



VIII ШКОЛА-КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ АТОМЩИКОВ СИБИРИ

МОЛОДЫХ АТОМЩИКОВ СИБИРИ

СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ

17 - 19 мая 2017



ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»

АДМИНИСТРАЦИЯ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ОПЕРАТОР ПО ОБРАЩЕНИЮ
С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ

ФГАОУ ВО «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

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

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «СИБИРСКИЙ ХИМИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ»

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ В Г.ТОМСКЕ

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

ТОМСКОЕ ПРОФЕССОРСКОЕ СОБРАНИЕ

VIII ШКОЛА-КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ АТОМЩИКОВ СИБИРИ

Сборник тезисов докладов

17–19 мая 2017 года

Томск
Издательство ТУСУРа
2017

УДК 621.039
Ш67

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

VIII Школа-конференция молодых атомщиков Сибири: сб.
Ш67 тез. докл., 17–19 мая 2017 года. – Томск: Изд-во Томск. гос.
ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2017. – 166 с.
ISBN 978-5-86889-769-6

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 студентов, аспирантов и молодых ученых, интересующихся актуальными вопросами ядерной энергетики и промышленности.

УДК 621.039

ISBN 978-5-86889-769-6

© Государственная корпорация
по атомной энергии «Росатом»
и др., 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Секция Химические технологии атомной промышленности и энергетики

Абашев Р.Р., Богатырёв Н.В., Караваев А.С., Копарулина Е.С., Полянский А.И., Штуца М.Г.

Извлечение урана из некондиционных продуктов

Аксютин П.В.

Разработка способа получения газового потока для окислительной обработки топлива

Алимпиева Е.А., Пищулин В.П.

Разработка аппаратурно - технологической схемы получения уранилнитрата

Алимпиева Е.А., Пищулин В.П., Зарипова Л.Ф.

Конструкции выпарных аппаратов для упаривания уранилнитрата

Андреев В.А., Вислогузова Ю.С., Жиганов А.Н., Кацнельсон Л.М., Кербель Б.М., Костина М.А.

Получение оксида циркония методом непрерывного твердофазного синтеза

Андросов В.О., Пронин В.А., Полянская А.В., Макасеев Ю.Н.

Получение лигатуры Nd-Co внепечным восстановлением из фторидов

Болтовская Н.А., Брендаков В.Н., Кропочев Е.В.

Аддитивная технология фторидного передела металлического вольфрама

Воронина Е.В., Воронина К.В.

Синтез новых химических элементов или как заветная мечта алхимиков воплотилась в жизнь

Воронина К.В., Воронина Е.В.

Кислотное выщелачивание урана с применением железа (III) в качестве окислителя

Грачев Е.К., Илекис В.М., Яблокова Ю.А., Муслимова А.В., Молоков П.Б.

Исследование процесса экстракционной очистки раствора азотнокислого выщелачивания монацита и последующего выделения тория

Дьяченко А.С., Малышева В.А.

Разработка способа глубокой очистки отработанной экстракционной системы

Жабин А.Ю., Апалькова Е.В.

Устройство для выделения осколочных платиноидов в осадок при освещении продуктов кислотного растворения ОЯТ

Зарипова Л.Ф., Алимпиева Е.А., Пищулин В.П.,

Выбор экстракторов для аффинажа урана

Колядко Д.К., Чурсин С.С.

Фазовые превращения при горении системы Zr-Al в режиме СВС

Косолапова Д.А., Урсакий О.В., Гузеева Т.И.

Синтез пентафторида ниобия фторированием ниобийсодержащих веществ элементарным фтором

Кудиярова А.Л.

Особенности химико-термической обработки хромоникелевых сталей для объектов энергетических установок

Labykin M.B., Isachenko D.S.

Theoretical computation model of combustion in self-propagating high-temperature synthesis mode

Малышева В.А.

Извлечение серебра из азотнокислых актиноидсодержащих растворов на твердофазном коллекторе

Полянская А.В., Сачков В.И., Софронов В.Л.

Коррозия гидридов лигатур Nd-Fe в растворах

Пронин В.А., Андросов В.О., Макасеев Ю.Н.

Рафинирование магнитных сплавов методом индукционного переплава

Семенов С.С., Циркунов П.Т., Фатеев Г.А.

Получение наноструктурированного глобулярного пигмента на основе оксидов металлов

Tuzovsky M.A.

Microstresses in solid body and methods for the determination of microstresses

Фролов М.Р., Попов Н.В., Ливандовский А.В., Терещенко Е.В., Кербель Б.М.

Исследования распределения температурного поля в реакционной зоне шахтной печи

Хорохорин В.С., Андросов В.О., Полянская А.В., Пронин В.А., Терещенко Е.В., Макасеев Ю.Н., Софронов В.Л.

Технология получения редкоземельных магнитных сплавов и лигатур

Шрайнер А.Э, Гусаров М.А., Носков М.Д.

Влияние отклонения забоев технологических скважин на эффективность скважинного подземного выщелачивания урана

Секция Актуальные вопросы ядерного нераспространения, безопасность и экология ядерной отрасли

Акимова М.В., Демянюк Д.Г.

Внедрение системы управления ядерными знаниями в образовательное учреждение

Артемов Е.В.

Анализ ядерных материалов с использованием метода нейтронных совпадений

Борисова А. С., Степанов Б. П.

Средства видеонаблюдения в системах безопасности

Бутов А.А., Климонов И.А., Кудашов И.Г., Прибатурин Н.А., Усов Э.В., Чухно В.И.

Расчёт экспериментов серии R на реакторе TREAT кодом ЕВКЛИД/V2 с модулями SAFR/V1 и HYDRA-IBRAE/LM

Вдовенко А. Ю., Демянюк Д. Г.

Уроки разоружения от стран, отказавшихся от ядерного оружия

Волков Д.В., Дурновцев В.Я.

Ядерное оружие: виды, строение, последствия

Годовых П.В.

Вопросы продления срока эксплуатации энергоблока № 1 Ленинградской АЭС

Данейкин Ю.В., Чембура В.С.

Современные угрозы режима ядерного нераспространения в области разоружения между США и РФ

Долгих Л.Ю., Чурсин С.С.

Оценка конструкции низкофоновых камер с помощью системы библиотек GEANT4

Еремеева Т.А., Чурсин С.С.

Идентификация смесей альфа-активных изотопов в целях ядерной криминалистики

Карманова А.В., Носков М.Д.

Моделирование захоронения жидких радиоактивных отходов в глубокозалегающие геологические формации

Конева Д.А., Седнев Д.А.

Концепция применения гарантий на уровне государства: количественная оценка страновых факторов

Лозовский М.А., Селиваникова О.В.

Исследование на радиоактивность продуктов питания

Никишкин Т.Г.

Разработка высокоэффективного концепта портативного детектора гамма-излучения на основе PIN-диодов

Паульс А.В.

Сравнительный анализ законодательств по физической защите ядерных материалов в странах де-юре и де-факто

Пушенко П.А., Седнев Д.А.

Объединение трех компонентов безопасности для реализации принципа синергии 3S

Романовский М.В.

Исследование на радиоактивность продуктов питания

Смирнов А.С.

Анализ влияния на показатели надежности устройства при модернизации техническими средствами защиты от ионизирующего излучения

Татолина А.И., Степанов Б.П., Данейкин Ю.В.

Формирование кросс-культурных коммуникаций в области культуры безопасности

Фатеева Ю. В., Степанов Б. П.

Применение высокочастотных RFID-меток в области ядерных технологий

Шевелева А.А., Степанов Б.П.

Использование элементов теории графов при оценке эффективности систем физической защиты

Секция Перспективные направления развития ядерной энергетики.

Ядерные технологии в инновационной экономике и ядерной медицине

Баранов Н.Н., Жамалетдинова С.О., Столбиков А.А. , Чичимов Д.Е. , Орлова Н.Ю.

Преимущество бионического дизайна при проектировании новых изделий

Гончарова Н.А., Носков М.Д.

Прогнозирование отработки блоков на основе математического моделирования

Григорьева А.А., Милойчикова И.А., Тургунова Н.Д., Рябова А.И., Грибова О.В., Красных А.А., Стучебров С.Г., Черепенников Ю.М.

Измерение температурного сдвига при гипертермии для радиосенсебилизации опухолей головного мозга

Данилова И.Б., Милойчикова И.А., Стучебров С.Г.

Измерение распределения плотности потока электронов в поперечном сечении пучка методом математической реконструкции

Дмитриев С.К., Лебедев И.И., Чертков Ю.Б.

Оптимизация компоновки активной зоны реактора ИРТ-Т для облучения слитков кремния большого диаметра

Дубровка С.П.

Анализ погрешностей при исследовании водных растворов урана методом регистрации рентгеновской флуоресценции

Жамалетдинова С.О., Баранов Н.Н., Столбиков А.А., Чичимов Д.Е.; Орлова Н.Ю.

Исследование структуры изделий из стали 12Х18Н10Т полученных методом селективного лазерного сплавления

Жамалетдинова С.О., Баранов Н.Н., Столбиков А.А., Чичимов Д.Е., Орлова Н.Ю.

Методика подбора режима печати из металлических порошков российского производства по технологии селективного лазерного сплавления

Закусилов В.В., Куприянов В.В.

Получение боросодержащих материалов для защиты от нейтронного и гамма-излучения

Зорькин А.И., Беденко С.В., Кнышев В.В., Украинец О.А.

Перспективы использования торийсодержащего топлива в легководных реакторных установках

Карпович Н.И., Вагнер А.Р., Усов В.Ю.

Количественное планирование нейтрон-захватной терапии опухолей головного мозга по данным кинетики комплексов GD(III) при МРТ

Колотова Е.А., Тургунова Н.Д.

Разработка неинвазивного глюкометра для контроля глюкозы в крови при проведении курса лучевой терапии

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

Оценка изменения нуклидного состава топлива при многократном использовании регенерированного ядерного топлива

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

Экспериментальное исследование глубинных распределений доз пучка электронов медицинского назначения в пластиковых образцах

Кропачев Е.В., Петровский Л.Ю., Карташов Е.Ю.

Исследование процесса изготовления гидридов в технологии изготовления РЗМ-магнитов для атомной отрасли

Луцик И.О., Беденко С.В.

Итерационная схема решения условно-критической задачи в подкритических системах с керамическими делящимися материалами

Молодов П.А., Аникин М.Н., Наймушин А.Г.

Оптимизация состава комплекса формирования нейтронного пучка на реакторе ИРТ-Т для целей нейтрон захватной терапии

Ненуженко М.С., Лавров В.Е., Карташов Е.Ю.

Исследование процесса очистки сплава Nd-Fe-B от примесей методом электрошлакового переплава

Нестеров А.Д., Янова А.О., Носков М.Д.

Применение переменного режима работы скважин для добычи урана гексагональной схемой вскрытия методом СПВ

Новоселов И.Ю., Бабаев Р.Г.

Плазмохимический синтез нанодисперсных оксидных порошков иттрия и циркония

Мендоса О., Новоселов И.Ю., Котельникова А.А.

Плазмохимический синтез металл-оксидных композиций «W-UO₂»

Мотрий И.А., Чертков Ю.Б., Федоров Н.М.

Нейтронно-физические характеристики торийсодержащих ТВС

Переверзева М.А., Милойчикова И.А., ОGREBO A.B., Стучебров С.Г.

Создание трехмерной модели на основе томографических данных пациента

Петровский Н.Е., Шицко Е.Э., Карташов Е.Ю.

*Исследование процесса изготовления сплава NdFeB методом
внепечного кальциетермического восстановления фторидов РЗМ*

Пилипенко А.М., Карташов Е.Ю.

*Разработка подвешного оборудования БПЛА для обследования
высотных колонных аппаратов атомной отрасли*

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

*Определение значения срока службы графита топливных блоков
реактора ГТ-МГР*

Сайран А.

Регистрация биосигналов бесконтактным способом

Столбиков А.А., Жамалетдинова С.О., Баранов Н.Н., Чичимов
Д.Е., Орлова Н.Ю.

*Использование аддитивных технологий для ускорения ремонта
оборудования атомных электростанций*

Serikbekova Z.K.

Device for recording biosignals

Толмач Р.А. , Аникин М.Н., Лебедев И.И., Наймушин А.Г.
*Исследование возможности создания дополнительных каналов для
окрашивания полудрагоценных камней на реакторе ИРТ-Т*

Янова А.О., Нестеров А.Д, Гуцул М.В., Носков М.Д.

*Применение переменных дебитов скважин для повышения
эффективности отработки вытянутого рудного тела способом СПВ*

Секция Автоматизация и информатизация технологий и объектов атомной отрасли

Бугрина В.С., Истомина Н.Ю.

Радиационная обстановка района размещения АЭС

Валитов С.Н., Истомин А.Д., Носков М.Д., Чеглоков А.А.
*Информационная система для проектирования предприятия,
разрабатывающего группу месторождений методом СПВ*

Вильнина А.В., Маркелова А.П.

Стохастический метод моделирования визуализации процесса смещения

Гусаров М.А., Шрайнер А.Э., Носков М.Д.

Применение пентагональной схемы расположения скважин для добычи урана методом СПВ

Гуцул М.В., Истомин А.Д., Носков М.Д., Чеглоков А.А.
Автоматизированное проектирование схем вскрытия залежей геотехнологических предприятий по добыче урана

Дериглазов А.А., Павлов В.М., Голобоков Ю.Н., Меркулов С.В.
Система синхронизации и противоаварийной защиты токамака КТМ

Ибрагимов А. А., Жарков М., Горбачев А.

Автоматизация дронов

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

Распределение потока нейтронов при работе с источником ИБН-10

Клепиков Д.С.

Разработка алгоритма реверсирования выпрямителей с раздельным управлением для источников питания обмоток токамака КТМ

Кербель Б.М., Кацнельсон Л.М., Мелюшонок Н.С., Недоспасов А.А.

Исследование процесса распылительной сушки механических смесей порошков

Кербель Б.М., Кацнельсон Л.М., Недоспасов А.А., Мелюшонок Н.С.

Исследование процесса прессования в производстве технической керамики

Кожевников С.В., Пименов С. А.

Разработка конструкции виброгасящего цоколя для современных ПТС АСУ ТП АЭС

Лихота Т.А., Кербель Б.М., Федосов Н.И.

Моделирование погрешностей средств измерения методом Монте-Карло

Лихота Т.А. , Кербель Б.М.

Методы измерения параметров технической керамики

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

Влияние геометрии емкостей на динамику их заполнения десублимированным UF_6

Маркелова А. П., Вильнина А. В.

Математическая основа моделирования технологии визуализации процесса смещения на основе геометрического подобия

Невоструев Н.А., Чертков Ю.Б.

Использование эффекта изменения спектра нейтронов на нейтронно-физические параметры реактора

Николаев А.В., Шелопугин Д.С., Криницын Н.С., Дядик В.Ф.
РАСЧЕТ Распределения потока жидкости в трубчатке теплообменника

Орлов А.А., Ушаков А.А., Совач В.П.

Моделирование процесса заполнения каскада газовых центрифуг для разделения изотопов никеля при подаче потока питания в различные ступени

Ревенко К.Е., Чурсин С.С.

Альфа-спектрометрия толстых источников

Сакирко Г.К., Истомин А.Д., Носков М.Д.

Программное обеспечение для планирования горноподготовительных и горных работ предприятия по добыче урана методом скважинного подземного выщелачивания

Саминов Э.Р., Поздняков А.Н.

Современные ПТС для СВУ АСУ ТП АЭС

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

Методы кластерного анализа для классификации эксплуатационных блоков предприятий по добыче урана методом скважинного подземного выщелачивания

Толмачев С.А, Чурсин Ю.А.

Разработка устройства управления синхронным двигателем

Чурсин Ю.А., Кретов А.В.
Разработка отказоустойчивого устройства, управляемого через сеть Интернет

Юров А.В., Леонов С.В.
Диагностика программного обеспечения оборудования атомной отрасли

**Секция Безопасные технологии обращения с РАО
(организована по инициативе ФГУП «НО РАО»)**

Абрамец В.В., Долматов Д.О., Салчак Я.А.
Разработка математической модели реконструкции структуры сварного соединения на основе акустических данных

Алюков Е.С., Каренгин А.А.
Энергоэффективная плазменная обработка отходов переработки ОЯТ

Жирников Д.В., Парецков Е.Н., Шестакова Л.А.
Подготовка к выводу из эксплуатации бассейна-хранилища РАО горно-химического комбината

Зубов В.В., Тундешев Н.В., Кулиев Р.У.
Плазменная конверсия «отвального» гексафторида урана

Иванова А.А., Беденко С.В., Луцик И.О.
Выжигание младших актиноидов в эпитепловом спектре нейтронов

Кокорев О.Н., Николаев И.Г.
К обоснованию безопасности эксплуатации пункта глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов филиала «Северский» ФГУП «НО РАО»

Кузьмин В.С., Посохов Д. В.
Разработка перовскито-подобной матрицы для иммобилизации радиоактивных отходов в режиме технологического горения

Меркулов И.А., Мацеля В.И., Сеелев И.Н., Корнеев М.И., Орешкин Е.А.

Обоснование возможности долговременного хранения в водоохлаждаемом хранилище ХОТ-1 ФГУП «ГХК» ОЯТ реакторов ВВЭР-1000 с повышенным начальным обогащением и выгоранием

Меркулов И.А., Мацеля В.И., Сеелев И.Н., Корнеев М.И., Орешкин Е.А.

Продление срока эксплуатации водоохлаждаемого хранилища ОЯТ ВВЭР-1000 (ХОТ-1) ФГУП «ГХК»

Петренко Б.Ю., Абрамов О.Ю., Селявский В.Ю., Ушаков Д.А., Шиманский С.А.

Дезактивация металлических поверхностей оборудования ХМП

Седанова Е.П., Седнев Д.А., Салчак Я.А.

Количественная оценка напряжений сварных швов контейнеров с ОЯТ с различными типами дефектов

Сеелев И.Н., Орешкин Е.А.

Повышение безопасности технологий обращения с радиоактивными отходами

Теровская Т.С., Кеслер А.Г., Носков М.Д.

Моделирование глубинного захоронения РАО в продуктивный горизонт после завершения добычи урана методом скважинного подземного выщелачивания

Шеховцова А.П., Квашнин А.В.

Обращение с радиоактивными отходами на Курской АЭС

Секция Ядерные технологии – шаг в будущее (для школьников)

Бельский В. А.

Моделирование схемы источника питания для рентгеновской трубки томографа

Бояринцев А.

Роль атомной энергии в общем энергобалансе Российской Федерации

Гага А. С.

Получение костнозамещающих имплантатов на основе кальциевых фосфатов и полилактида методом 3D-печати

Головина Л. А.

Исследование процесса модификации частиц пигментного диоксида титана, полученного фторидным способом

Горбачев А.С., Ибрагимов А.А., Жарков М.И..

Обеспечение защищённой передачи информации по радиоканалу

Дедов А.А., Дериглазов А.А.

Реализация прототипа устройства контроля и управления параметрами микроклимата

Жарков М.И., Горбачев А.С., Ибрагимов А.А.

Сеть взаимодействия автономных устройств на производстве

Михно А.С., Хрипунов Г.И.

Исследование разработки источника холодной плазмы

Неволин Н.Р.

Применение технологий высокочастотной идентификации в задачах учета и контроля ядерных материалов

Никитин А.В., Истомина Н.Ю.

Расчет радиационной обстановки территории размещения Калининской АЭС с помощью программного комплекса АРИА

Ничинский И. М.

Исследование возможности использования вихретокового метода контроля для получения информации о форме электропроводящих объектов

Песенкова Я. А.

Пищевые красители в продуктах питания

Радков А. Д.

Обеспечение защищенности предприятий ядерной энергетики

Степанов И. И.

Способы защиты от ионизирующего излучения

Сутурин С.Е., Ярушин Д.Б., Кербель Б.М.

Расчет и проектирование лабораторной шаровой мельницы для приготовления механических смесей порошков к твердофазному синтезу

Туркасов В. А.

Методы и приборы регистрации смешанных полей ионизирующего излучения

Ушаков Р. Е.

Получение неорганического теплоизоляционного материала с высокими эксплуатационными характеристиками

Шелухин Д.Д., Дериглазов А.А.

Автоматическая система управления температурой в закрытом помещении

Секция
Химические технологии атомной промышленности и
энергетики

ИЗВЛЕЧЕНИЕ УРАНА ИЗ НЕКОНДИЦИОННЫХ ПРОДУКТОВ

*Абашев Р.Р., Богатырёв Н.В., Караваев А.С., Копарулина Е.С.,
Полянский А.И., Штуца М.Г.*

*АО «Чепецкий механический завод», 427 622 Российская
Федерация, Удмуртская Республика, г. Глазов, ул. Белова, д.7
e-mail: kit-nekit@mail.ru*

За время производства урана в АО ЧМЗ скопилось большое количество разнородных некондиционных продуктов (сплавы, оксидные соединения, соли), содержащих обеднённый уран. В некоторых случаях содержание «примесных компонентов» в сырье значительно выше урана.

