лицей при ТПУ, 634028, г. Томск Томской обл., ул. А. Иванова 4
email: liceum@tpu.ru*

Современные методы построения измерительных систем не исчерпывают возможности своего применения на экспериментальных установках. Они могут применяться для построения систем сбора данных с физических диагностик, для которых требования к точности, помехоустойчивости и скорости передачи данных не такие жесткие, как для систем измерения электромагнитных параметров (СМИ).

В связи с этим, целью проекта является исследование алгоритмов обработки сигналов, измерение и реконструкция параметров магнитного поля

В ходе проекта были получены следующие результаты:

- 1) объем файла с данными составил 3201 Мбайт;
- 2) фактическое время, затраченное на сохранение данных в виде файла - 130 с;
- 3) время передачи файла в сервер - 72 с;
- 4) Время передачи данных, полученных в одном цикле измерения, во внешние системы управления составило 1.7 мкс.

Наличие ошибок, возникающих при передаче данных, определялось путем обработки файла с полученными данными дополнительной подпрограммой, выполняющей поиск выпадений в счетной последовательности.

В результате модельных исследований измерительного канала, был проведен анализ литературных источников, выбраны методы исследования для достижения цели проекта. В рамках проекта проводился анализ методов исследования комплексных алгоритмов и многоканальных измерительных систем для измерения параметров магнитных полей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Обходский А.В., Меркулов С.В. Применение метода динамической коррекции информационных сигналов с датчиков электромагнитной диагностики для повышения качества управления параметрами плазмы на физических установках типа ТОКАМАК // XV международная науч. практ. конференция молодых ученых. Современная техника и технологии: сборник трудов. - Томск. 2009. - Т.2. - С.264-266.

СЕВЕРСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
НИЯУ МИФИ

VII ШКОЛА-КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ АТОМЩИКОВ СИБИРИ

19-21 октября 2016 года

Сборник тезисов докладов

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

Компьютерное макетирование и оформление:
С.А. Кораблева

ISBN 978-5-93915-130-6



Подписано к печати 03.10.2016
Формат 60x84/16. Бумага ксероксная.
Печать RISO. Усл. печ. л. 12,4. Уч.- изд. л. 6,2.
Тираж 200 экз. Цена свободная.
Изд. СТИ НИЯУ МИФИ.
636036, Северск, пр. Коммунистический, 65.
Отпечатано в СТИ НИЯУ МИФИ.