В связи с необходимостью уменьшения занимаемых складских площадей и улучшения общей экологической ситуации встал вопрос о необходимости переработки продуктов или перевода в РАО. В виду того, что перевод в РАО чрезвычайно затратен, в АО ЧМЗ было принято решение о переработке некондиционных продуктов, содержание урана 235 в которых позволяет вовлечь их в ЯТЦ.

За основу способа переработки некондиционных урансодержащих продуктов была выбрана схема переработки концентратов природного урана. Однако для получения продукции требуемого качества в схему были внесены существенные изменения с учётом имеющегося оборудования: усовершенствованы способы выщелачивания, уточнены параметры прокали кристаллов АУТК, разработана схема утилизации оборотных растворов и отходящих газов.

Разработанная и запущенная схема включает в себя следующие операции:

- Азотнокислосое выщелачивание оксидно-солевого сырья.
- Сжигание металлического сырья, с последующим азотнокислым выщелачиванием.
- Солянокислосое выщелачивание металлического сырья с последующим переосаждением щелочами и азотнокислым выщелачиванием.
- Экстракционный аффинаж азотнокислых растворов.
- Твердофазная ректификация с получением кристаллов АУТК.
- Отмывка кристаллов АУТК.
- Прокаливание кристаллов с получением готовой продукции.

Разработанная и внедрённая схема позволяет получать из некондиционного сырья продукт высокой чистоты, пригодный для последующего прямого получения компонентов ЯТЦ.

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ГАЗОВОГО ПОТОКА ДЛЯ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ТОПЛИВА

Аксютин П. В.

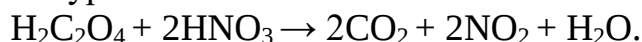
ФЯО ФГУП «ГХК», г. Железногорск, ул. Ленина 53, 662972

e-mail: atomlink@mcc.krasnoyarsk.su

Одним из перспективных путей усовершенствования технологии регенерации облученного топлива является окислительная обработка фрагментов ТВЭЛ с использованием системы окислителей.

Целью данной работы являлась разработка и апробация способа получения газового потока, пригодного для окислительной обработки топлива, заключенного в циркониевую оболочку.

Для получения газового потока использовали продукты окисления азотной кислотой каталитически активируемого индуктора. В качестве индуктора использовали щавелевую кислоту. Суммарная реакция описывается уравнением:



Процесс проводили в динамическом режиме в насадочном аппарате колонного типа. В качестве насадки использовали твердофазный катализатор с нанесенным слоем платины. Водный поток пропускали через слой катализатора при температуре 75-85 °С [1].

Соотношение между щавелевой и азотной кислотами выбирали таким образом, чтобы остаточное содержание щавелевой кислоты в отработанном растворе составляло не более 0,5 % от исходного количества.

При использовании полученного газового потока для окислительной обработки фрагментов топлива получили во всех случаях не пылящий порошок чёрного цвета, полностью отделенный от оболочек. По результатам гравиметрического анализа, полученный порошок соответствовал брутто формуле U_3O_8 .

Из результатов работы можно сделать вывод о возможности использования газового потока, полученного путем каталитического разложения щавелевой кислоты азотной, для окислительной обработки фрагментов топлива реального состава.

ЛИТЕРАТУРА

1. Матюха В.А. Оксалаты редкоземельных элементов и актинидов. – М.: ИздАТ, 2008. – 607 с.

РАЗРАБОТКА АППАРАТУРНО - ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ УРАНИЛНИТРАТА

Алимпиева Е.А., Пищулин В.П.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,

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

katerinka_alimpieva@mail.ru

При проведении технологических операций переработки урановой руды требуется отделение основного количества примесей. Но так как исходное содержание примесей обычно в сотни раз превышает содержание урана, то даже при применении селективных методов извлечения (сорбция, экстракция) конечные концентраты содержат 60-80% урана и 5-20% примесей. Применение таких продуктов в качестве ядерного топлива недопустимо. Необходима более тонкая очистка для достижения ядерной чистоты.

На основании литературного обзора разработана аппаратурно-технологическая схема установки получения уранилнитрата. Технологический процесс начинается с растворения концентратов природного урана U_3O_8 , в азотной кислоте концентрацией 40-60 %, которая подаётся в реактор из мерника при температуре 60-80 °С, в каскаде из двух аппаратов – агитаторов.

Загрузка уранового сырья в реактор растворения осуществляется через герметичный загрузочный бункер. Полученный раствор уранил нитрата (с концентрацией 260 г/л и содержанием свободной азотной кислоты 100 г/л) с взвесью не растворившихся примесей, поступает для их удаления в центрифугу. После центрифугирования сгущенная пульпа с нерастворимыми примесями и промывной раствор самотеком поступает в контейнер, где дальше отправляется на переработку и последующее захоронение, а фугат в виде раствора нитрата уранила отводится в бак-накопитель, из которого при помощи насоса перекачивается в напорную емкость, откуда самотеком поступает в колонну на дальнейший экстракционный передел.

Экстракционный аффинаж осуществляется в каскаде из четырех последовательно соединенных экстракционных колонн (экстракционная, промывная, реэкстракционная и регенерационная). Реэкстракт – ядерночистый водный раствор уранил нитрата с концентрацией 260 г/л и избытком свободной азотной кислоты – не более 100 г/л поступает в емкость-хранилище. Далее раствор $UO_2(NO_3)_2$ поступает в теплообменник, затем концентрируется до 500 г/л по урану в выпарном аппарате с выносной греющей камерой, далее после охлаждения в холодильнике, накапливается в емкостях-хранилищах и транспортируется на сублиматное производство для получения оксидов и гексафторида урана.

КОНСТРУКЦИИ ВЫПАРНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ УПАРИВАНИЯ УРАНИЛНИТРАТА

Алимпиева Е.А., Пищулин В.П., Зарипова Л.Ф.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,

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

katerinka_alimpieva@mail.ru

Сегодня перспективными являются электродные выпарные аппараты. Основными частями в них являются корпус, электроды и система токоподвода. Иногда в качестве одного из электродов используются корпус аппарата цилиндрической или прямоугольной формы. Разработанные конструкции аппаратов прямого электронагрева различаются формой электродов, расположением электродных групп в аппарате, устройствами, позволяющими улучшить условия эксплуатации электродов, увеличить производительность аппарата, уменьшить гидравлическое сопротивление электродной греющей камеры, обеспечить высокую скорость циркуляции раствора в аппарате.

В зависимости от формы межэлектродного пространства греющие камеры делят на аппараты с межэлектродным пространством прямоугольной формы, круглого и кольцевого сечения с перфорированной перегородкой между электродами, с дополнительными элементами из диэлектрического материала в межэлектродном пространстве. Определено напряжение пробоя различных растворов электролитов, а также исследовано кинетика процесса одновременного упаривания и термической денитрации уранилнитрата в диафрагменном разряде в растворе.

Электрический пробой, возникающий в отверстии перфорированной перегородки под действием переменного электрического тока, при повышении напряжения электрического тока превращается в устойчивый импульсно-дуговой диафрагменный разряд в растворе. Разряд характеризуется высокой локальной плотностью электрического тока около 10^2 - 10^3 А/см², температурой $5 \cdot 10^3$ - $5 \cdot 10^4$ К в канале разряда, что позволяет использовать энергию разряда как для упаривания раствора, так и для термического разложения молекул растворенного вещества.

Изучение кинетики данного процесса показало, что скорость термического разложения $UO_2(NO_3)_2$ до гидратированных оксидов четырех и шести валентного урана, пропорциональна удельной мощности электрического разряда W и описывается эмпирическим уравнением. Полученная суспензия использована для полного осаждения урана в производстве оксидов урана термической, а также химической денитрацией.

ПОЛУЧЕНИЕ ОКСИДА ЦИРКОНИЯ МЕТОДОМ НЕПРЕРЫВНОГО ТВЕРДОФАЗНОГО СИНТЕЗА

*Андреев В.А., Вислогузова Ю.С., Жиганов А.Н., Кацнельсон Л.М.,
Кербель Б.М., Костина М.А.*

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

В Северском технологическом институте НИЯУ МИФИ ведутся исследования по применению технологии непрерывного твердофазного синтеза (НС) для получения керамических материалов с улучшенными характеристиками [1]. Одним из направлений применения технологии НС является получение порошков диоксида циркония с улучшенными характеристиками для производства высококачественной функциональной керамики. ZrO_2 используется в производстве огнеупоров, керамики, эмалей, стёкол; применяется в стоматологии для изготовления зубных коронок, а также в качестве сверхтвёрдого материала. Технология НС позволяет получать порошки оксида циркония с заданными характеристиками из других соединений циркония, например, $ZrCO_3$. Кроме того, НС можно использовать для модифицирования структуры порошков ZrO_2 , полученных другими способами. При этом в процессе термоудара происходит изменение гранулометрического состава, формы частиц и т.д. [2]. Исследования по получению оксида циркония из его карбоната и модифицированию структуры ZrO_2 по методу НС проводили в шахтной печи с оригинальной системой загрузки и выгрузки материала, обеспечивающей условия возникновения термоудара. Исследовали зависимость фазового и гранулометрического состава полученных порошков от продолжительности и температуры процесса, а также от исходного гранулометрического состава $ZrCO_3$ и ZrO_2 . Полученные результаты сравнивали с традиционными технологиями получения ZrO_2 . Сделаны выводы о возможности применения технологии НС для получения порошков диоксида циркония с улучшенными характеристиками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Katsnelson L. M., Kerbel B.M. Continuous solid-phase synthesis of ultra- and nano powders of oxide materials for producing high-functional ceramics // Non-ferrous metals, 2012. -№1. p. 34-37.
2. Кацнельсон Л.М., Кербель Б.М. Особенности формирования наноструктурных порошков сложных оксидных материалов по технологии непрерывного твердофазного синтеза // Российские нанотехнологии, 2015. –Т.10. –№1-2. –С. 66-71.

ПОЛУЧЕНИЕ ЛИГАТУРЫ Nd–Co ВНЕПЕЧНЫМ ВОССТАНОВЛЕНИЕМ ИЗ ФТОРИДОВ

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

В настоящее время получили широкое распространение высокоэнергетические постоянные магниты.

Микроструктура такого постоянного магнита должна в идеальном случае состоять из двух фаз: $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ и богатой неодимом фазы.

Анализ литературных источников показал, что подмешивание легирующих добавок, содержащих богатую неодимом фазу, к порошку стехиометрического состава на стадии помола сплава Nd–Fe–B приводит к значительному повышению магнитных свойств магнитов. Наибольший эффект получается от использования добавок типа Nd_3Co .

Был предложен внепечной способ получения сплава неодим–кобальт, включающий фторирование сырья, содержащего кобальт, и кальцийтермическое восстановление смеси $\text{NdF}_3\text{--CoF}_3$.

Установлено, что фториды кобальта можно получить из любого вида сырья, содержащего оксиды кобальта. Фторирование проводится фтороводородом или элементарным фтором.

Изучение внепечного процесса кальцийтермического восстановления $\text{NdF}_3\text{--CoF}_3$ показало что:

- процесс кальцийтермического восстановления CoF_3 обладает большей термичностью, чем процесс восстановления FeF_3 . Что обуславливает большие содержание неодима и выход в слиток лигатуры Nd–Co в сравнении с лигатурой Nd–Fe,;

- выход сплава в слиток, его структура и качество зависят от качества NdF_3 и CoF_3 , свойств шихты и давления в реакторе.

- сплав легко окисляется на воздухе и очень хрупок.

ЛИТЕРАТУРА

1. П.А. Буйновский, Ю.П. Штефан, Ю.Н. Макасеев. Получение лигатур на основе РЗМ внепечным фторидным методом с розливом расплава в медную изложницу // Тез. докл. Международная научная конференция по металлургии. – Красноярск: 1998

АДДИТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ФТОРИДНОГО 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

Аддитивная технология и процесс восстановления фторидов тугоплавких металлов водородом позволяют получать металлы высокой чистоты, избирательно наносить покрытия различного назначения на изделия любой природы, что будет способствовать сохранению уникальных свойств элемента, формировать заготовки и изделия разнообразной сложной формы, которые трудно изготовить существующими методами обработки металлов.

Вольфрам является самым тугоплавким металлом, обладающим высокой степенью твердости и химической нейтральностью. Производство уникальных изделий и покрытий из вольфрама в ряде случаев возможно только при использовании процесса восстановления гексафторида вольфрама водородом. Необходимый для этого WF_6 готовят фторированием вольфрама фтором с последующей конденсацией полученного продукта. Однако при этом достигается относительно низкая полнота использования фтора, что удорожает продукцию и требует обезвреживания выходящих газов.

Для решения этой и других проблем, таких как скорость процесса формирования изделия, определение оптимальной температуры, режим отвода газов, давления, концентрации и др. параметров, необходимо сформулировать ряд новых задач.

Рассмотрев ранее проводившиеся эксперименты (размещение трапециевидных лодок на разных ярусах в процессе фторирования, реакционных камер с газоотводными трубками и др.) предлагаем усовершенствовать данные процессы, решить поставленные задачи, внести новизну и постараться создать реальную установку, что в будущем предоставит возможность печати изделий из металлического вольфрама при помощи 3D-принтера.

СИНТЕЗ НОВЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЛИ КАК ЗАВЕТНАЯ МЕЧТА АЛХИМИКОВ ВОПЛОТИЛАСЬ В ЖИЗНЬ

Воронина Е.В., Воронина К.В.

Руководители: Молоков П.Б., Циркунов П.Т., Семенов С.С.,

Букреева Т.М.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,

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

e-mail: pbtolokov@mephi.ru

Ещё тысячелетия назад древние алхимики мечтали осуществить трансмутацию, то есть превратить не благородные металлы (Hg или Pb) в благородный металл (Au). Веками они искали философский камень – вещество способное произвести это превращение, но их попытки не увенчались успехом. Однако в наше время заветная мечта алхимиков стала реальность, и всё благодаря открытию радиоактивности. Но по иронии судьбы, получение Au из Hg или Pb оказалось не рентабельным. Зато синтез новых химических элементов, которые не встречаются в природе, имеет большое научное значение, и в перспективе может изменить промышленность.

Сейчас удалось синтезировать элементы до 118 номера. К сожалению, большинство искусственных химических элементов имеют крайне малое время жизни (меньше секунды), и это время становится тем меньше, чем больший порядковый номер имеет элемент. При этом чем дальше находится элемент в периодической таблице, тем сложнее его синтезировать, поскольку для получения этих элементов приходится синтезировать нестабильные ядра имеющихся в природе химических элементов, а затем их нужно ещё соединить между собой, разгоняя в специальных ускорителях частиц.

Тем не менее, существует теория оболочечного строения ядер химических элементов, которая прогнозирует о так называемых «островах стабильности». Согласно этой модели, ядро атома состоит из "слоев" нейтронов и протонов. Если оболочки заполнены, то ядро более устойчиво. Таким образом изотопы с ядрами, содержащими определенное количество нейтронов и протонов - "магические числа" - могут существовать достаточно долго. Особенно стабильными являются дважды магические химические элементы, такие как He², O⁸, Ca⁴⁰, Sn⁵⁰, Pb⁸² и ещё не открытый 126 элемент.

310 изотоп 126 элемента представляет большой научный и возможно практический интерес, поскольку он не только находится на острове стабильности и имеет повышенное время жизни, но и является g-элементом, а значит, обладает очень интересными физико-химическими свойствами.

КИСЛОТНОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ УРАНА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЖЕЛЕЗА (III) В КАЧЕСТВЕ ОКИСЛИТЕЛЯ

Воронина К.В., Воронина Е.В.

Руководители: Молоков П.Б., Циркунов П.Т., Семенов С.С.,

Букреева Т.М.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,

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

e-mail: pbmolokov@mephi.ru

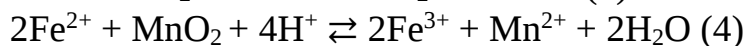
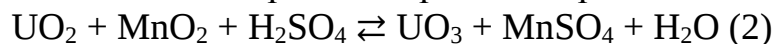
Добыча, очистка и производство урана являются очень актуальными в наше время. Поскольку из урана производят ядерное топливо и ядерное оружие, а из урана-238 получают плутоний-239.

Данная работа посвящается одной из начальных стадий добычи урана – его выщелачиванию, а если быть точнее, то кислотному методу выщелачивания с применением трёхвалентного железа.

Кислотное выщелачивание UO_3 протекает по реакции:



Диоксид урана плохо растворим в концентрированной серной кислоте и практически не растворим в разбавленной H_2SO_4 . Поэтому приходится применять окислители для перевода U^{4+} в U^{6+} . Для этой цели часто применяется минерал пиролюзит, содержащий 50% сильного окислителя MnO_2 . При этом протекают реакции:



Реакция (2) очень медленная, так как необходим контакт двух твердых фаз (UO_2 и MnO_2), но эта реакция значительно ускоряется при наличии сильного окислителя Fe^{3+} . В рудах железо обычно присутствует в форме FeO (реакция 4). Ион железа служит передатчиком электронов от урана к окислителю.

Недостаток использования марганца в качестве окислителя: с экологической точки зрения уже на стадии экстракции в рафинате накапливается марганец (до 1,5 – 2 г/л), а он достаточно токсичен. Даже при обработке рафината известью до $\text{pH} = 8$ марганец полностью не удаляется. Поэтому, в основном, для окисления используется Fe (III) и O_2 .

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИОННОЙ ОЧИСТКИ РАСТВОРА АЗОТНОКИСЛОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ МОНАЦИТА И ПОСЛЕДУЮЩЕГО ВЫДЕЛЕНИЯ ТОРИЯ

*Грачев Е.К., Илекис В.М., Яблокова Ю.А.,
Муслимова А.В., Молоков П.Б.*

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

В Российской Федерации существует актуальная государственная программа по развитию редкоземельных металлов. Их основной источник в природе минерал монацит $((Ce, La...)PO_4)$. В нем также содержится большое количество тория (35% ThO_2), иногда урана (от 0,1 до 0,3%). Технологические схемы подразумевают совместное извлечение U, Th и РЗЭ. В соответствии с этим возникает вопрос о дезактивации получаемых концентратов РЗЭ.

Содержание Th в монаците довольно велико. Изотоп Th^{232} так же, как и изотоп U^{238} тепловыми нейтронами не делится, но в реакции радиационного захвата теплового нейтрона образует отсутствующий в природе новый делящийся нуклид U^{233} . Поэтому разделение РЗЭ и Th может стать ключевой задачей, так как полученный Th может пойти на реализацию уран-ториевого ядерно-топливного цикла.

В растворе азотнокислого выщелачивания монацита уран, РЗЭ, торий и примесные элементы находятся в виде катионов, поэтому применение методов ионного обмена не будет эффективным. В данном случае, экстракция является наиболее полезным способом, так как необходима дезактивация РЗЭ. Либо экстракция необходима в том случае, когда металлы, обладая настолько близкими свойствами, что одна операции осаждения или кристаллизации не дадут необходимой степени разделения.

Но в тоже время возникает ряд трудностей. Например, выбор экстрагента для достижения высокого коэффициента распределения. Также для экстракционного извлечения и разделения РЗЭ с помощью нейтральных экстрагентов необходимы нитратные растворы. Серьезной проблемой является интерференция линий спектров элементов, при атомно-эмиссионном анализе экстрагента и рафината.

В данном докладе, авторами будет рассмотрен процесс разделения РЗЭ и Th(U) в системе 40% ТБФ, проблемы, связанные с этим процессом, а так же дана оценка эффективности.

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ГЛУБОКОЙ ОЧИСТКИ ОТРАБОТАННОЙ ЭКСТРАКЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

*Дьяченко А.С., Малышева В.А.
ФГУП «ГХК», 662972 г. Железногорск,
Красноярский край, ул. Ленина 53
email: atomlink@mcc.krasnoyarsk.su.*

Многолетняя эксплуатация органических растворов на основе трибутилфосфата (ТБФ) при экстракционной переработке ОЯТ приводит к накоплению в экстракционной системе продуктов радиолиза, что снижает селективность экстрагента и ухудшает его гидродинамические свойства.

В настоящее время отсутствуют технологически приемлемые способы глубокой переработки экстракционных систем на основе ТБФ, а основным направлением обращения является глубинное захоронение в подземные пласты-коллекторы.

Задачей настоящей работы была реализация глубокой очистки отработанной экстракционной системы на основе ТБФ в гексахлорбутадиене.

Обработку экстракционной смеси вели в одну или две стадии водным раствором, содержащим твердофазную дисперсную систему. Компонентами твердофазной композиции являлся гидратированный диоксид циркония и гидратированный металлический цирконий в массовом соотношении 1:1-1:10. Единичный агрегат состоял из ядра, представляющего собой частицу гидратированного циркония размером 50-550 нм, вокруг которого находился гидратированный диоксид циркония.

Отличие вариантов обработки состояло в отсутствии межфазной транспортировки дисперсной системы при одностадийном процессе. В двух стадийном процессе возврат дисперсной системы из органического раствора в водный вели оксалат-содержащим раствором.

Обработку органического раствора проводили в роторно-дисковой колонне при соотношении водного и органического потоков 1:1 и температуре 25 °С.

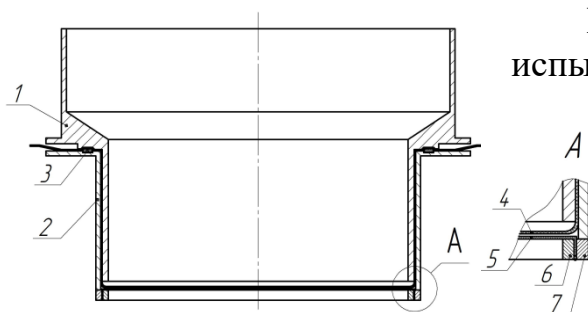
По результатам γ - и ИК-спектрометрического анализа, оценке вязкости и скорости расслаивания органических растворов был сделан вывод о том, что очистка составляет не менее 80% как от продуктов деградации экстракционной смеси, так и от продуктов деления. Использование предлагаемого способа глубокой переработки отработанного экстрагента позволит вернуть его в экстракционный цикл.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ОСКОЛОЧНЫХ ПЛАТИНОИДОВ В ОСАДОК ПРИ ОСВЕЩЕНИИ ПРОДУКТОВ КИСЛОТНОГО РАСТВОРЕНИЯ ОЯТ

Жабин А.Ю., Апалькова Е.В.

*ФЯО ФГУП «Горно-химический комбинат», 662970, г. Железногорск,
ул. Ленина 53, e-mail: atomlink@mcc.krasnoyarsk.su*

Разработанный в НП МЦИК ФГУП «ГКХ» способ извлечения металлов платиновой группы (МПП) из волокислированного отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) предполагает выделение осколочных Pd, Rh, Ru в осадок (для их последующей переработки) на операциях растворение-осветление при переработке ОЯТ [Патент № 2607644 от 10.01.2017]. Реализация разработанного способа предусматривает максимально полное удаление твердой фазы, содержащей МПП, из продукта кислотного вскрытия ОЯТ.



По результатам лабораторных испытаний предложена конструкция устройства типа фильтра-картриджа для микрофльтрационного осветления продуктов кислотного растворения ОЯТ, содержащая цилиндрический корпус (1), обжимное кольцо

(2), прокладку (3), фильтрующие перегородки (4,5) с уплотнительными кольцами (6,7) [Патент № 158796 от 20.01.2016].

Жесткозакрепленная фильтрующая перегородка (4) выполнена из металлокерамической мембраны TRUMEM с размером пор 150 нм, сменная перегородка (5) – из фторопластовой микрофльтрационной мембраны МФФК-1Г с размером пор 150 нм. Корпус устройства выполнен из нержавеющей стали марки 12Х18Н10Т.

Использование разработанного устройства позволяет получить требуемую степень очистки раствора от твердой фазы (осветления), дистанционно производить извлечение и замену отдельных частей устройства и микрофльтрационной перегородки, сократить объем образующихся твердых радиоактивных отходов (ТРО) за счет получения компактной формы отделенных осадков, а геометрия устройства обеспечивает ядерную безопасность процесса осветления.

Эффективность применения устройства подтверждена его апробацией в ходе растворения и осветления волокислированного ОЯТ ВВЭР-1000 с глубиной выгорания 53 ГВт×сут/тU после 7 лет выдержки. Концентрация твердой фазы в продукте после осветления составила менее 300 мг/л при исходном содержании 19,2 г/л.

ВЫБОР ЭКСТРАКТОРОВ ДЛЯ АФФИНАЖА УРАНА

*Заринова Л.Ф., Алимпиева Е.А., Пищулин В.П.,
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический 65,
katerinka_alimpieva@mail.ru*

Процесс экстракции широко применяется при аффинаже урана, переработки отработанного ядерного топлива, извлечении урана из отходов химико-металлургического производства, получении ядерного топлива АЭС и т.д.. Промышленные экстракторы – это аппараты непрерывного действия. По характеру изменения состава жидких фаз экстракционные аппараты делятся на смесительно-отстойные, колонные и центробежные.

Смесительно-отстойные экстракторы используют для смешения и разделение фаз в каждой ступени. Они бывают: внутренний смесительно-отстойный экстрактор с рециркуляцией потоков, ящичного типа, пульсационный смесительно-отстойный экстрактор, пульсационный смесительно-отстойный экстрактор с принудительной транспортировкой фаз, вертикальный смесительно-отстойный импульсный экстрактор. Колонные экстракторы используются в тех случаях, когда требуется большое число теоретических ступеней экстракции. Существуют: полая распылительная колонна, насадочный колонный экстрактор, насадочная пульсационная колонна, ситчатая пульсационная колонна и другие. Для увеличения интенсивности процесса в аппараты устанавливают различные насадки. В центробежных экстракторах процесс экстракции и разделение фаз протекает в центробежном поле, где контакт фаз может осуществляться как ступенчато, так и непрерывно. Различают два типа центробежных экстракторов: дифференциально-контактные и ступенчатые.

Выгодно и целесообразно использовать центробежные экстракторы:

- для процессов, в которых надо реализовать разницу в скорости экстракции элементов для увеличения их коэффициентов разделения.
- для процессов, требующих малого времени контакта фаз из-за разрушающего действия радиоактивности на экстрагент или изменения свойств растворов во времени;
- для процессов, требующих ограничения объема жидкостей;
- для процессов, в которых используются вязкие и малоотличающиеся по плотности жидкости, склонные к образованию стойких эмульсий.

В процессе работы НЗХК параллельно с колонными внедряют центробежные экстракторы.

ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ПРИ ГОРЕНИИ СИСТЕМЫ ZR-AL В РЕЖИМЕ СВС

Колядко Д.К., Чурсин С.С.

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

Современная ядерная энергетика нуждается в разработке новых функциональных материалов, способных длительное время работать в жестких условиях эксплуатации не изменяя при этом свои физико-химические свойства. Сложность эксплуатации связана с тем, что происходит облучение материалов большими потоками ионизирующего излучения при высоких температурах и давлениях.

Одной из перспективных технологий для получения функциональных материалов является самораспространяющийся высокотемпературный синтез, который обладает рядом преимуществ. Данная технология позволяет получать интерметаллидные соединения с различными функциональными свойствами.

Интерметаллидные соединения получили широкое распространение в технике благодаря сочетанию в себе уникальных свойств, присущих каждому из металлов в отдельности.

В данной работе рассмотрены фазовые превращения при горении системы Zr-Al в режиме самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Цирконий и алюминий вступают в сильную экзотермическую реакцию во время горения, что приводит к сложному распределению температурных полей в образце. В результате синтеза возможно образование следующих интерметаллидных соединений: $ZrAl_3$, $ZrAl_2$, $ZrAl$, Zr_5Al_3 . Так же установлено, что помимо интерметаллидных фаз возможно образование оксидов и нитридов при взаимодействии образца во время горения с воздухом. Показано, что при варьировании параметров синтеза возможно изменение соотношения между фазами интерметаллидных соединений, что естественным образом будет сказываться на физико-химических свойствах конечного продукта.

Образование фаз связано с распределением температурных полей в образце непосредственно во время синтеза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Райлли Д., Энслин Н., Смит Х., Крайнер С. Пассивный неразрушающий анализ ядерных материалов: Пер. с англ. – М.: ЗАО «Издательство Бином», 2000. – 720 с.

СИНТЕЗ ПЕНТАФТОРИДА НИОБИЯ ФТОРИРОВАНИЕМ НИОБИЙСОДЕРЖАЩИХ ВЕЩЕСТВ ЭЛЕМЕНТНЫМ ФТОРОМ

Косолапова Д.А., Урсакий О.В., Гузеева Т.И.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
г.Северск Томской обл., пр.Коммунистический, 65,
e-mail: t.guzeeva@yandex.ru

Пентафторид ниобия может применяться для получения порошков и при нанесении композиционных тантал-ниобиевых, вольфрам-ниобиевых покрытиях при совместном восстановлении соответствующих высших фторидов водородом для защиты оболочек ТВЭЛов. Кроме этого пентафторид ниобия – NbF_5 используется в нефтеперерабатывающей промышленности в качестве катализаторов изомеризации, алкилирования и фторирования хлорфторуглеводородов [1].

Безводный пентафторид ниобия может быть получен фторированием чистых веществ, а также из вторичного ниобийсодержащего сырья.

Термодинамические расчеты показали, что фторирование ниобия протекает последовательно с образованием ди-, три, тетра- и пентаниобия.

Были проведены исследования фторирования стружки ниобия фтором. Для определения оптимальных параметров процесса были выполнены исследования кинетики процесса в интервале температур 300–500 °С на установке с непрерывным взвешиванием массы навески. Экспериментальные данные обработаны по уравнению гетерогенной кинетики: $1-(1-\alpha)^{2/3} = kt$. По результатам экспериментальных данных и их математической обработки рассчитано значение кажущейся энергии активации и определено, что в указанном диапазоне температур лимитирующей стадией фторирования стружки ниобия фтором является диффузия реагентов из объема реактора. Выведено уравнение для описания кинетики процесса. Отмечено высокое коррозионное воздействие пентафторида ниобия на материалы реактора при фторировании ниобия, которое обуславливается взаимодействием NbF_5 с пассивационной плёнкой из дифторида никеля. Рассмотрены методы защиты реактора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Панов В.С., Ракова Н.Н., Колобов Г.А. Технологии вторичных тугоплавких редких металлов (обзор). // Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. 2014. – № 1. – С. 41–48. ISSN: 0021-3438 eISSN: 2412-8783

ОСОБЕННОСТИ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ХРОМОНИКЕЛЕВЫХ СТАЛЕЙ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Кудиярова А.Л

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

Хромоникелевые стали обладают склонностью к снижению водородостойкости, радиационному охрупчиванию и потере герметичности сварных конструкций. Это обусловливается низкой сцепляемостью с матрицей и структурной неоднородностью. Задача получения высокотехнологичной стали, обладающей радиационной, коррозионной и водородостойкостью является востребованной для гидридных изделий и тепловыделяющих элементов.

Целью данной работы является разработка химико-термической обработки высокотехнологичной аустенитной стали, которая обеспечит повышенную водородостойкость для деталей внутриреакторных устройств.

В исследовании изучена зависимость водопроницаемости от температурных условий. Выявлены закономерности снижения диффузионной подвижности водорода от количества содержания легирующих элементов. Для повышения водородостойкости рассмотрена технология высокотемпературного окисления стали. Проанализированы результаты испытаний в различных средах, выявлен температурный интервал с наиболее интенсивным окислением. Предложен и испытан способ химико-термической обработки аустенитной хромоникелевой стали, который включает в себя многократное окисление, осуществляемое в водяном перегретом паре (600-700°C), чередуемое с восстановлением в водородной среде (0,1-0,15 Мпа), при продолжительности не менее 50 часов. Показана возможность повышения водородостойкости аустенитной стали по разработанному режиму на три порядка в сравнении с начальным состоянием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Паршин А.М.. Структура, радиационная повреждаемость и деформационная способность аустенитных сталей и сплавов при низкотемпературном нейтронном облучении. Санкт-Петербург, 2003. №3(33) . С.77-91.
2. Павленко В.И., Матюхин П.В. Современных наукоемкие технологии 2005 №10. С 85-86;
3. В.В. Прозоров, В.А. Шишкунов, А.Н. Кондратьев. Защита металлов. - 1984, т.20. -№5. -С.792-795

THEORETICAL COMPUTATION MODEL OF COMBUSTION IN SELF-PROPAGATING HIGH-TEMPERATURE SYNTHESIS MODE

M.B. Labykin, D.S. Isachenko

Tomsk Polytechnic University, 634050, Tomsk, Lenin Avenue, 30

e-mail: mbl1@tpu.ru

The main question of the theoretical computational analysis of self-propagating high-temperature synthesis is determination of the temperature fields produced in the SHS process and finding the final phase composition of the reaction product. Since the SHS regime is a multistage regime, each stage of the process corresponds to a certain temperature regime, knowing the temperature distribution over the volume of the synthesized substance, it is possible to predict the phase composition and properties of the resulting material.

To address this question, we used the model [1], based on the solution of the nonstationary two-dimensional heat equation (1), which is a boundary value problem for which it is necessary to set the boundary conditions. This model is a system of solutions of this equation, based on two methods: the finite difference method and the tridiagonal matrix algorithm.

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

The main distinguishing feature in solving the heat conduction equation is the use of a mobile spatially distributed source of volumetric heat release, as well as the temperature dependence of the heat capacity, determined using the quantum Debye model, which makes it possible to relate the temperature to the parameters of preparation of the initial component charge. The temperature regimes of the flow of SHS reactions in boron-containing systems were determined in the course of the theoretical calculation analysis.

REFERENCES

1. Исаченко Д.С. Динамика температурных полей при направленном синтезе борсодержащих материалов для ядерных установок: дис. канд. техн. наук / Том. политехн. ун-т. Томск, 2009. 122 л.

ИЗВЛЕЧЕНИЕ СЕРЕБРА ИЗ АЗОТНОКИСЛЫХ АКТИНОИДСОДЕРЖАЩИХ РАСТВОРОВ НА ТВЕРДОФАЗНОМ КОЛЛЕКТОРЕ

Малышева В.А.

*ФЯО ФГУП «Горно-химический комбинат», 662970, г. Железногорск,
ул. Ленина, 53, e-mail: atomlink@mcc.krasnoyarsk.su*

В технологии производства МОКС-топлива растворение оксида плутония в азотной кислоте ведут в присутствии электролитически генерируемых ионов серебра (II). Для снижения материальных затрат извлечение серебра из технологических продуктов и его повторное использование становится актуальной задачей.

Цель работы состояла в разработке способа количественного выделения серебра из азотнокислых актиноидсодержащих растворов.

Извлечение серебра проводили путем его перевода в аминокислотные комплексы и восстановления карбогидразидом на поверхности твердофазного коллектора с последующей регенерацией выделенного серебра в промывной раствор азотной кислоты. Процесс осуществляли в динамическом режиме в термостатируемом аппарате колонного типа с зернистым слоем насадки, представляющей собой гранулы пористого носителя без каталитически активного компонента, с металлическим слоем циркония или титана 0,1-0,5% масс., с добавкой в металлизированный слой палладия или платины 0,01-0,1 % масс. В качестве носителя использовали силикагель, оксид алюминия или оксид титана фракционного состава 0,16-1,6 мм с площадью удельной поверхности 1,5-300 м²/г.

В ходе лабораторной апробации на серебросодержащем продукте, имитирующем рафинат экстракционного передела, установлены оптимальные мольные соотношения реагентов, температурный режим, скорость и температура подачи потока реакционной смеси, условия полного удаления из колонны отделенного серебра.

Предлагаемый способ позволяет получить на поверхности твердой фазы насадки компактный, прочно фиксированный слой металлического серебра с выходом серебра в осадок более 99,9% и коэффициентом очистки от америция более $3,1 \cdot 10^4$. Полнота отделения серебра из зернистого слоя насадки составляет 99,9%. Использование коллектора обеспечивает высокую скорость восстановления и сокращение длительности процесса за счет увеличения площади каталитически активной поверхности выделяющейся твердой фазы и позволяет исключить стадию разделения фаз.

КОРРОЗИЯ ГИДРИДОВ ЛИГАТУР Nd-Fe В РАСТВОРАХ

*Полянская А.В., Сачков В.И., Софронов В.Л.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
г.Северск, Томской обл., пр.Коммунистический, 65
e-mail: AVPolyanskaya@mail.ru*

Наиболее важный и широко используемый метод получения гидридов на основе РЗМ состоит в прямом воздействии чистого водорода на металл. Гидрид можно получить так же взаимодействием соответствующего оксида с металлом-восстановителем, например с магнием, в присутствии водорода или взаимодействием оксида с гидридом металла.

На процесс гидрирования оказывают влияния множество факторов: температура, давление, наличие примесей, состояние поверхности металла, чистота водорода и др.

В данной работе будут представлены результаты по исследованию коррозионной устойчивости нанодисперсных гидридов РЗМ в кислом и щелочном растворах.

Оценку коррозионной устойчивости нанодисперсных гидридов лигатур проводили, измеряя изменение их массы в кислом и щелочном растворах (0,1М HCl, 0,1М NaOH). Для снижения величины погрешности, готовили отдельно 9 проб с одинаковой массой.

Исследования проводили в течение 9 суток. Раз в сутки образец взвешивали и от него отбирали пробу, сушили ее в вакуумном шкафу, взвешивали и проводили термогравиметрический, рентгеноструктурный, и химические анализы.

В ходе проведенных опытов было установлено, что гидрид лигатуры Nd-Fe подвергается коррозии в кислой среде, теряя за заданное время до 50 % своей массы. В щелочной среде порошки теряют массу со временем по линейной зависимости и, по сравнению с кислой средой, незначительно.

При выдержке нанодисперсного гидрида в коррозионной среде в течение суток погрешность меньше, чем при выдержке в течение 9 суток. Это связано с тем, что на поверхности частиц гидридов формируются нерастворимые продукты коррозии, которые вносят существенный вклад в процесс разрушения гидрида РЗМ.

Гидрид существенно быстрее реагирует с гидроксид анионами с образованием окисленных форм на поверхности: масса образца в течение первых 3-4-х суток возрастает. Затем, когда толщина прокорродировавшего слоя становится слишком большой, окисленная пленка отстает от поверхности и растворение проходит быстрее.

РАФИНИРОВАНИЕ МАГНИТНЫХ СПЛАВОВ МЕТОДОМ ИНДУКЦИОННОГО ПЕРЕПЛАВА

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

Производство высокоэнергетических постоянных магнитов (ВЭПМ) на основе редкоземельных металлов по праву можно назвать ведущей отраслью мировой промышленности. Усовершенствование источников магнитной энергии влечет за собой развитие целого ряда многих инновационных отраслей науки и техники – автомобильной, аэрокосмической, атомной и т. д.

Внепечная технология получения редкоземельных сплавов путем совместного кальциетермического восстановления фторидов РЗЭ и железа, разработанная совместными усилиями СТИ НИЯУ МИФИ и АО СХК, обладает значительными преимуществами, одним из которых является отсутствие прямого нагрева аппарата, что существенно снижает экономические затраты.

Анализ результатов получения магнитных сплавов методом восстановления фторидов, показывает, что в ряде случаев (из-за низкого качества фторидов) в процессе ВП образуются сплавы, отличающиеся по химическому и фазовому составу от требований технических условий на материалы для изготовления магнитов. Для коррекции состава таких сплавов, а также получения магнитных сплавов Nd-Fe-B из высоконеодимовых сплавов Nd-Fe рекомендуется использовать индукционный переплав. Кроме этого индукционный переплав придает товарный вид слиткам, повышает коррозионную стойкость, удалив из них частички шлака и примесей, обеспечивает более равномерное распределение легирующих компонентов по сплаву и увеличивает его массу до 10-40 кг.

С этой целью нами было проанализировано влияние некоторых параметров рафинировочного переплава магнитных материалов, таких как технологические режимы индукционного переплава, конструкционные материалы используемых для этих целей тиглей, виды и химические составы переплавляемых материалов и других на качество получаемых магнитных материалов и аппаратурное оформление процесса.

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО ГЛОБУЛЯРНОГО ПИГМЕНТА НА ОСНОВЕ ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ

Семенов С.С., Циркунов П.Т., Фатеев Г.А.

Руководитель: Гузеев В.В.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,

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

e-mail: svinks13@gmail.com

Наноструктурированный глобулярный пигмент на основе оксидов металлов имеет сразу несколько ценных свойств:

- 1) в зависимости от количества глобулярных структур в пигменте, их размера и формы, теплопроводность пигмента может быть сравнима, либо немного больше, чем теплопроводность воздуха;
- 2) они устойчивы к распуханию, под действием ядерных реакций с выделение газообразных продуктов распада;
- 3) имеют повышенные каталитические и абсорбционные способности;
- 4) метод их получения является универсальным для большинства оксидов металлов;
- 5) их можно использовать в совокупности с термостойкой связкой, для получения защитной краски с низкой теплопроводностью.

Наноструктурированные глобулярные пигменты можно синтезировать в плазме, пропуская через неё насыщенный раствор карбонатов или солей органических кислот металлов. Под действием плазмы капли раствора мгновенно испаряются, поверхность жидкости пересыхает солью, которая тут же разлагается до оксида металла и углекислого газа. Так образуется оболочка глобулы. Внутри неё происходит испарение жидкости, внутреннее пространство разрыхляется паром и углекислым газом, образуется полость. Далее происходит резкое охлаждение, после чего на выходе получается наночастицы по типу «мыльный пузырь».

Работа посвящается подбору параметров процесса и условий его проведения, с целью максимальной интенсификации выхода глобул оксидов металлов. А также рассматривается подробнее прикладное применение наноструктурированного пигмента в атомной промышленности.

MICROSTRESSES IN SOLID BODY AND METHODS FOR THE DETERMINATION OF MICROSTRESSES

Tuzovsky M.A.

Tomsk Polytechnic University, 634050, Tomsk, Lenin Avenue, 30

e-mail: mat10@tpu.ru

Mechanical treatment causes the deformation of solid materials, leading to a change in the structure of the sample and the formation of microstresses, balanced within individual crystals, and can be both oriented and unoriented in the direction of the force that produced the plastic deformation.

The existing methods for determining the microstress are divided into mechanical ones, which are based on the principle of elastic discharge by cutting a sample and physical, based on a change in the properties of the sample.

One of the most common physical methods for determining microstresses is X-ray analysis. The use of X-rays to study the stress state in metals and alloys is based on the phenomenon of X-ray diffraction when passing through the crystal lattice of the material under study. The advantage of the X-ray method is the possibility of its application in the study of stresses in small areas of parts of complex configuration without their destruction. The disadvantages of this method are the use of complex equipment and the relative processing time of the data obtained [1].

A non-contact electrostatic method for estimating the stress-strain state of solids based on the experimentally established relationship between the given state of solid and the magnitude of the electric field of the analyze object [2]. The holographic method for determining stresses is a contactless method. The wide application of this method is limited in connection with the requirements of vibration isolation of both the investigated objects and the holographic apparatus used [3]. The use of existing methods for determining quantitative data on the magnitude of microstresses will allow us to predict the strength characteristics of the material, increase its durability and work efficiency.

REFERENCES

1. Самохоцкий А.И., Кунявский М.Н. и др. *Металловедение*. – М.: Металлургия, 1990. – 457с.
2. Лахтин Ю.М. *Металловедение и термическая обработка металлов*. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия. 1990. – 513 с.
3. Фетисов Г.П., Карпман М.Г., Матюнин В.М. и др. *Материаловедение и технология металлов (учебник для вузов)*. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа. 2006. – 862 с.

ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АТУРНОГО ПОЛЯ В РЕАКЦИОННОЙ ШАХТНОЙ ПЕЧИ

*Фролов М.Р., Попов Н.В.,
Ливановский А.В., Терещенко Е.В., Кербель Б.М.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г.Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: bmkerbel@mephi.ru*

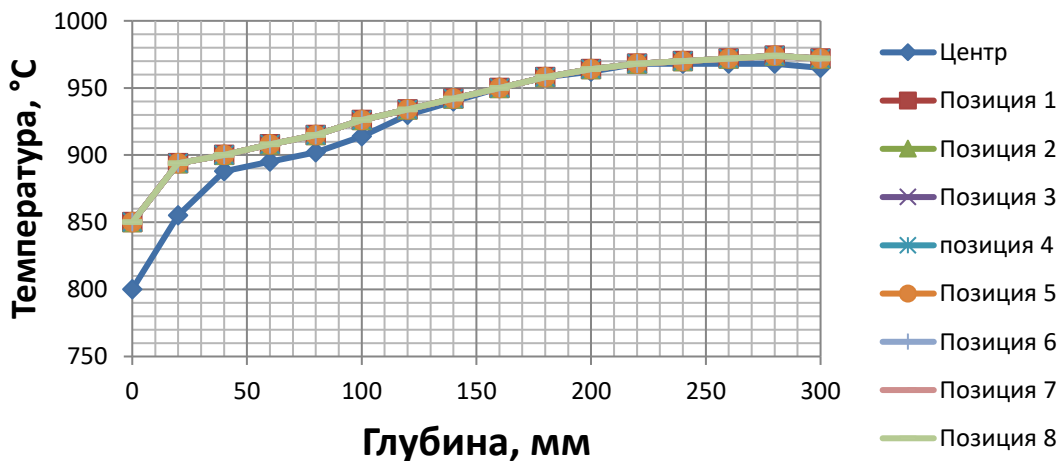
Для отработки технологии производства функциональной керамики, легированной оксидами редкоземельных элементов, по методу непрерывного твердофазного синтеза, являющемуся альтернативой классическому методу, была сконструирована и изготовлена экспериментальная лабораторная печь.

Главными требованиями к экспериментальной печи являлось строгое соблюдение постоянства температурного режима на протяжении всего цикла синтеза и наличие в рабочей камере безградиентной зоны, объем которой должен быть достаточным для проведения натуральных экспериментов.

В докладе приводятся результаты исследований температурного поля в рабочей камере печи, с целью определения размещения синтезируемого материала.

Для реализации эксперимента использовали платино-родиевую термопару (ППР 30/70). Чтобы найти безградиентную зону, взяли 3 температурных режима печи (600, 800, 1000 °С). Для точности исследования задействовали 9 позиций шахтой печи (центр, 1, 2...8).

График зависимости температуры от высоты показан на рисунке, из которого видно, что безградиентная зона расположена на глубине от 230 до 260 мм. от границы крышки.



ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МАГНИТНЫХ СПЛАВОВ И ЛИГАТУР

*Хорохорин В.С., Андросов В.О., Полянская А.В., Пронин В.А.,
Терещенко Е.В., Макасеев Ю.Н., Софронов В.Л.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
Томская область, г. Северск, пр. Коммунистический, 65
e-mail: horoхor@sibmail.com*

Зарубежные и отечественные предприятия, специализирующиеся на выпуске высокоэнергетических постоянных магнитов, используют в качестве сырья сплавы, содержащие редкоземельные металлы. Основная технология получения магнитных сплавов заключается в переплаве в индукционных печах чистых металлов с дальнейшей быстрой кристаллизацией расплавов с образованием магнитной фазы. Редкоземельные металлы приобретаются в Китае, где изготавливаются путём электрохимического восстановления из их оксидов или солей.

На базе кафедры ХитМСЭ СТИ НИЯУ МИФИ разработана технология получения сплавов и лигатур на основе РЗМ методом электролиза. Электролиз соединений РЗМ особенно интенсивно исследован для неодима и неодим-содержащих сплавов, являющихся основой для получения высокоэнергетических магнитных материалов типа Nd-Fe-B.

В качестве исходного соединения для электролиза используют оксиды, хлориды, фториды РЗМ и их различные смеси. Электролитическое восстановление металлов проводят в расплаве при температурах, достаточных для образования электролита с достаточно низкой вязкостью.

С целью получения магнитной фазы лигатуру измельчают гидрированием в реакторе при комнатной температуре без затрат электроэнергии в течение 20-30 минут до размеров 5-10 мкм.

Для повышения магнитных характеристик базовых тройных сплавов проводится твердофазное легирование полученными порошками лигатур Nd-Fe, Pr-Co и др., а также порошками железа, ферробора, кобальта, диспрозия и других металлов. Смеси порошков прессуют, полученные заготовки спекают при температуре 900-1000 °С, при этом образуется магнитная фаза и усредняется состав. Процесс проводят без потерь РЗМ и с отклонениями от заданного массового состава по основным компонентам до 1%.

После термодиффузионной обработки заготовки содержат 95-99% магнитной фазы заданного состава и могут поставляться изготовителю редкоземельных магнитов.

ВЛИЯНИЕ ОТКЛОНЕНИЯ ЗАБОЕВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СКВАЖИННОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ УРАНА

*Шрайнер А.Э, Гусаров М.А., Носков М.Д.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
г.Северск Томской обл., пр.Коммунистический, 65
e-mail: Artshrayner@gmail.com*

Скважинное подземное выщелачивание (СПВ) – один из наиболее перспективных способов 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. При СПВ используются ячеистые регулярные или рядные схемы, среди ячеистых наибольшее распространение получили гексагональные.

В результате бурения скважин обычно происходит отклонение забоев скважин от их устьев на несколько метров, причем это расстояние может увеличиваться с возрастанием глубины скважин. В данной работе рассматривается влияние отклонения забоев технологических скважин на эффективность добычи урана методом СПВ.

Исследования проводились методом математического моделирования с помощью специализированного программного обеспечения «Курс», разработанного в СТИ НИЯУ МИФИ. Работа программы «Курс» основана на математической модели, описывающей физико-химические процессы, происходящие в продуктивном горизонте при сернокислотном выщелачивании урана.

В ходе работы была построена регулярная гексагональная ячеистая схема вскрытия блока, для которой рассмотрены варианты со случайными отклонениями положений забоев скважин от устья в плане на 5,10 и 15 метров, а также вариант без отклонения. Для разных вариантов были произведены геотехнологические расчеты отработки блока до момента извлечения 80% урана. Проведен анализ зависимостей геотехнологических и экономических показателей отработки эксплуатационного блока от величины отклонений забоев.

Полученные результаты показывают, что увеличение отклонений забоев от положений узлов правильной гексагональной сети приводит к снижению эффективности добычи урана.

Секция
Актуальные вопросы ядерного нераспространения,
безопасность и экология ядерной отрасли

ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЯДЕРНЫМИ ЗНАНИЯМИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

Акимова М.В., Демянюк Д.Г.

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

На сегодняшний день, одной из актуальных проблем атомной промышленности является сохранение ядерных знаний. Международное Агентство по Атомной Энергии (МАГАТЭ) дает следующее определение ядерным знаниям: это знания имеющие отношение к деятельности в области ядерной энергетики и их специфика. Поэтому стороны заинтересованные в ядерных знаниях, такие как правительство, международные организации и промышленные предприятия начали развитие концепции управления ядерными знаниями.

Также одной из заинтересованных сторон являются высшие учебные заведения. Управление ядерными знаниями в университетах имеет не маловажную роль. МАГАТЭ уже ведет активную деятельность в развитии системы управления ядерными знаниями. Данный вид деятельности отражен в публикации МАГАТЭ “Knowledge Management for Nuclear Research and Development Organizations” [1]. В нем подчеркиваются такие аспекты как передача и сохранение знаний, обмен информацией, создание и поддержка сотрудничества, а также подготовка специалистов нового поколения.

Развитие системы управления ядерными знаниями в университетах дает возможность обеспечения быстрого доступа к учебным материалам и педагогическому опыту, устранению пробелов в процессе обучения.

Успешное применение данной концепции может привести к большому прогрессу в ядерной энергетике. Данная работа описывает опыт применения системы управления ядерными знаниями, на примере Национального исследовательского Томского Политехнического Университета.

ЛИТЕРАТУРА

1. International Atomic Energy Agency; Knowledge Management for Nuclear Research and Development Organizations; 2006.

АНАЛИЗ ЯДЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА НЕЙТРОННЫХ СОВПАДЕНИЙ

Артемов Е.В.

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: Evgeniy1.artemov@gmail.com*

Определение содержания урана и плутония в объемных образцах металла, оксидов, смешанного уран-плутониевого оксидного топлива является важной задачей обеспечения режима ядерного нераспространения. Одним из инструментов является метод нейтронных совпадений, основанный на одновременном испускании нейтронов спонтанного и вынужденного деления, позволяющий с высокой точностью определить количество урана или плутония.

Целью данной работы является разработка методики определения количественного состава урана с использованием счетчика нейтронных совпадений в активном режиме.

В исследовании при измерении урановых образцов низкого обогащения использовался активный счетчик нейтронных совпадений (AWCC) и программное обеспечение NDA-2000. Активный метод был выбран в связи с тем, что скорости спонтанного деления урана малы для измерения в пассивном методе. AWCC состоит из ^3He -счетчиков, двух америций-литиевых источников со средней энергией 0,3 МэВ, а также защитой от нейтронного и гамма-излучения.

Для измерения образцов первоначально проведены калибровочные измерения, по которым построена калибровочная кривая зависимости нейтронных совпадений от массы урана-235. Для каждого типа материала требуется отдельная калибровочная кривая. В данной работе рассмотрены вопросы влияния химического соединения урана на количественный результат. Далее проведены серии измерений образцов урана низкого обогащения с использованием методики нейтронных совпадений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бойко В.И. Методы и приборы для измерения ядерных и других радиоактивных материалов / В.И. Бойко, И.И. Жерин, В.Д. Каратаев, Ю.В. Недбайло, М.Е. Силаев. – М.: МНТЦ, 2011. — 356 с.
2. Грабежной В.А., Дулин В.А. Об использовании решения сопряженного неоднородного уравнения переноса при определении параметров размножающих сред // Известия вузов №4, 2015. – 111-122 с.
3. Антушевский А.С. Контроль содержания плутония в контейнерах с твердыми отходами методом нейтронных совпадений // Вопросы радиационной безопасности №2, 2005 – 14-24 с.

СРЕДСТВА ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ В СИСТЕМАХ БЕЗОПАСНОСТИ

Борисова А. С., Степанов Б. П.

*Национальный исследовательский Томский политехнический
университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: asb50@tpu.ru*

Сдерживание преступности и защита от терроризма – проблемы, которые все больше и больше волнуют государственную власть. При этом грамотно и профессионально построенная система видеонаблюдения играет решающую роль в обеспечении безопасности.

Система физической защиты является важным инструментом обеспечения ядерного нераспространения и переключения технологий, которые могут быть использованы для создания ядерного оружия. Средства видеонаблюдения являются неотъемлемой частью любой системы физической защиты (СФЗ) на ядерном объекте. Системы видеоконтроля также применимы в учете и контроле ядерных материалов.

Функциональность комплексов видеонаблюдения возрастает при интегрировании их с системами анализа получаемых видеокадров. Реализация видеоконтроля рассматривается как анализ каждого отдельного кадра при помощи специального программного обеспечения.

Целью данной работы является рассмотрение возможностей программного комплекса «Интеллект» для задач организации эффективных СФЗ. Выполнен анализ характеристик системы в целом, модулей и детекторов данного программного комплекса.

В работе особое внимание уделено системам, модулям и детекторам, которые могут применяться для обеспечения безопасности на ядерных объектах. Выделены особенности работы модуля распознавания лиц, настройки детектора движения и детектора оставленных/исчезнувших предметов, сервисных детекторов для определения попыток вывода камер из строя и обнаружение помех. Представлены результаты настройки и модернизации учебной системы видеонаблюдения.

РАСЧЁТ ЭКСПЕРИМЕНТОВ СЕРИИ R НА РЕАКТОРЕ TREAT КОДОМ ЕВКЛИД/V2 С МОДУЛЯМИ SAFR/V1 И HYDRA-IBRAE/LM

*Бутов А.А., Климонов И.А., Кудашов И.Г., Прибатурин Н.А.,
Усов Э.В., Чухно В.И..*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН
Новосибирский филиал, Новосибирск, Россия
e-mail: ilya.klimonov@gmail.com*

Для обоснования безопасности перспективных установок с жидкометаллическим теплоносителем требуется система расчётных кодов, позволяющая моделировать реакторное оборудование и установку в комплексе, например - моделирование тяжелых запроектных аварий типа ULOF и UTOP, возникающих при отказе защитных систем и протекающих с плавлением оборудования активной зоны.

В рамках частного проекта «Коды нового поколения» проектного направления «Прорыв» в ИБРАЭ РАН разрабатывается код SAFR/V1[1], который входит в состав универсального интегрального кода ЕВКЛИД/V2 и позволяет рассчитывать разрушение одиночного ТВЭЛА, вследствие его плавления в активной зоне и перемещение образовавшегося расплава оболочки и топлива под действием сил тяжести, сил трения с газовым потоком и трения со стенкой.

В рамках верификации кода проведены расчёты экспериментов, проводимые в 1979г. на реакторе TREAT Аргонской национальной лабораторией (США)[2]. Эксперименты серии R проводились на 1 и 7-стержневой сборках с натриевым теплоносителем для исследования плавления ТВЭЛОВ при аварии типа ULOF.

Были проведены расчёты указанных выше экспериментов с использованием кода ЕВКЛИД/V2 в составе модуля SAFR/V1 и теплогидравлического кода HYDRA-IBRAE/LM. Получено хорошее совпадение расчёта с экспериментальными данными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бутов А.А., Усов Э.В., Жданов В.С., Стрижов В.Ф., Калашникова А.А. Модуль SAFR интегрального кода ЕВКЛИД/V2 для расчета задач с плавлением ТВЭЛ быстрого реактора. Тезисы докладов Научно-технической конференции “Теплофизика реакторов нового поколения. Теплофизика-2016”. г. Обнинск. 12-14 октября, 2016. с. 165-166.
2. B. W. Spencer [a.o.], “Final Report on TREAT Tests R4 and R5; Seven-pin, Loss-of-flow Tests with Full-length, Unirradiated FFTF-type Fuel Pins”, Argonne national Laboratory (1979).

УРОКИ РАЗОРУЖЕНИЯ ОТ СТРАН, ОТКАЗАВШИХСЯ ОТ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ

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 отдать свое атомное оружие ядерным державам, 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>

ЯДЕРНОЕ ОРУЖИЕ: ВИДЫ, СТРОЕНИЕ, ПОСЛЕДСТВИЯ

Волков Д.В., Дурновцев В.Я.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,

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

e-mail: dima.wolk@yandex.ru

Ядерное оружие – оружие массового поражения взрывного действия, основанное на использовании внутриядерной энергии, выделяющейся при цепных реакциях деления тяжелых ядер некоторых изотопов урана и плутония или при термоядерных реакциях синтеза изотопов водорода (дейтерия и трития) в более тяжелые, например, ядра изогона гелия.

Ученые считают, что при нескольких крупномасштабных ядерных взрывах, повлекших за собой сгорание лесных массивов, городов, огромные слои дыма, гари поднялись бы к стратосфере, блокируя тем самым путь солнечной радиации. Это явление носит название “ядерная зима”.

Зима продлится несколько лет, может даже всего пару месяцев, но за это время будет почти полностью уничтожен озоновый слой Земли. На Землю хлынут потоки ультрафиолетовых лучей. Моделирование данной ситуации показывает, что в результате взрыва мощностью в 100 Кт температура понизится в среднем у поверхности Земли на 10-20 градусов. После ядерной зимы дальнейшее естественное продолжение жизни на Земле будет довольно проблематичным.

В рамках настоящей работы на основе анализа информации, взятой из всемирной сети интернет, проведено исследование области ядерного оружия. Была создана таблица критических масс изотопов тяжёлых радиоактивных элементов.

На основе проделанной работы были изучены поражающие факторы, мощность ядерных боеприпасов, виды ядерных зарядов и др. Сделаны выводы, что главной задачей, стоящей перед современным человечеством - не допустить гонку ядерного вооружения, ведь научные знания могут служить и гуманным, благородным целям.

ВОПРОСЫ ПРОДЛЕНИЯ СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОБЛОКА № 1 ЛЕНИНГРАДСКОЙ АЭС

Годовых П.В.

*Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» Ленинградская АЭС,
188540, Ленинградская обл., г. Сосновый Бор
e-mail: rc2-gpv@laes.ru; e-mail: godovyh.pavel@mail.ru*

Энергоблок № 1 Ленинградской АЭС – является первым в стране энергоблоком с реактором типа РБМК-1000 (канальный реактор кипящего типа с графитовым замедлителем и водяным теплоносителем). Первоначально проектный эксплуатационный ресурс каждого реактора и основного оборудования энергоблоков типа РБМК-1000 был установлен в 30 лет.

Продление сроков эксплуатации энергоблоков действующих АЭС после исчерпания назначенного срока службы является одной из актуальных задач на современном этапе развития атомной энергетики России и наиболее эффективным направлением вложения финансовых средств на сохранение генерирующих мощностей и повышение безопасности АЭС.

Первостепенная задача продления срока эксплуатации реакторов Ленинградской АЭС заключается в том, чтобы обеспечить работу блоков с РБМК до ввода замещающих мощностей.

Срок службы энергоблока АЭС определяется работоспособностью и ресурсом незаменимых или невосстанавливаемых элементов. В частности для РБМК-1000 это: строительные конструкции; металлоконструкции, формирующие реакторное пространство и графит.

В данной работе рассматривается графит и его критерии работоспособности: целостность графитовых блоков, деградация конструкции кладки, деградация графита как конструкционного материала и изгиб колонн, а также приводятся данные проведённых работ по восстановлению ресурсных характеристик (ВРХ) на энергоблоке № 1 Ленинградской АЭС для продления срока эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов М.А.. Канальный ядерный энергетический реактор РБМК / М.А. Абрамов, В.И. Авдеев. – М. : ГУП НИКИЭТ, 2006. – 632с.
2. Гончаров В.В., Бурдаков Н.С., Виргильев Ю.С. и др. Действие облучения на графит ядерных реакторов – М.: Атомиздат, 1978. – 272 с.
3. Методика расчета искривления графитовой кладки РБМК-1000. Отчет РНЦ КИ, инв. № 180-14/63 от 07.06.2010.

СОВРЕМЕННЫЕ УГРОЗЫ РЕЖИМА ЯДЕРНОГО НЕРАСПРОСТРАНЕНИЯ В ОБЛАСТИ РАЗОРУЖЕНИЯ МЕЖДУ США И РФ

*Данейкин Ю.В., Чембура В.С.
Томский политехнический университет,
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: vsc11@tpu.ru*

С момента подписания одного из ключевых договоров в области сокращения наступательных вооружений СНВ-3 прошло уже 7 лет. В соответствии с Договором Россия и США к 2021 году обязаны ограничить свои стратегические вооружения до уровня не более 700 развернутых носителей и 1550 боезарядов на них [1].

За время существования СНВ-3 на международной арене произошло множество событий, которые в корне изменили «настроения» двух держав друг к другу, тем самым поставив под вопрос перспективы дальнейшего сотрудничества в ядерной сфере.

Так, в 2014 году в адрес России поступили ничем не подкрепленные обвинения в нарушении договора РСМД. В 2016 году РФ была вынуждена приостановить действие двухстороннего соглашения с США 2000 г. об утилизации оружейного плутония, в связи с невыполнением Вашингтоном своей части договоренностей. В октябре того же года было заморожено соглашение о сотрудничестве в научных исследованиях и разработках в ядерной сфере, а также прекращено сотрудничество с США по конверсии исследовательских реакторов [2].

По истечению действия СНВ-3 возможно три варианта развития событий: стороны договорятся о пролонгации договора; подпишут новое соглашение; Москва и Вашингтон окажутся без соглашения по ограничению стратегических вооружений [3]. В свете текущих событий последний вариант может оказаться вполне реальным.

ЛИТЕРАТУРА

1. КАРТ-БЛАНШ. Новый договор или продление СНВ-3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ng.ru/armies/2016-08-23/3_kartblansh.html, свободный. Загл. с экрана. (дата обращения: 05.04.2017).
2. Ядерный контроль #7-8 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.pircenter.org/mailouts/view-letter/id/1/letter_id/1211#Ulyanov1, свободный. Загл. с экрана. (дата обращения: 08.04.2017).
3. Ядерный контроль #2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.pircenter.org/mailouts/view-letter/id/1/letter_id/1247, свободный. Загл. с экрана. (дата обращения: 14.04.2017).

ОЦЕНКА КОНСТРУКЦИИ НИЗКОФОНОВЫХ КАМЕР С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ БИБЛИОТЕК GEANT4

Долгих Л.Ю., Чурсин С.С.

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: lyd1@tpu.ru*

На данный момент, существует ряд задач, которые требуют применения низкофоновых камер, к таким задачам относятся: радиационно-экологический контроль окружающей среды, мониторинг договоров о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (ДВЗЯИ) и нераспространении ядерного оружия (ДНЯО), исследование редких распадов и другие исследовательские цели. Компьютерное моделирование с использованием системы библиотек Geant4 обладает достаточными возможностями, что бы учесть особенности регистрации излучения, для решения описанных ранее задач с использованием низкофоновых камер, а так же позволяет подобрать оптимальную конструкцию для таких камер.

Целью работы является определение оптимальных параметров конструкции низкофоновой камеры для гамма-спектрометрии с помощью системы библиотек GEANT4.

В работе определен ряд элементов, которые могут использоваться в качестве слоев низкофоновой защиты, а именно: Al, Zn, Fe, Cu, Cd, Sn, W, Pb [1]. Для каждого из элементов были созданы модели, для определения диапазона энергий, в которых ослабление гамма-излучения максимально, а так же для определения линий рентгенофлуорисценции и других сопутствующих явлений, таких как: пики аннигиляции и обратного рассеяния. Помимо этого, было рассмотрено влияние различного объёма защиты и разных положений детектора внутри защиты, на результат регистрации гамма-излучения от внешнего источника.

В результате работы определены оптимальные конструкционные параметры защиты низкофоновой камеры при комбинации различных материалов. Таким образом значительна упрощена задача подбора параметров защиты и ее дальнейшее конструирование.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бойков А. А. Нанокompозиты на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена для комплексной радио-, и радиационной защиты: диссертация ... кандидата технических наук: 05.16.08 / Бойков А. А.; [Место защиты: Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС"]. – Москва, 2016. – 141 с.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ СМЕСЕЙ АЛЬФА-АКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ В ЦЕЛЯХ ЯДЕРНОЙ КРИМИНАЛИСТИКИ

Еремеева Т.А., Чурсин С.С.

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

e-mail: taeremeeva@bk.ru

С каждым годом все более остро стоит вопрос поддержания мировой безопасности и одним из важнейших его составляющих является проблема нераспространения ядерного оружия и несанкционированного использования ядерных материалов в целом. О не законном обороте ядерных материалов мировое сообщество всерьез начало задумываться в конце прошлого века и постепенно данная деятельность трансформировалась в отдельное направление, получившее название ядерная криминалистика.

В рамках этой деятельности проводится анализ изъятых из оборота ядерных материалов с целью дальнейшего установления места их производства, определения их качественного и количественного состава, возраста и прочих характеристик.

Существующие лаборатории ядерной криминалистики применяют различные методы анализа изъятых материалов. Российская Федерация подтверждает приверженность целям создания данного направления путем участия в различных обучающих мероприятиях, организуемых Международной технической рабочей группой по ядерной криминалистике, однако в настоящее время Россия еще не создала специализированную лабораторию по ядерной криминалистике и не аккредитовала необходимые для анализа материалов методики. Поэтому актуальной является задача создания эффективной методики идентификации ядерных материалов, а так как большая часть из них является альфа-излучателями, то интерес вызывают методы анализа, способные корректно идентифицировать. Одним из основных методов анализа ядерных материалов является альфа-спектрометрический анализ.

В настоящей работе обосновывается применимость данного метода анализа в целях ядерной криминалистики, приводятся достоинства и недостатки метода по сравнению с другими, а также возможные пути повышения качества анализа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Актуальные вопросы ядерной безопасности – Томск: Изд-во «Иван Фёдоров», 2010. – 160 с.
2. Nuclear forensics support. – Vienna: International Atomic Energy Agency, 2006.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАХОРОНЕНИЯ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В ГЛУБОКОЗАЛЕГАЮЩИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ

Карманова А.В., Носков М.Д.

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
г.Северск Томской обл., пр.Коммунистический, 65,
e-mail: anushta96@yandex.ru*

Развитие атомной энергетики предъявляет повышенные требования к безопасности захоронения радиоактивных отходов. Одним из способов обращения с жидкими радиоактивными отходами, является захоронения в глубокозалегающие геологические формации. При этом в пласте-коллекторе образуется сложная система, в которой протекают взаимосвязанные гидродинамические, геохимические и термодинамические процессы. Безопасность удаления жидких радиоактивных отходов основывается на возможности прогнозирования распространения компонентов отходов и сопутствующих процессов. Для решения этих проблем, наиболее целесообразно использование методов математического моделирования. В докладе представлена комплексная математическая модель поведения жидких радиоактивных отходов в подземных водоносных горизонтах. Модель включает в себя описание процессов фильтрации, массообмена, конвективного теплопереноса, теплопередачи

На основе модели было создано проблемно-ориентированное программное обеспечение, с помощью которого были проведены расчеты динамики тепловых и радиационных полей в окрестности нагнетательных скважин полигона глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов.

Результаты моделирования показывают, что основная масса радионуклидов локализуется в пределах первых десятков метров окрестности нагнетательных процессов в недрах. Более 98% от общего количества захороненных радионуклидов, даже в самых проницаемых пропластках пласта-коллектора, будет находиться в пределах 100 м фильтровых зон. Максимальная температура в пласте-коллекторе не достигает температуры кипения в пластовых условиях и уменьшается после прекращения эксплуатации скважины.

КОНЦЕПЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ГАРАНТИЙ НА УРОВНЕ ГОСУДАРСТВА: КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА СТРАНОВЫХ ФАКТОРОВ*

Конева Д.А., Седнев Д.А.

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

Для поддержания режима ядерного нераспространения МАГАТЭ необходимо постоянно модернизировать существующие и разрабатывать новые высокоэффективные системы и подходы в целях повышения действенности и эффективности гарантий [1].

Последним из предложенных подходов, является концепция применения гарантий на уровне государства (State level concept/SLC), которая сосредоточена на понимании целостности ядерной программы отдельного государства. По результатам проведения трех этапов SLC создаются индивидуальные подходы к применению гарантий (State-Level Approaches/SLA) [2].

На первом этапе SLC проводится описание страновых факторов, полученные при этом данные, являются основой для проведения второго этапа – анализа путей приобретения. Результаты анализа путей приобретения основываются на оценках экспертов Агентства, что показывает субъективность концепции и вызывает основную критику. Поэтому для обеспечения объективной оценки необходимо минимизировать влияние человеческого фактора [3].

В работе представлена количественная оценка страновых факторов, используемых при проведении анализа потенциальных путей приобретения ядерных материалов.

* Выполнено при финансовой поддержке ГЗ «Наука» в рамках научного проекта №11.3683.2017/ПЧ.

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. 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>.
3. Supplementary Document to the Report on The Conceptualization and Development of Safeguards Implementation at the State Level (GOV/2013/38) [Electronic resource]. – Access mode: <https://armscontrollaw.files.wordpress.com/2014/09/iaea-state-level-safeguards-document-august-2014.pdf>.

ИССЛЕДОВАНИЕ НА РАДИОАКТИВНОСТЬ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Лозовский М.А., Селиваникова О.В.

*Национальный исследовательский томский политехнический
университет*

Россия, г. Томск, ул Ленина, 30, 634034

e-mail: lozovskiimark@mail.ru

Около 70% радиации, поступающей в организм человека через естественные источники, приходится на пищу и воду.

При одинаковом количестве радиоактивных веществ облучение изнутри опаснее потому, что:

- ✓ продолжительность воздействия значительно увеличивается, так как радионуклиды «бомбардируют» здоровые клетки постоянно.
- ✓ концентрация радиоактивных веществ в отдельных органах достигает очень высоких значений из-за неравномерного распределения источников радиации в тканях воздействие наиболее опасного альфа-излучения ничем не ограничено, в то время как при внешнем облучении эти радиоактивные частицы частично задерживаются роговым слоем кожи.
- ✓ доза радиации становится максимальной из-за предельно малого расстояния от радиоактивных веществ до органов и тканей.
- ✓ отсутствуют возможности использовать способы защиты (удаление от источника, экранирование) [1].

При внутреннем облучении радиацией через питание опасными становятся все виды ионизирующего излучения. Их разрушительное действие сохраняется до тех пор, пока радиоактивные вещества не распадутся или не покинут организм в результате обмена веществ [2].

В данной работе для измерения радиоактивности пищевых продуктов был использован спектрометр.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусев Н. Г. Квантовое излучение радиоактивных нуклидов // М – Атомиздат, 1977г.
2. Крисюк Э. М. Радиационный фон помещений // М – Энергоатомиздат, 1989г.

РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО КОНЦЕПТА ПОРТАТИВНОГО ДЕТЕКТОРА ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ PIN-ДИОДОВ

Никишкин Т.Г.

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

К настоящему времени в мире создано множество детекторов различных типов, позволяющих регистрировать излучение любой природы. Решение конкретных спектрометрических задач, как правило, требует предельной оптимизации детектирующих систем. Таким образом, разработка новых спектрометрических решений и оптимизация уже существующих являются актуальными направлениями в современной ядерной измерительной технике.

Классический детектор радиации, способный определять все виды радиоактивного излучения (альфа, бета и гамма), строится на базе счетчика Гейгера-Мюллера. Счетчик Гейгера-Мюллера имеет ряд как достоинств (высокая эффективность), так и недостатков (цена, распространённость). На сегодняшний день счетчику Гейгера-Мюллера есть множество альтернатив, в том числе полупроводниковый детектор гамма-излучения на базе PIN-диода.

При разработке спектрометра гамма-излучения было решено отказаться от использования дорогостоящих полупроводниковых кристаллов и сцинтилляторов в качестве чувствительного элемента спектрометра, и использовать полупроводниковые PIN-диоды.

Был выполнен обзор и сравнение трёх существующих принципиальных схем детекторов гамма-излучения на основе PIN-диода различной степени сложности исполнения и компоновки с целью выбора базовой схемы для её последующего усовершенствования и оптимизации.

Проведенный обзор показал, что наиболее дешевое с точки зрения стоимости компонентов решение – не есть самое эффективное. Наиболее оптимальной является принципиальная схема детектора гамма-излучения, которая легко подлжит дальнейшей модернизации, увеличению эффективности и удешевлению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цапенко М.П. Измерительные информационные системы. – М.: Энергоатом издат, 2005. - 440с.
2. Electronic equipment repair centre – [Электронный ресурс], Открытый доступ:<https://electro-medical.blogspot.ru/radiation-detector-for-gamma-rays.html>
3. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: Пер. с англ. – Изд. 6-е. – М.: Мир, 2003. – 704с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЕ ЯДЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В СТРАНАХ ДЕ-ЮРЕ И ДЕ-ФАКТО

*Паульс А.В.,
Национальный исследовательский Томский политехнический
университет,
Россия, г. Томск, пр.Ленина, 30, 634050
E-mail: anna_02_25_94@mail.ru*

В настоящее время за рубежом накопилось большое количество нормативных документов в области физической защиты ядерных материалов, требующие анализа законодательства в этой области.

Для сравнения национальных норм, которые регулируют отношения в сфере физической защиты необходимо основываться на степени соответствия этих норм международным принципам, которые положены в основу международной Конвенции о физической защите ядерного материала и ядерных установок.

Многие международные документы регламентируют только физическую защиту ядерных материалов и в этом их весомый недостаток, так как они не касаются правового регулирования объектов, и в том числе ядерные установки, к которым применяются гарантии МАГАТЭ.

Законодатели разных государств под ядерной установкой понимают однородные объекты, которые объединены в отдельные группы. Во Франции, например, ядерные установки классифицируются Декретом о крупных ядерных установках, а также дополнительным декретом. В соответствии с законом об атомной энергии США определяется две категории ядерных объектов, охватывающие почти все виды ядерных установок. Первая категория – это «производственные установки». Вторая категория – это «установки для использования».[1]

Таким образом, многие страны действуют согласно разработанной ранее нормативной базе, однако некоторые государства стремятся развивать свой пакет законов в области физической защиты ядерных материалов. Главной задачей государств – достижение корреляции между национальными правилами и стандартами с основными законами МАГАТЭ.

ЛИТЕРАТУРА

1. The Atomic Energy Act of 1946. PL 79-585 // Cong. Rec. Washington: GPO, 1946.

ОБЪЕДИНЕНИЕ ТРЕХ КОМПОНЕНТОВ БЕЗОПАСНОСТИ 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*

Любой объект, связанный с ядерными материалами постоянно находится в условиях определенного риска радиационных аварий, диверсий и распространения ядерных материалов. Эти риски регулируются нормативно-правовой базой в области ядерной энергетики. Расширение гражданской ядерной промышленности усиливает потребность в энергетической безопасности.

Технология ядерной энергии сложна и требует высокого уровня научного развития, но в то же время она потенциально опасна для человечества, и требует самых передовых и хорошо продуманных действий. Несмотря на международный прочный опыт в работе с ядерными установками и связанной инфраструктурой, несчастный случай на Фукусиме показал, что использование ядерной энергии все еще может привести к катастрофическим последствиям [1,2].

В 2008 году на Саммите большой восьмерке, который проходил в Японии представлена инициатива развития синергии 3S. Процесс реализации синергии достаточно прост: если действие одной из подсистем уменьшается, то компенсация реализуется действием другой системы. При необходимости повышения эффективности определенной функции в системе, происходит выделение соответствующих подсистем, взаимодействующих друг с другом .

В работе проведен анализ оборудования, использующегося в каждой из рассматриваемых областей, описаны возможности достижения синергетического эффекта путем объединения трех компонентов: ядерная безопасность - физическая защита - гарантии. Таким образом было доказано, что инициатива внедрения синергии в ЯТЦ России ведет к увеличению эффективности процессов безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Safeguards and Security Interface – Consequences for Instrumentation; Marius Stein, Deirdre Wampler, Regis Lacher; 8401 Washington Place, NE Albuquerque, NM 87113, USA, 2012
2. Management of nuclear safety and security synergy, L. L. Biro, A. N. Badulescu, SPAREX Nuclear 3S Ltd, Cernica Jud. Ilfov - Romania, 2016

ИССЛЕДОВАНИЕ НА РАДИОАКТИВНОСТЬ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Романовский М.В.

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

Последствием производства и испытаний ядерного оружия, бурного развития атомной энергетики, растущего использования ионизирующих источников излучения в народном хозяйстве и медицине явилось повсеместное радиоактивное загрязнение биосферы. В результате средние дозы облучения человека достигают удвоенного естественного фона и вплотную приблизились к величине, которая определяется как радиационно опасная. Поэтому в современных условиях недопустимо дополнительное облучение человека, поскольку оно может резко увеличить риск возникновения заболеваний.

Радиационная обстановка, сложившаяся после аварии на Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС), потребовала существенного расширения систематического контроля за радиоактивным загрязнением объектов окружающей среды и пищевых продуктов. В результате аварии радиоактивному загрязнению достаточно высокой интенсивности подверглись обширные территории, не только прилегающие к ЧАЭС, но и находящиеся на значительном удалении от нее. В создавшейся обстановке возникла возможность недопустимо высокого поступления радионуклидов, в первую очередь йода-131, цезия-134, стронция-90 в организм человека, в том числе и с пищевыми продуктами. В настоящее время главным источником поступления в организм человека является цезий-137 и стронций-90.

В работе проведено исследование на содержание указанных радионуклидов в продуктах питания таких, как хлеб, молоко и бананы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильин Л.А., Радиационная безопасность и защита. Справочник / Л.А. Ильин. – М.: Медицина, 1996
2. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009[Электронный ресурс] – режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902170553> – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 30.04.2017).
3. Радиационный контроль. Стронций-90 и цезий-137. Пищевые продукты. МУК 2.6.1.717-98 [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://www.alppp.ru/law/bezopasnost-i-ohrana-pravoporjadka/37.html> – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 30.04.2017).

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ УСТРОЙСТВА ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ ЗАЩИТЫ ОТ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Смирнов А.С.

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

e-mail: blezerrr@gmail.com

В атомной отрасли одним из основных требований, предъявляемым к системам и приборам в эксплуатации, является обеспечение работы, как в штатной, так и в нештатной ситуации, например, при повышенных уровнях ионизирующего излучения (ИИ).

Для защиты электронных приборов на основе полупроводников от ИИ зачастую кроме установки защитных экранов никаких действий не предпринимается. Такие меры не всегда способны обеспечить сохранность как самих приборов, так и информации, находящейся в них.

При облучении гамма-квантами полупроводниковых приборов возникающая ионизация создает свободные носители заряда. Заряды, возникающие вблизи р-п перехода, пересекают его, вызывая ток.

При довольно значительной интенсивности гамма-излучения эти токи могут вызывать сбои в работе электрической схемы, вплоть до электрического пробоя.

Для обеспечения защиты прибора от гамма-излучения кроме защитных экранов возможно использовать стойкую к ИИ элементную базу, однако иногда это не целесообразно, а иногда и невозможно. Так же такие меры очень сильно увеличивают затраты на производство и эксплуатацию оборудования в виду редкости и дороговизны таких элементов.

Существует так же и другой вариант – добавление в конструкцию дополнительного устройства, способного детектировать облучение выше критического уровня и запускать процесс защиты информации, путем выдачи специальных кодов для исполняющих устройств обеспечивающих данный процесс. Однако такой способ не гарантирует сохранность самого устройства.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Андреев А.Н., Демочко Ю.А., Русаков Ю.М., Торопов Ю.А. Надежность радиоэлектронных средств. – Санкт-Петербург, 2001. 192 стр.
- 2 Страшель В.А. Надежность приборов и устройств автоматики//Учебное пособие. – Снежинск: СФТИ. 2000. 114 стр.

ФОРМИРОВАНИЕ КРОСС-КУЛЬТУРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ В ОБЛАСТИ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

*Татолина А.И., Степанов Б.П., Данейкин Ю.В.,
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: nmeynn@gmail.com*

В настоящее время под термином «Культура безопасности» подразумевается норма поведения каждого работника, от исполнителя до руководителя организации, во всех возможных ситуациях. Формирование культуры безопасности является неотъемлемой составной частью общей культуры производства на предприятиях ГК «Росатом» и обеспечивается через систему подготовки кадров и повышения квалификации.

В атомной отрасли широко распространена практика выполнения международных контрактов по строительству объектов атомной энергетики. В процессе выполнения таких работ неизбежно возникают трудности, связанные с ментальностью граждан разных государств. Такие разногласия могут привести к серьезным последствиям. Поэтому важно создавать модель кросс-культурного взаимодействия людей еще на этапе их обучения и профессиональной подготовки.

Целью данной работы является формирование в среде обучающихся на ФТИ ТПУ подходов к реализации интернационального ядерного образования через осуществление совместной деятельности, в ходе которой будет сформулировано общее понимание культуры безопасности, а главное, получен опыт взаимодействий и решения проблем в мультинациональном коллективе. В работе значимость межнациональных взаимодействий проанализирована на основе типологии культурных изменений, разработанной Гертом Хофстеде. Для реализации данного подхода рассматривается национальный состав студентов ФТИ. Предлагаются варианты проведения совместной проектной деятельности и дискуссионной работы студентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мясоедов С.Л. Кросс-культурный менеджмент: учебник для бакалавриата и магистратуры / С.Л.Мясоедов, и др. –М.: Юрайт, 2015.

ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ RFID-МЕТОК В ОБЛАСТИ ЯДЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Фатеева Ю. В., Степанов Б. П.

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

e-mail: fateeva-dog@yandex.ru

Ядерные материалы требуют специального обращения, выполнения процедур по учету и контролю, а также физической защите. Для выполнения этих задач необходимы современные и надежные методы идентификации. Одним из таких возможных методов является метод радиочастотной идентификации (RFID). Данный метод позволяет автоматически собирать информацию об объекте. При этом объект контроля может находиться на некотором расстоянии от считывающего устройства. Объектами, например, могут служить контейнеры с ядерными материалами. Проведенный анализ показывает, что данная технология позволяет вести постоянный учет событий и получать информацию о совершении операций с объектами без вмешательства персонала и с минимальной возможностью ошибок.

Существует несколько способов классификации RFID-меток и систем: по способу формирования сигнала, источнику питания, виду памяти, рабочей частоте. В данной работе наибольшее внимание уделяется высокочастотным RFID-меткам. Такие метки отличаются дальностью действия и быстротой обработки сигнала, что дает возможность внедрения RFID-меток для отслеживания перевозок и перемещения опасных грузов, а для определения месторасположения и перемещение персонала на территории ядерного объекта.

Для введения данной технологии в расширенную область применения на ядерных предприятиях, следует особо учитывать вопросы радиационной стойкости и устойчивости системы к внешним воздействующим факторам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технология радиочастотной идентификации (RFID). Перспективы использования и возникающие проблемы / А.А. Бобцова, Д.А. Камнев, А.С. Кремлев, С.А. Топилин // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2007. – №39. – С. 242-228.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕОРИИ ГРАФОВ ПРИ ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ

Шевелева А.А., Степанов Б.П.

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

Ленина, 30

e-mail: aas-tpu@yandex.ru

На всех этапах проектирования и функционирования систем физической защиты (СФЗ) необходима оценка применяемых инженерных и технических средств для обоснования эффективности и экономической целесообразности СФЗ объекта. Одним из способов проведения такой оценки является применение математических методик и компьютерных моделей, которые позволяют получить численные характеристики и параметры, характеризующие устойчивость системы безопасности к воздействиям внешних факторов. Существующие программные продукты не позволяют в полной мере выявить уязвимые места СФЗ. Поэтому существует необходимость в разработке новых математических методик.

В работе рассматривается применимость теории графов при оценке эффективности СФЗ. Вся территория объекта может быть представлена в виде условных единиц с определенными параметрами: время преодоления препятствия с использованием выбранной тактики или вероятность обнаружения техническим средством. Применяя алгоритмы Дейкстры и A-star, можно выявить уязвимые места в системе безопасности.

В процессе выполнения работы разработан программный продукт, моделирующий движение нарушителя в СФЗ с применением алгоритмов теории графов. Данная программа способна выявить наиболее опасный маршрут следования нарушителей, определить временные и вероятностные характеристики движения группы нарушителей.

Разработанная методика и программный продукт могут быть использованы организациями по проектированию систем безопасности, а также на объектах использования атомной энергии в рамках функционирования систем физической защиты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Об утверждении Положения о составе и содержании отчета по оценке эффективности системы физической защиты на ядерном объекте: Приказ Ростехнадзора от 29.12.2011 N 762
2. McMillan M 2005 *Data Structures and Algorithms Using Visual Basic.NET* (Cambridge University Press) p. 412.

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

ПРЕИМУЩЕСТВО БИОНИЧЕСКОГО ДИЗАЙНА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НОВЫХ ИЗДЕЛИЙ.

Баранов Н.Н., Жамалетдинова С.О., Столбиков А.А.,

Чичимов Д.Е., Орлова Н.Ю.

СФТИ НИЯУ МИФИ, г. Снежинск, 456776

e-mail: Zhamaletdinova96@mail.ru

3D принтер – это инструмент для расширения возможностей. Широкое использование трехмерной печати FDM и SLM технологией позволит экономить средства, время и повысить производительность. Это особо актуально для конструирования новых изделий, быстрого ремонта и восстановления вышедших из строя деталей, ведь теперь можно не только проектировать 3D модель, но и прикоснуться к ней в проводимых исследованиях. Анализируя научно-техническую литературу по печати методом FDM и SLM, не было обнаружено системного подхода к изучению свойств и точности полученных прототипов. Данная работа направлена на изучение возможности использования 3D печати технологией FDM и SLM при выполнении прикладных задач в машиностроении.

Еще одним направлением аддитивного производства является бионический дизайн, он позволяет упростить и удешевить конструкцию, путем исключения лишнего материала, сохраняя при этом его жесткость и прочность. Бионический дизайн зародился благодаря пристальному вниманию за природой. Детали произведенные при помощи бионического дизайна имеют характерные черты присущие, например, растениям, животным и могут даже имитировать строение кости человека.

Таким образом, в результате проведения данной работы была создана CAD модель, к ней был применен бионический дизайн, в следствии была получена облегченная деталь с такими же прочностными свойствами и точностью полученных прототипов произведенных по FDM и SLM технологиям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горьков Д.А. 3D печать с нуля. / 3D-Print-nt, 2015.-36.6 Мб/URL: <http://knigibesplatno.org>
1. Brian Evans Practical 3D Printers: The science and art of 3D printing-Apress 2012.URL: <http://www.apress.com/gp/book/9781430243922>
2. E.Canessa, C.Fonda, M.Zennaro Low-cost 3D printing for science, education & sustainable development-international center for theoretical physics 2013/ ICTP—The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics, 2013. — 202 с.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОТРАБОТКИ БЛОКОВ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Гончарова Н.А., Носков М.Д.

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г.Северск Томской обл., пр.Коммунистический, 65
e-mail:aleksandrovad270@mail.ru*

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. Для стабильной работы предприятия существует необходимость составления планов добычи урана и расхода реагентов. План добычи предприятия складывается из планов добычи по отдельным эксплуатационным блокам. Для решения данной задачи можно применять математическое моделирование.

В настоящей работе рассматривается применение геотехнологической моделирующей системы «Курс» для прогнозирования отработки блоков и составления планов на основе работы блока. Геотехнологическая моделирующая система «Курс» разработана в Северском технологическом институте Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ». Работа системы «Курс» основана на математической модели, описывающей физико-химические процессы, происходящие в продуктивном горизонте при сернокислотном выщелачивании урана. При моделировании учитываются реальные режимы работы скважин, составы рабочих растворов и характеристики продуктивного горизонта.

Для составления планов была создана цифровая модель блоков, проведена верификация модели на основе согласования фактических данных, с данными полученными при математическом моделировании и выполнен прогноз отработки блоков. Проведены расчеты прогноза отработки до 80% степени извлечения урана. Получены карты распределения урана в технологических растворах, продуктивности, кислоты, временные зависимости массы извлеченного урана и его концентрации в продуктивных растворах, концентрации и расхода кислоты. Полученные данные можно использовать для кратко и среднесрочного планирования.

Таким образом, моделирующая система «Курс» позволяет определить геотехнологические показатели отработки блоков на необходимый период времени.

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО СДВИГА ПРИ ГИПЕРТЕРМИИ ДЛЯ РАДИОСЕНСЕБИЛИЗАЦИИ ОПУХОЛЕЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА

*Григорьева А.А.¹, Милойчикова И.А.^{1,2}, Тургунова Н.Д.^{1,2}, Рябова А.И.²,
Грибова О.В.², Красных А.А.¹, Стучебров С.Г.¹, Черепенников Ю.М.¹*

¹Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

²Научно-исследовательский институт онкологии Томского НИМЦ,

634009, г. Томск, пер. Кооперативный, 5

e-mail: miloichikova@tpu.com

За последние несколько десятков лет во всем мире остро встает проблема онкологических заболеваний. Одним из наиболее эффективных подходов к лечению является сочетание лучевой терапии с хирургическим методом и химиотерапией [1]. Для увеличения чувствительности опухолей к воздействию лучевой терапии применяются специальные подходы, включающие в себя физические и химические воздействия. Сочетание локальной гипертермии (кратковременный, локальный нагрев отдельных участков тела) с лучевой терапией является одним из перспективных направлений лечения рака, так как позволяет повысить эффективность лечения радиорезистентных опухолей в полтора – два раза [2].

Контроль тепловой дозы является важным при проведении сеансов локальной гипертермии новообразований головного мозга, ввиду высокой вероятности возникновения «горячих» зон, которые могут привести к термодеструкции нормальных тканей на границе раздела сред опухоль-мозг и ликвор-мозг [3].

Работа направлена на проведение термометрических измерений в разработанном на базе агарового геля фантоме мозга с элементами опухоли и ликвора для реального курса локальной гипертермии. Показана целесообразность использования созданного фантома для определения безопасности проведения электромагнитной гипертермии на аппарате Celsius TCS и оценки «горячих» точек.

ЛИТЕРАТУРА

1. Всемирная организация здравоохранения. Режим доступа: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs297/ru/>
2. Комарова Л. Н., Петин В. Г. Модификация радиочувствительности: новые горизонты и перспективы // Обнинск, ИАТЭ.–2007. – 141 с.
3. Рябова А. И. Локальная гипертермия в комбинированном лечении первичных злокачественных глиом // Актуальные вопросы экспериментальной и клинической онкологии: сборник материалов Всероссийской конференции молодых ученых-онкологов, посвященной памяти академика РАМН Н.В. Васильева. Томск, 13 мая, 2016 года. Томск: Изд-во ТГУ, 2016. – С. 159-161.

ИЗМЕРЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ПОТОКА ЭЛЕКТРОНОВ В ПОПЕРЕЧНОМ СЕЧЕНИИ ПУЧКА МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ

Данилова И.Б., Милойчикова И.А., Стучебров С.Г.

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: irisna2809@gmail.com*

Электронные пучки имеют большое значение во многих областях. Одной из наиболее важных характеристик пучков является распределение плотности потока в поперечном сечении. Существуют разные подходы по определению этой характеристики, например, с использованием дозиметрических пленок, на основе люминесцентных детекторов, или при помощи распределенных в исследуемой плоскости электронных детекторов [1]. Большинство применяемых подходов не лишено недостатков, таких как низкое разрешение [2], наличие расходных материалов или ограниченные дозовые характеристики. Целью данной работы является разработка метода, позволяющего проводить измерения поперечного распределения плотности потока электронного пучка, с разрешением не меньше 1 мм, имеющего высокую радиационную устойчивость, и не требующего замены расходных материалов между измерениями.

В рамках работы была разработана концепция нового метода, в основе которого лежит сканирование электронного пучка в поперечной плоскости тонкой металлической полоской под различными углами и измерение изменения тока электронов, происходящего за счет потерь частиц в пластине. Сканирование осуществляется под разными углами с заданным шагом. Данные об изменениях тока обрабатываются и преобразуются при помощи обратного преобразования Радона, позволяющего перейти от зависимости тока от угла пластины и ее положения к зависимости тока от координат в плоскости сканирования. Количество сканирований и угол смещения выбирается с учетом оптимальных результатов реконструкции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технология пленочной дозиметрии GAFCHROMIC [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gafchromic.ru/?yclid=1135545137855466433>
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>

ОПТИМИЗАЦИЯ КОМПОНОВКИ АКТИВНОЙ ЗОНЫ РЕАКТОРА ИРТ-Т ДЛЯ ОБЛУЧЕНИЯ СЛИТКОВ КРЕМНИЯ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

Дмитриев С.К., Лебедев И.И., Чертков Ю.Б.

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail:skd1@tpu.ru*

Исследовательские ядерные реакторы, как инструмент для радиационной обработки материалов, обладают большим потенциалом. Одним из немногих объектов в РФ, реализующих нейтронное трансмутационное легирование кремния, является исследовательский ядерный реактор ИРТ-Т. Целью настоящей работы является проектирование и создание нового экспериментального канала, который бы позволил применить технологию НТЛ для образцов кремния до 200 мм, сохраняя высокую степень однородности примесей.

Новый облучательный объём должен обеспечивать низкую жесткость спектра[1], помимо этого должен позволять облучать слитки кремния больших размеров до 200мм с минимальным аксиальным коэффициентом неравномерности.

В качестве расчётной модели для программы MCSU была выбрана полномасштабная модель ядерного реактора ИРТ-Т с последующей модернизацией[2]. На первом этапе расчёта в качестве нового облучательного объёма была выбрана графитовая призма.

Во время моделирования работы ядерного реактора, были рассмотрены различные варианты компоновки активной зоны. Был определен ряд закономерностей расположения ТВС в активной зоне, позволяющих достичь условия максимально эффективного протекания НТЛ в новом экспериментальном канале. Расчёт показал, что только перестановкой ТВС можно повысить производительность до 40 %, при этом сохраняя однородность легирования при аксиальном коэффициенте неравномерности до 1,27.

ЛИТЕРАТУРА

1. Емец Е. Г. Оптимизация условий облучения и разработка установки для ядерного легирования кремния в реакторе ИРТ-Т: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: спец. 05.09. 02 : дис. – 2015. – 100 с. – Фамилия И.О. Название статьи // Журнал. – 2012. – Т. 1. – № 11. – С. 71–77.
2. Дмитриев С.К., Лебедев И.И., Аникин М.Н., Чертков Ю.Б. Моделирование расположения нового облучательного объема для НТЛ кремния в реакторе ИРТ-Т // Сборник тезисов докладов VII Школы-конференции молодых атомщиков сибери. – 2016. – с 113.

АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ УРАНА МЕТОДОМ РЕГИСТРАЦИИ РЕНТГЕНОВСКОЙ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ

Дубровка С.П.

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail:spd1@tpu.ru*

На сегодняшний день физико-химические методы анализа веществ играют важную роль в развитии современных наукоемких производств, и область ядерных технологий не является исключением. Наибольший интерес, особенно для атомной энергетики, представляют неразрушающие виды анализа. На данный момент используется множество разных методов исследования веществ и крайне важно подобрать наиболее эффективный из них для решения конкретной задачи.

Рентгенофлуоресцентный анализ представляет собой высокоточный и универсальный метод исследования веществ, в связи с чем, было принято решение о необходимости создания методики по количественному определению урана в растворах для решения задач ядерного топливного цикла с помощью аналитического комплекса Спектроскан МАКС-G. Анализ погрешностей – неотъемлемый этап практически любой научно-исследовательской работы.

Погрешность представляет собой отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины. Ошибки могут возникать по разным причинам, например таким как: особенности выбранного метода измерений, свойства объекта, влияние внешних условий, погрешность средства измерения и так далее. Существует обширная классификация погрешностей в зависимости от разных факторов.

В работе были рассмотрены все возможные погрешности и негативные эффекты, характерные для данного метода анализа веществ, средства измерения и объекта исследований. В результате проведенной оценки было установлено, что измерения характеризуются низкой статистической погрешностью (менее 0,1 %), практически отсутствует аппаратная погрешность (0,5 %), высокая сходимость показаний спектрометра (не более 1 %), а относительная погрешность разрабатываемой методики не превысила 2 %.

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.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ИЗДЕЛИЙ ИЗ СТАЛИ 12X18H10T ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО СПЛАВЛЕНИЯ.

Жамалетдинова С.О., Баранов Н.Н., Столбиков А.А.,

Чичимов Д.Е.; Орлова Н.Ю.

СФТИ НИЯУ МИФИ, г.Снежинск, 456776

e-mail: Zhamaletdinova96@mail.ru

Данная работа направлена на определение структуры и свойств образцов, изготовленных по SLM (Selective Laser Melting) технологией из металлического порошка стали 12X18H10T с фракцией от 40 до 100 мкм. Для этого были выращены 9 образцов с разным расположением внутри зоны спекания: 3 горизонтально расположенных, 3 под углом 42°, 3 под углом 42° с последующей термической обработкой. Процесс построения изделий происходит внутри герметичной камеры, заполненной инертным газом (аргоном), чтоб позволяет свести к минимуму окисление порошкообразного материала.

Исследования поверхности образцов показали, что:

- они имеют волокнистую структуру с расположенными на них вкраплениями частиц сферической и прямоугольной формы.
- структура материала приведенная на травленных шлифах лопаток в двух сечениях материала показывает, что микроструктура материала всех образцов в исследованных сечения подобна структурам, характерным для направленной кристаллизации.
- в структуре материала образцов присутствует некоторое количество пор и включений, располагающихся преимущественно между слоями.
- среднее значение твердости для всех исследованных образцов идентичны и составляют 245-246 HV5(241 HB).
- дифрактограммы всех образцов идентичны и представлены сильными рефлексами, которые относятся к аустениту.

Исследовав структуру образцов видим, что структура материала достаточно однородна и не зависит от направления выращивания, а неоднородности могут быть обусловлены неоднородностью химического состава исходного материала, что не связано с SLM технологией, и поры, располагающиеся по границам слоёв, наличие и количество которых можно уменьшить путем подбора более точных технологических параметров печати.

ЛИТЕРАТУРА

3. Brian Evans Practical 3D Printers: The science and art of 3D printing-Apress 2012.URL: <http://www.apress.com/gp/book/9781430243922>

МЕТОДИКА ПОДБОРА РЕЖИМА ПЕЧАТИ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ РОССИЙСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ПО ТЕХНОЛОГИИ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО СПЛАВЛЕНИЯ.

*Жамалетдинова С.О., Баранов Н.Н., Столбиков А.А., Чичимов Д.Е.,
Орлова Н.Ю.*

СФТИ НИЯУ МИФИ, г.Снежинск, 456776

e-mail: Zhamaletdinova96@mail.ru

3D-печать металлами по технологии SLM (Selective Laser Melting) можно считать одним из наиболее перспективных направлений аддитивного производства. Использование металлических порошков Российского производства позволит исключить импортозависимость и расширит возможность использования SLM технологий. В данной работе рассматривается технология SLM печати из металлических порошков Российского производства с фракцией от 5 до 100 мкм.

Анализ технологического процесса послойного синтеза позволил выявить основные группы факторов определяющих точность получаемого изделия, точность 3D модели, коэффициент температурного линейного расширения, точность подготовки управляющих программ, технологические параметры печати, толщина слоя печати, диаметр пятна лазера, время экспозиции, расстояние между соседними проходами лазера, расположение детали в рабочем пространстве, количество поддерживающих структур.

Таким образом в результате проведения работы были выявлены и подтверждены основные влияющие факторы, определили поправочный коэффициент. Сделали вывод о том, что: отклонение от цилиндричности, не зависит от размера детали, эллипсоидная форма зависит от угла печати, зависимость от триангулированности CAD-модели. Все эти факторы позволят на стадии подготовки управляющей программы на 3D принтере произвести корректировку 3D модели детали, а следовательно уменьшить вероятность появления отклонения у реальных деталей при печати.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горьков Д.А. 3D печать с нуля. / 3D-Print-nt, 2015.-36.6 Мб/URL: <http://knigi-besplatno.org>
2. Brian Evans Practical 3D Printers: The science and art of 3D printing-Apress 2012.URL: <http://www.apress.com/gp/book/9781430243922>

ПОЛУЧЕНИЕ БОРОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ НЕЙТРОННОГО И ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ

Закусилов В.В., Куприянов В.В.

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

e-mail: vvzakusilov@tpu.ru

В современном мире ядерные технологии используются во многих областях науки, в энергетике, промышленности и медицине. Этим обуславливается необходимость создания эффективной защиты от сопутствующего воздействия нейтронного и гамма-излучения.

Для защиты от потоков гамма-квантов, образующихся в результате ядерных реакций, используют материалы с высокой плотностью и большой атомной массой. Принцип защиты и выбор материала от нейтронного излучения обосновывается энергией нейтронов. Так эффективное ослабление надтепловых нейтронов происходит в результате реакции упругого рассеяния на ядрах лёгких элементов, однако, для нейтронов с энергией свыше 1 МэВ микроскопическое сечение взаимодействия с этими ядрами сравнительно мало, поэтому изначально необходимо уменьшить энергию с помощью реакции неупругого рассеяния на ядрах тяжелых элементов. После замедления, до энергий тепловых нейтронов происходит их поглощение. Поэтому для эффективной защиты материал должен содержать в своём составе, как лёгкие, так и тяжелые элементы [1].

Материалы, применяющиеся в качестве радиационной защиты, должны обладать определенными защитными свойствами, радиационной и химической стойкостью. Одной из перспективных технологий порошковой металлургии позволяющей получить материалы с заранее заданными свойствами является самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС).

Для получения защитного материала от нейтронного и гамма-излучения была использована смесь порошков вольфрама с бором. Экспериментальная проверка защитных свойств полученного материала проводилась при вариации толщины экранов в сравнении с традиционно применяемыми материалами защиты – свинцом и графитом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голубев Б. И. Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений: Учебник для вузов. Под. ред. Е. Л. Столяровой. – 4-е изд., перераб. и доп. – М: Энергоатомиздат, 1986. – 464 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОРИЙСОДЕРЖАЩЕГО ТОПЛИВА В ЛЕГКОВОДНЫХ РЕАКТОРНЫХ УСТАНОВКАХ

Зорькин А.И., Беденко С.В., Кнышев В.В., Украинец О.А.
Национальный исследовательский Томский политехнический
университет,
Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050
E-mail: aiz4@tpu.ru

В последнее время становится очевидным, что ядерная энергетика является одной из приоритетных составляющих общемировой энергетики. В настоящее время в России ее основой является уран. Однако стратегия развития ядерной энергетики, как в России, так и рубежом, предусматривает введение ядерного топливного цикла на основе плутония и тория [1]. Основная ценность их состоит в том, что они могут служить источником пополнения запасов вторичного ядерного горючего.

В работе представлены результаты, свидетельствующие о преимуществах Th^{232} как воспроизводящего нуклида по сравнению с U^{238} в составе ядерного топлива нового поколения. Исследования проведены для топлив разного состава (UO_2 , $(\text{Pu}, \text{Th})\text{O}_2$ и $(\text{U}, \text{Th})\text{O}_2$) и разной конфигурации водо-водяной ячейки реактора. Получены и проанализированы зависимости эффективного коэффициента размножения от времени, определены оптимальные конфигурации реактора и составы топлив.

Все полученные результаты соответствуют теоретическим предположениям, что свидетельствует о правильности проведения нейтронно-физического расчета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Shamanin, Igor Vladimirovich. Advantages of Thorium Nuclear Fuel for Thermal-Neutron Reactors [Electronic resource] / I. V. Shamanin, S. V. Bedenko, I. Gubaydulin // Advanced Materials Research : Radiation and nuclear techniques in material science : Scientific Journal. — 2015. — Vol. 1084 : Physical-Technical Problems of Nuclear Science, Energy Generation, and Power Industry (PTRAI -2014). — [P. 275-279]. — Title screen. — Доступ по договору с организацией-держателем ресурса. Режим доступа:
<http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.1084.275>

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ НЕЙТРОН-ЗАХВАТНОЙ ТЕРАПИИ ОПУХОЛЕЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПО ДАННЫМ КИНЕТИКИ КОМПЛЕКСОВ Gd(III) ПРИ МРТ

Карпович Н.И.¹, Вагнер А.Р.¹, Усов В.Ю.²

¹Томский политехнический университет, 634050, Томск, ул. Ленина 30

²НИИ кардиологии ТНИМЦ РАН, 634012, г. Томск, ул. Киевская, 111
e-mail: karpovichnatalia88@gmail.com

Нейтрон-захватная терапия (НЗТ) пучками тепловых нейтронов с высокой плотностью частиц является наиболее перспективным методом терапии неоперабельных злокачественных новообразований головного мозга с использованием Gd в форме устойчивых ацетатных комплексов с возможностью визуальной оценки методом МРТ.

Мы разработали методику количественного планирования НЗТ опухолей по данным кинетики комплексов Gd при МРТ. Как показано ранее [1], $MD_{нз} = \Phi \cdot \left(\frac{C_{опухоль} \cdot N_A}{M} \right) \cdot \sigma \cdot E \cdot K$, где $MD_{нз}$ – мощность дозы продуктов реакции захвата n^0 атомами акцептора, Φ – средняя плотность потока n^0 в зоне опухоли, $C_{опухоль}$ – концентрация Gd в опухоли, σ – сечение реакции захвата n^0 , E – энергия продуктов реакции захвата n^0 , K – коэффициент согласования размерностей. Режим введения акцепторов нейтронов должен обеспечивать лучевую нагрузку на опухоль со 100% повреждающим эффектом. Проанализировав кинетику прямого поглощения и обратной диффузии комплексов Gd в ткани опухолей мозга при МРТ, нам удалось показать, что она во всех случаях линейна и концентрация Gd в опухоли в момент T определяется как: $C_{оп}(T) = k_{пл-оп} \cdot \int C_{пл}(t) \cdot \exp(-k_{оп-пл}(T-t))dt$. При этом величина коэффициента прямого транспорта $k_{плазма-опухоль} = 5,87 \pm 0,31$ на порядок превосходит скорость обратной диффузии $k_{опухоль-плазма} = 0,91 \pm 0,23$. Тогда по данным однократного диагностического динамического исследования возможно рассчитать оптимальную схему дозирования Gd для достижения терапевтического эффекта нейтронного пучка известной плотности при НЗТ, одновременно избегая высвобождения Gd в здоровых тканях. Методика расчета может быть использована для терапевтических пучков n^0 как ядерных реакторов, так и малогабаритных ускорителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корякин С.Н., Ульяненко С.Е., Савина Е.П. и др. Использование меченного радиоактивным йодом меркаптододекабората натрия для планирования нейтронно-захватной терапии // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2005. – Т. 50. - №2, с. 56-60.

РАЗРАБОТКА НЕИНВАЗИВНОГО ГЛЮКОМЕТРА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ГЛЮКОЗЫ В КРОВИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КУРСА ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

Колотова Е.А.¹, Тургунова Н.Д.¹

*¹Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
email: Fentazi.Dragon@mail.ru*

Медицинские данные свидетельствуют: среди больных раком намного больше диабетиков, чем среди тех, кто не имеет онкологических патологий. Одновременно замечено, что у одного из пяти диабетиков со временем развивается рак. Все это говорит о наличии связи между сахарным диабетом и онкологическими болезнями.

Однозначно, диабет не имеет благоприятного воздействия на опухоль. Из-за изменения гормонального фона у больных повышается риск злокачественного перерождения клеток многих органов. Женщины, страдающие одновременно раком и диабетом, имеют нечувствительные прогестероновые рецепторы. А эта особенность не самым лучшим образом сказывается на гормональной терапии и изменяет прогноз течения рака и диабета на менее благоприятный.

Для улучшения качества жизни необходимо разработать неинвазивный способ измерения уровня глюкозы в крови, основанный на измерениях без необходимости забора крови, что значительно упрощает повсеместное применение глюкометрии. Основанные на данном способе приборы существуют только за рубежом в виде проходящих испытания прототипов и их предполагаемая рыночная цена от 3 тысяч долларов.

В данной работе рассмотрена применимость биоимпедансного метода для неинвазивного определения уровня глюкозы в крови, а также разработан прибор для проведения данного анализа на основе биоимпеданса с высокой эффективностью. Также было разработано программное обеспечение для обработки полученных результатов и проведены первые тестовые измерения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алейник, А.Н. Физические методы в исследовании биологических объектов / А.Н. Алейник, В.И. Беспалов - Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. - 178 с.
2. Корневский Н. А., Попечителей Е. П., Филист С. А. Проектирование электронной медицинской аппаратуры для диагностики и лечебных воздействий: Монография. — Курская городская типография. - 1999.

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ НУКЛИДНОГО СОСТАВА ТОПЛИВА ПРИ МНОГОКРАТНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕГЕНЕРИРОВАННОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

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

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: pak6@tpu.ru*

Сегодня ядерная энергетика остается одним из самых перспективных и чистых источников энергии. Однако, несмотря на неоспоримые преимущества, в ядерной энергетике существуют и проблемы, одной из которых является проблема обращения, переработки и хранения облученного ядерного топлива.

В свою очередь, энергоблоки на быстрых нейтронах призваны существенно расширить топливную базу атомной энергетики и минимизировать радиоактивные отходы за счёт организации замкнутого ядерного топливного цикла. Наиболее актуальна на сегодняшний день концепция реактора БН-800 находящегося на площадке Белоярской АЭС.

В работе проведена оценка возможности повторного и многократного использования выделенного из ОЯТ плутония реактора БН-800. В качестве топлива рассматривается МОХ-топливо ($Pu/U = 20/80\%$), обогащение урана в котором составляет 0,3% по U^{235} . В результате определено, что при повторном использовании плутония из отработанного топлива, вне зависимости от состава плутония в начальной загрузке, содержание изотопов приходит к равновесным значениям ($Pu^{239}/Pu^{240}/Pu^{241}/Pu^{242} = 53/32/7,8/7,2 \%$). В качестве начальных значений содержания изотопов плутония в топливе использованы данные из работы [1]. Наряду с этим, при эксплуатации ядерного топлива с плутонием равновесного содержания обеспечивается необходимый запас реактивности, а длительность кампании не отличается от длительности при начальных значениях содержания. Все вышесказанное говорит о возможности замыкания ядерного топливного цикла при использовании реакторов на быстрых нейтронах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каграманян В.С., Крячко М.В. Эквивалентирование изотопов плутония для расчета баланса топлива и характера изменения реактивности в быстром реакторе.// ВАНТ.Серия: Ядерно-реакторные константы, 2015г – 5 - 17 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГЛУБИННЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ДОЗ ПУЧКА ЭЛЕКТРОНОВ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ В ПЛАСТИКОВЫХ ОБРАЗЦАХ

*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 онкологические заболевания являются одними из самых распространенных и опасных. Одним из методов лечения рака молочной железы и меланомы является лучевая терапия пучками электронов. Однако существует риск острых осложнений после облучения критических органов и тканей, таких как сердце и легкие. Вследствие этого возникает необходимость в разработке методов, которые позволят повысить точность доставки дозы непосредственно к патологическому очагу. В работах [1,2] был предложен способ формирования пучка электронов с использованием тестовых образцов, изготовленных с помощью технологий быстрого прототипирования.

В рамках данной работы был изучен характер взаимодействия пучка электронов с АБС пластиком. Для этого на первом этапе были экспериментально получены глубинные распределения доз электронов с энергиями 6, 12 и 20 МэВ в АБС пластике. В качестве источника излучения был использован клинический ускоритель Varian – TrueBeam, в качестве детектора использовались дозиметрические пленки Gafchromic EBT3. Моделирование данного процесса проводилось в программе «Компьютерная лаборатория (PCLab)» [3]. Итогом работы является сравнительный анализ расчетных и экспериментальных глубинных распределения доз электронов в АБС пластике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Miloichikova I. A. , Stuchebrov S. G. , Danilova I. B. , Naumenko G. A. Simulation of the microtron electron beam profile formation using flattening filters // Physics of Particles and Nuclei Letters. - 2016 - Vol. 13 - №. 7. - p. 890-892
2. Miloychikova I. A. , Krasnykh A. A. , Danilova I. B. , Stuchebrov S. G. , Kudrina V. A. Formation of electron beam fields with 3D printed filters // AIP Conference Proceedings. - 2016 - Vol. 1772, Article number 060018. - p. 1-7
3. Беспалов В.И. Компьютерная лаборатория (версия 9.6). ТПУ. Томск, 2015. С. 115.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГИДРИДОВ В ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РЗМ- МАГНИТОВ ДЛЯ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

*Кропачев Е.В., Петровский Л.Ю., Карташов Е.Ю.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: messive@yandex.ru*

Уникальные характеристики редкоземельных магнитов делают их привлекательными и актуальными для использования в ряде существующих и инновационных направлений производства атомной отрасли. Стандартные РЗМ-магниты, выпускаемые промышленностью, имеют среднее значение максимального энергетического произведения (BH_{max}), равное от 24 до 35 МГсЭ.

Сегодня для повышения магнитных свойств применяют различные методы, в том числе легирование магнитных материалов гидридами РЗМ и их лигатур, которые оказывают положительное влияние на все магнитные свойства редкоземельных металлических соединений. В результате этого процесса была увеличена температура Кюри и коэрцитивная сила сплавов NdFeB. А так же было доказано, что структура РЗМ не изменяется со временем, но увеличивается объем элементарной ячейки.

Целью данной работы являлось изучение процесса получения гидридов РЗМ из сплава $Nd_2Fe_{14}B$ при различных давлениях водорода, которые затем будут использоваться как легирующие добавки при производстве магнитной продукции. Гидрирование магнитного материала при различных давлениях проводили на лабораторной установке, состоящей из реактора гидрирования, где происходил сам процесс и реактора с аккумулятором водорода ($LaNi_5$), который очищал технический водород от примесей перед самим процессом гидрирования. Удельную поверхность образцов определяли методом БЭТ по тепловой десорбции аргона с внутренним эталоном. Массы исходных навесок сплава определялись из формулы Менделеева – Клайперона.

В результате исследований была установлена зависимость, показывающая, что при повышенном давлении, в пределах от 2,0 кгс/см² и выше, скорость гидрирования РЗМ увеличивается, что подтверждается практическими исследованиями и коррелируется литературными источниками. Было установлено, что при нулевом и отрицательном давлении ($P = -0,5$ кгс/см²) процесс гидрирования практически не идет, т.к. материал очень слабо взаимодействует с водородом.

ИТЕРАЦИОННАЯ СХЕМА РЕШЕНИЯ УСЛОВНО-КРИТИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ В ПОДКРИТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ С КЕРАМИЧЕСКИМИ ДЕЛЯЩИМИСЯ МАТЕРИАЛАМИ

Луцик И.О.¹, Беденко С.В.¹

¹Томский политехнический университет,
634034, г. Томск, пр. Ленина 30
e-mail: io.lutsik@gmail.com

В работе реализовано решение неоднородного уравнения переноса нейтронов в диффузионном 28-ти групповом приближении итерационным методом. С точки зрения вычислительных затрат, а также затрат по хранению ядерно-физических констант, данный метод решения является наиболее экономичным, и при выполнении ряда условий дает точное и надежное решение. Расчет проведен для подкритической системы из сферы $\text{Pu}^{238}\text{O}_2$.

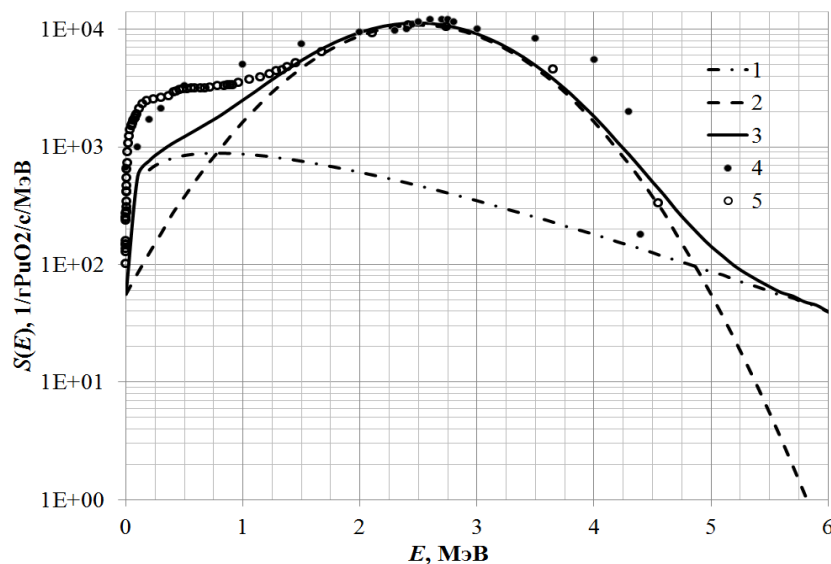


Рисунок 1. Спектральное распределение нейтронов $\text{Pu}^{238}\text{O}_2$

1 – спектральное распределение нейтронов спонтанного деления; 2 – спектральное (искомое) распределение нейтронов (α, n) -реакции ($a = 0,85$, $b = 2,50$); 3 – суммарное (искомое) распределение: $\{\chi_{sf}(E) + \chi_{an}(E)\}$; 4 – суммарное распределение, данные работы [3]; 5 – суммарное распределение, результаты аппроксимации данных библиотек EXFOR и ENDSF

В работе получен 28-групповой спектр плотности потока нейтронов (см. Рисунок 1) и величина подкритичности системы $\sim 1/(1-k_{eff})$. Большое внимание уделено определению функции распределения нейтронов. Расчетные данные хорошо согласуются с результатами, выполненными с использованием расчетного кода программы ANISN и SCALE-4.3 (KENO- V.a, ENDF/B-V).

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА КОМПЛЕКСА ФОРМИРОВАНИЯ НЕЙТРОННОГО ПУЧКА НА РЕАКТОРЕ ИРТ-Т ДЛЯ ЦЕЛЕЙ НЕЙТРОН ЗАХВАТНОЙ ТЕРАПИИ

Молодов П.А., Аникин, М.Н. Наймушин А.Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: molodovpavel@gmail.com

Бор-нейтрон-захватная терапия (БНЗТ) – бинарная технология лучевой терапии, основанная на возможности изотопа ^{10}B поглощать тепловые нейтроны в результате реакции $^{10}\text{B}(n,\alpha)^7\text{Li}$. Продукты данной реакции быстро тормозятся и выделяют энергию 2,3 МэВ на длине ~ 10 мкм, что обеспечивает возможность селективного поражения раковых клеток [1].

В настоящее время изучается возможность применения методики БНЗТ для лечения различных злокачественных новообразований, поэтому в мире активно ведется поиск и синтез новых потенциальных боросодержащих препаратов. Проведение экспериментальных предклинических «in vitro» и «in vivo» исследований на канале ядерного реактора ИРТ-Т совместно с НИИ Онкологии и НИИ Фармакологии Томского Национального Исследовательского Медицинского Центра Российской Академии Наук позволит осуществлять проекты по разработке перспективных боросодержащих препаратов.

Для обеспечения терапевтического пучка, удовлетворяющего «in air» требованиям МАГАТЭ, необходимо проведение реконструкции горизонтального экспериментального канала ГЭК-1. Для проведения расчетно-экспериментальных исследований по выбору материального и геометрического состава комплекса формирования нейтронного пучка с помощью прецизионной программы MCU-PTR [2] разработана полномасштабная нейтронно-физическая модель активной зоны реактора ИРТ-Т. Проведены расчеты по выбору материалов и геометрических размеров вставки отражателя нейтронов, замедлителя/фильтра и коллиматора нейтронного пучка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hawthorne M. F., Shelly K., Wiersema R. J. (ed.). Frontiers in neutron capture therapy. – Springer, 2013.
2. Alekseev N. I. et al. MCU-PTR program for high-precision calculations of pool and tank type research reactors //Atomic energy. – 2011. – Т. 109. – №. 3. – P. 149-156.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ СПЛАВА Nd-Fe-B ОТ ПРИМЕСЕЙ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОГО ПЕРЕПЛАВА

Ненуженко М.С., Лавров В.Е., Карташов Е.Ю.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,

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

e-mail: betmaxim@mail.ru

Одним из приоритетных направлений в атомной отрасли является использование инновационных материалов и продуктов, к числу которых относятся высокоэнергетические магниты состава Nd-Fe-B. Одним из методов повышения качества сплавов Nd-Fe-B, используемых для производства редкоземельных постоянных магнитов, является метод электрошлакового переплава (ЭШП), основанный на переплаве расходуемых электродов этого сплава в охлаждаемых изложницах (кокилях). При этом содержание кислорода в сплаве снижается в 1,5-2 раза, концентрация серы снижается в 2-3 раза, уменьшается содержание неметаллических включений. А также при быстрой кристаллизации слитка улучшается его микроструктура.

Исследование процесса ЭШП проводили на установке, состоящей из стойки, к которой фиксируется расходуемый электрод, приёмная изложница с водяным охлаждением и источник питания с аппаратурой регулирования. В качестве рабочего флюса, применяемого при ЭШП, является фтористый кальций. Температура плавления этого флюса 1320-1340°C, расход составляет 3- 4% от массы получаемого слитка.

Объектом исследования был выбран стандартный сплав Nd-Fe-B, в виде расходуемого электрода, полученный внепечным кальциетермическим восстановлением фторидов неодима и железа.

При ЭШП тепло выделяется благодаря прохождению тока через шлак. Плотность тока при этом процессе обычно составляет 0,1-0,5 А/мм². В процессе исследований было установлено, что оптимальным режимом поддержания процесса ЭШП составило при номинальной силе тока - 500 А, напряжение дуги – 30В. Это позволило, не прерывая процесса, проплавить весь электрод диаметром 20 мм и получить компактный слиток без видимых вкраплений шлака в поверхностный слой. Полученные результаты химанализа показали, что в сплаве практически отсутствуют неметаллические включения и улучшилась его микроструктура.

ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРЕМЕННОГО РЕЖИМА РАБОТЫ СКВАЖИН ДЛЯ ДОБЫЧИ УРАНА ГЕКСАГОНАЛЬНОЙ СХЕМОЙ ВСКРЫТИЯ МЕТОДОМ СПВ

*Нестеров А.Д., Янова А.О., Носков М.Д.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
г.Северск Томской обл., пр.Коммунистический, 65
e-mail: B00blegum@mail.ru*

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. При отработке рудного тела методом СПВ возникают целики, образованные из-за неравномерного течения растворов. Целик – часть залежи полезного ископаемого, которая остается плохо проработанной при разработке месторождения. Целью данной работы является определение наиболее эффективного варианта отработки рудного тела при помощи изменения режимов гексагональной схемы скважин.

На основе математического моделирования проведено исследование области выщелачивания гексагональной схемой с переменным режимом работы скважин. 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. Переменный режим работы заключается в периодическом изменении дебита откачки и закачки раствора. Была построена геотехнологическая модель блока, включающая в себя исходные параметры рудного тела и эксплуатационного блока. Были выполнены два расчета. В первом расчете дебиты технологических скважин при откачке и нагнетании были постоянны. Во втором расчете дебиты технологических скважин при откачке и нагнетании были переменны.

Анализируя результат, было выявлено, что использование переменного режима работы позволяет добыть большее количество урана, чем при использовании режима с постоянными дебитами откачки и нагнетания раствора. Геотехнологические показатели, такие как время отработки, ж/т, удельный расход кислоты при достижении момента концентрации урана в продуктивном растворе 10 мг/л, демонстрируют эффективность выбранного способа для отработки данного рудного тела.

ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ НАНОДИСПЕРСНЫХ ОКСИДНЫХ ПОРОШКОВ ИТТРИЯ И ЦИРКОНИЯ

Новоселов И.Ю., Бабаев Р.Г.

*Научный руководитель: Каренгин А.Г., к.ф.-м.н., доцент
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский
политехнический университет», 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: inovoselov@tpu.ru*

Одним из приоритетных направлений развития современного материаловедения являются наноматериалы и нанотехнологии [1].

Наноразмерный оксид иттрия (Y_2O_3) является востребованным материалом, который имеет широкий спектр применения: изготовление высокотемпературной керамики (поршни двигателей, детали турбин), в качестве активной среды твердотельных лазеров, компонента специальных стекол, дисперсионного упрочнения сталей и сплавов.

Наноразмерный оксид циркония (ZrO_2) применяют при изготовлении огнеупоров, керамик, создании теплозащитных экранов космических аппаратов, изготовлении тормозных дисков автомобилей, в катализе, в эндопротезировании и стоматологии.

Для получения таких наноразмерных порошков из нитратных растворов перспективным является применение низкотемпературной плазмы. Однако плазменная обработка только растворов требует значительных энергозатрат (до 4 МВт·ч/т). Существенное снижение энергозатрат (до 0,1 МВт·ч/т) может быть достигнуто при обработке растворов в воздушной плазме в виде оптимальных по составу диспергированных водно-солеорганических композиций (ВСОК).

По результатам расчетов определены составы ВСОК на основе ацетона (этанола), имеющие низшую теплотворную способность ($Q_{нр} \geq 8,4$ МДж/кг) и адиабатическую температуру горения ($T_{ад} \geq 1200$ °С) и обеспечивающие не только существенное снижение затрат энергозатрат на плазменную обработку композиций, 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 плазмохимического синтеза нанодисперсных оксидных порошков иттрия и циркония.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б.М. Балоян, А.Г. Колмаков, М.И. Алымов, А.М. Кротов Наноматериалы. Классификация, особенности свойств, применение и технологии получения: учебное пособие. – М.: Международный университет природы, общества и человека «Дубна», 2007. – 125 с.

ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ МЕТАЛЛ-ОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ «W-UO₂»

Мендоса О., Новоселов И.Ю., Котельникова А.А.

*Научный руководитель: Каренгин А.Г., к.ф.-м.н., доцент
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский
политехнический университет», 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: kuros@tpu.ru*

У ядерной энергетики, использующей оксидное ядерное топливо (ЯТ) в реакторах на тепловых нейтронах в виде керамики из диоксида урана, обогащенного по изотопу уран-235, наряду с достоинствами есть и существенные недостатки [1]: низкая теплопроводность; высокая хрупкость и склонность к растрескиванию; короткий цикл использования; ограниченный ресурс изотопа уран-235.

Одним из перспективных направлений дальнейшего развития ядерной энергетики является создание реакторных установок с использованием дисперсионного ЯТ, которое характеризуется отсутствием прямых контактов между частицами топлива благодаря их равномерному распределению в матрице и обладает следующими преимуществами [2]: высокие теплопроводность и механические свойства; высокое «выгорание» делящихся материалов; высокие радиационная стойкость и прочность; локализация продуктов деления в гранулах и др..

В работе представлены результаты термодинамического моделирования процесса синтеза металл-оксидных композиций (МОК) «W-UO₂» в различных плазменных теплоносителях (воздух, водород). Расчёт коэффициентов теплопроводности λ проведен для МОК «30 % W-70 % UO₂» и «50 % W-50 % UO₂» при температурах 273-1073 К с интервалом в 200 К. Проведено сравнение расчетных и экспериментальных данных.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при создании технологии плазмохимического синтеза гомогенных металл-оксидных композиций «W-UO₂», а также для оценки и прогнозирования теплофизических свойств композиционных материалов на их основе для дисперсионного ядерного топлива.

ЛИТЕРАТУРА

1. Котельников Р.Б. и др. Высокотемпературное ядерное топливо. – М.: Атомиздат, 1978. – 432 с.
2. Алексеев С. В. Дисперсионное ядерное топливо. – М.: Техносфера, 2015.–248 с.

НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОРИЙСОДЕРЖАЩИХ ТВС

Мотрий¹ И.А., Чертков¹ Ю.Б., Федоров² Н.М.

*¹Национальный исследовательский Томский политехнический
университет, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050*

*²Нововоронежская атомная электростанция,
Россия, г. Нововоронеж, Нововоронежская АЭС, 396071*

E-mail: iam9@tpu.ru

В работе рассмотрена возможность использования тория в тепловых реакторах на примере реактора типа ВВЭР-1000. Проведено сравнение размножающих свойств элементарных ячеек реактора с различными видами топлива, в том числе с торийсодержащим топливом.

Для выбора оптимальной топливной композиции энергетического реактора было проведено сравнение длительности кампании и глубины выгорания для следующих вариантов топливных композиций, при начальном обогащении 5 %, 10 % и 19,9 % по делящимся нуклидам:

- 1) исходный вариант топлива с UO_2 , применяемый в реакторе ВВЭР, а также UC и UN ;
- 2) оксидные, карбидные и нитридные смеси U с Th ;
- 3) оксидные, карбидные и нитридные смеси Th с Pu , в которой использовался оружейный плутоний;
- 4) оксидные, карбидные и нитридные смеси Th с Pu , в которой использовался энергетический плутоний.

По результатам расчетов карбидное топливо оказалось наиболее перспективным. При использовании карбидного топлива, а именно смесь урана с торием при обогащении до 10 % оно показывает максимальную длину кампании и глубину выгорания среди остальных смесей.

При обогащении 19,9% наиболее перспективной оказалась карбидная смесь оружейного плутония и тория. Длина кампании данной топливной композиции немного уступает нитридной смеси урана с торием, но при этом значительно выигрывает по глубине выгорания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чертков Ю.Б., Наймушин А.Г. Нейтронно-физический расчет элементарной ячейки реактора с помощью программы WIMS-D5: Учеб. пособие. / Кафедра ФЭУ — Томск: Томский политехнический университет, 2011.

СОЗДАНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ НА ОСНОВЕ ТОМОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПАЦИЕНТА

*Переверзева М.А., Милойчикова И.А., Огребо А.В., Стучебров С.Г.
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: marinapereverzeva1994@gmail.com*

Одним из наиболее эффективных методов медицинского обследования внутренних органов пациентов является компьютерная рентгеновская томография, которая позволяет визуализировать информацию об объемном распределении плотности тканей, полученную путем сканирования пациента рентгеновским излучением.

Результаты медицинского сканирования чаще всего представляются в виде данных в формате DICOM (от английского Digital Imaging and Communications in Medicine – цифровые изображения и данные в медицине) [1]. Этот формат предназначен для хранения, передачи и визуализации информации, полученной при медицинских обследованиях пациентов. DICOM является полноценным самостоятельным форматом и отвечает всем требованиям, возникающим при решении медицинских задач.

Однако данные томографических обследований зачастую используются и в других областях, например в науке. В таких случаях формат DICOM может быть не удобным для обработки и анализа. Целью данной работы является разработка метода, позволяющего создавать на основе томографических данных, хранящихся в формате DICOM, трехмерные модели в формате OBJ [2] – наиболее популярном формате хранения и передачи трехмерных компьютерных изображений.

Для обработки использовались результаты томографического обследования ноги пациента со злокачественным образованием в формате DICOM. В результате работы из томографических данных была создана объемная модель в формате OBJ, которая содержит информацию о внутреннем распределении тканей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mildenerger P., Eichelberg M., Martin E. Introduction to the DICOM standard //European radiology. – 2002. – Т. 12. – №. 4. – С. 920-927.
2. Goguen J. A. et al. Introducing obj //Software Engineering with OBJ. – Springer US, 2000. – С. 3-167.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ СПЛАВА NdFeB МЕТОДОМ ВНЕПЕЧНОГО КАЛЬЦИЕТЕРМИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФТОРИДОВ РЗМ

Петровский Н.Е., Шишко Е.Э., Карташов Е.Ю.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,

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

e-mail:Spealko@gmail.com

Магниты, используемые в ядерной энергетике и изготавливаемые из сплавов на основе $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$, обладают наиболее высокими магнитными характеристиками из всех выпускаемых промышленностью. Высокая удельная магнитная энергия и сопротивляемость к размагничиванию в сильных полях делает магниты из NdFeB незаменимыми другими магнитными материалами в системах приборов и устройств с высокой напряжённостью магнитных полей в больших зазорах, а также при максимальной минимизации веса и упрощения конструкций устройств, например, регистрирующих датчиках.

Технология изготовления магнитов NdFeB достаточно сложна и состоит из получения самого сплава методом внепечного кальциетермического восстановления и изготовление из него порошка методом многоступенчатого измельчения с размерами частиц 3-5 мкм с дальнейшим прессованием, спеканием и намагничиванием его в магнитном поле.

Мы исследовали процесс внепечного кальциетермического восстановления фторидов РЗМ для получения качественного сплава NdFeB, из которого изготавливаются высокоэнергетические магниты. Работу проводили на установке, состоящей из герметичной камеры с установленным в ней тигелём, с заранее приготовленной и засыпанной в него шихтой (тщательно перемешанная смесь фторидов железа неодима и бора с гранулированным кальцием). В донной части тигля имелось сливное отверстие для получаемого металла, закрытое легко проплавляемой пробкой. Весь металл собирался в медном кристаллизаторе, установленном под тиглем. Процесс контролировался визуально по приборам контроля – мановакуумметру и температурному датчику. В результате проведённых экспериментов были получены слитки сплава Nd-Fe-B стехиометрического состава, из которых будут получены магниты и определены их магнитные свойства.

РАЗРАБОТКА ПОДВЕСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ БПЛА ДЛЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ ВЫСОТНЫХ КОЛОННЫХ АППАРАТОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

*Пилипенко А.М., Карташов Е.Ю,
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: pily141298@gmail.com*

Целями политики Госкорпорации «Росатом» в области обеспечения безопасности объектов использования атомной энергии является минимизация ядерных, радиационных и промышленных рисков, а также стремление к исключению ущерба для населения и окружающей среды, связанного с созданием, эксплуатацией и ликвидацией объектов использования атомной энергии. Ядерная энергетика и сопутствующие отрасли, нуждаются в высоких стандартах безопасности и инновационных технологиях.

Для обеспечения выполнения этой цели, а также мобильности и сокращения расходов при обследовании и эксплуатации крупных объектов и оборудования, нашим предложением стало использование беспилотного летательного аппарата (БПЛА) – гексокоптера. Он используется как элемент стандартного оборудования, а новизной представленной работы стала разработка подвесного оборудования БПЛА для решений конкретных узконаправленных задач атомной отрасли. На данном этапе работы нами был разработан прототип оборудования для контроля износа стенок высотного колонного аппарата без остановки его работы.

В работе представлена полная конструкторская проработка разрабатываемого оборудования, составленная из исходных данных для требуемого вида исследований. Проведены расчёты на прочность основных несущих элементов конструкции, что позволило скорректировать мощность основного исполнительного механизма и уложиться в требуемые весовые пределы. По разработанной конструкторской документации в настоящее время производится изготовление комплектующих и сборка всего комплекта подвесного оборудования, после чего будут проведены натурные испытания. По результатам проведённой работы будет проведена доработка приспособления и испытание его на действующем оборудовании атомной отрасли.

В будущем планируется работа над устройством, обеспечивающее мониторинг радиационной обстановки снаружи обследуемого оборудования, а также началась работа по разработке БПЛА для внутреннего обследования реакторов.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ ГРАФИТА ТОПЛИВНЫХ БЛОКОВ РЕАКТОРА ГТ-МГР

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

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail:dkp2@tpu.ru*

Высокотемпературный модульный реактора типа ГТ-МГР является одним из претендентов среди реакторов нового поколения, удовлетворяющих требованиям развивающейся атомной энергетики. Активная зона реактора не содержит металлоконструкций и представляет собой кольцо шестигранной формы, состоящее из графитовых блоков с топливосодержащими элементами. Под действием нейтронного излучения в кристаллической структуре графита образуются точечные дефекты, которые под действием сопутствующего гамма-излучения и температуры облучения могут либо рекомбинировать, либо диффундировать к местам «стока» образуя тем самым более сложные дефекты.

Для определения степени сохранности эксплуатационных характеристик графита топливных блоков в работе введена величина «выработанный ресурс» (BP), которая рассчитывается как отношение накопленного флюенса повреждающих нейтронов к критическому.

Если $BP \leq 100\%$, то эксплуатационные характеристики графита сохраняются. При $BP > 100\%$ происходят необратимые изменения эксплуатационных характеристик, формоизменение, а затем, и трещинообразование с сопутствующей деградацией теплофизических свойств.

В работе произведена оценка выработанного ресурса графитовых блоков. Анализ данных показал, что выработанный ресурс превышает значение 100 % на четвертый год кампании ядерного топлива для нижних участков активной зоны, что говорит о дальнейшей опасности использования графитовых блоков в данной области. Максимальное значение для второго года использования графитовых блоков составило 71 %.

В реакторе предполагается перегрузка топлива в середине кампании, которая составляет 1090 эфф.суток [1], исходя из этого, в работе получена оптимальная схема перемещения графитовых блоков, позволяющая увеличить время их эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Седов А.А., Фролов А.А. Расчетное исследование влияния некоторых систематических факторов на температуры топлива в сверхвысокотемпературном газовом реакторе с призматическими ТВС // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Физика ядерных реакторов. – 2010. – М. – № 3. – С. 80–90.

РЕГИСТРАЦИЯ БИОСИГНАЛОВ БЕСКОНТАКТНЫМ СПОСОБОМ

Сайран А.

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: ashok_0731@yahoo.com

Мышечные волокна у людей и животных генерируют электрический ток перед началом сокращения. Эти электрические явления вызывают появление разности потенциалов на поверхности кожи. Разность потенциалов может быть измерена с помощью поверхностных электродов, которые преобразуют ток ионов через мембрану волокна в напряжение. Наиболее известными методами применения таких сигналов являются электрокардиография и электроэнцефалография, которые используются для диагностики аритмии, инфаркта, эпилепсии, болезни Паркинсона и Альцгеймера [1,2]. В этих случаях для контакта электрода с кожей используется проводящий гель. Однако в этом случае нельзя проводить длительные измерения, так как гель высыхает и теряет свои проводящие свойства [3,4]. Поэтому весьма актуальной представляется задача разработки прибора для регистрации биосигналов через одежду.

Для измерения активности биосигналов разработан прибор, основными частями которого являются: электроды, усилитель, набор фильтров и схема управляемого заземления. Прибор был проверен с помощью регистрации электромиограмм. Для регистрации сгибания большого пальца электроды были размещены на мышце сгибателя предплечья. Активное движение пальца преобразуется в электрический импульс, который регистрируется изолированными электродами. Форма зарегистрированного импульса имеет незначительный вклад от шумов.

ЛИТЕРАТУРА

1. AcharyaR, SuriJ, Spaan A and Krishnan S 2007 *Advances in Cardiac Signal Processing* (Springer Berlin Heidelberg, New York)
2. Korhonen I, Parkka J, Gils M2003 *Health monitoring in the home of the future*. IEEE Eng. Med. Biol. Mag. 2266-73
3. Searle A, and Kirkup L2000 *A direct comparison of wet, dry and insulating bioelectric recording electrodes* Physiological Measurement21(2) 271
4. Huigen E, Peper A, and Grimbergen C 2002 *Investigation into the origin of the noise of surface electrodes* Medical and Biological Engineering and Computing40(3) 332–38

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УСКОРЕНИЯ РЕМОНТА ОБОРУДОВАНИЯ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Столбиков А.А., Жамалетдинова С.О., Баранов Н.Н.,

Чичимов Д.Е., Орлова Н.Ю.

СФТИ НИЯУ МИФИ, г.Снежинск, 456776

e-mail Zhamaletdinova96@mail.ru

Атомная электростанция (АЭС) – комплекс технических сооружений, составляющие которого создаются в единичном производстве. Из-за этого ремонт или замена износившихся элементов на АЭС может занять достаточно продолжительное время. Это объясняется тем, что за время с длительного срока работы станции, формы для литья техническая документация могут быть утрачены. Благодаря аддитивным технологиям изготовление новых деталей для ремонта механизмов можно произвести в кратчайшие сроки непосредственно на самой АЭС. Для этого нужно иметь инженера умеющего пользоваться CAD – системами и наличие аддитивной установки (3D принтера).

В настоящее время 3D принтеры имеют возможность печатать детали совершенно разными материалами (металл, пластик, резина, смола) и совершенно разными, отличающимися друг от друга методами.

Главными преимуществами аддитивной технологии является быстрота, мобильность в изготовлении деталей в единичном производстве. Это обуславливается отсутствием необходимости в изготовлении форм для литья, оснастки, механической обработки деталей и дальнейшей их отправки к месту назначения, а непосредственное производство деталей прямо на АЭС.

Помимо возможности изготовления важных деталей для бесперебойной работы самого реактора, так же можно изготавливать любые сломавшиеся хозяйственные предметы (ручки, розетки, прокладки, втулки).

В связи с огромной скоростью развития аддитивных технологий, в будущем 3D принтеры станут обыденностью и на каждом производстве будут находиться свои собственные участки аддитивных технологий, которые обеспечат автономность предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. E.Canessa, C.Fonda, M.Zennaro Low-cost 3D printing for science, education & sustainable development-international center for theoretical physics 2013-202с.

DEVICE FOR RECORDING BIOSIGNALS

Serikbekova Z.K.

*National Research Polytechnic University, Tomsk, Russia, Lenin
Avenue, 30, 634050*

e-mail: zarina_lg5@mail.ru

Muscles fibers of human being are able to produce electrical currents prior to muscle contractions. Such electric events cause potential differences on the skin. These differences can be measured with the surface electrodes, which convert the ion flows into observable voltage differences. These currents appear from the exchange of ions across muscle fiber membranes. Measurement of such signals is performed by using conductive electrodes on the skin surface or invasively [1].

To measure changes in EMG activity the special device is developed. The hardware can be divided into the next major parts: sensor/electrode, amplifier-filter circuit and actively driven ground circuit. As input stage INA116 instrumentation amplifier is used, configured for a gain of 50. The positive guard is also used to drive a shielding plate that minimizes electric field noise. Final band pass filtered amplifier consists of band pass filters with gain. The pass band of each amplifier can be changed by replacing the capacitors. Non-contact electrodes operate as coupling signals through a small capacitance (10's pF). The bottom plate of the electrode represents a solid copper, which together with the body forms a parallel capacitor to couple biopotential signals. The copper is insulated with soldermask, which allows the sensor to function as a dry contact electrode. The inner plane of the PCB and a ring around the sensing plate formed an active shield which protects the electrode from external interference. The device was tested in electrophysiological experiments. First of all, we tested it in the recording the surface EMGs signals.

The amplifier was developed for research purposes. In practice, electrophysiological recording is frequently impaired by electromagnetic noises. Compared to commercial amplifiers, it can work in noisy environment. Moreover, the driven shield input cancels the capacitance at the input. The developed device should be useful for both neuroscience education and research [2].

REFERENCE

1. Acharya R, Suri J, Spaan A and Krishnan S 2007 Advances in Cardiac Signal Processing (Springer Berlin Heidelberg, New York).
2. Korhonen I, Parkka J, Gils M 2003 Health monitoring in the home of the future. IEEE Eng. Med. Biol. Mag. 22 66-73.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ ДЛЯ ОКРАШИВАНИЯ ПОЛУДРАГОЦЕННЫХ КАМНЕЙ НА РЕАКТОРЕ ИРТ-Т

*Толмач Р.А.¹, Аникин М.Н., Лебедев И.И., Наймушин А.Г.
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
¹e-mail:rat6@tpu.ru*

Исследовательской установкой, на которой возможно применение технологии изменения оптических свойств полудрагоценных камней, является исследовательский реактор ИРТ-Т. Одним из минералов, окраску которого можно изменить с помощью облучения нейтронами является топаз. Топаз – камень с разной цветовой палитрой. Его окраска энергетическая и очень сильно связана с дефектами кристаллической структуры [1]. Одним из наиболее привлекательных оттенков топаза является голубой, который очень редко встречается в природе и зачастую получен путем облучения белого топаза или воздействия на него высоких температур [2]. Именно камни голубого и синего цвета получают на Томском реакторе в вертикальных экспериментальных каналах (ВЭК) под воздействием нейтронного излучения.

С целью увеличения производительности облученных камней, на базе программного обеспечения MCU-PTR, была разработана модель реактора ИРТ-Т, а также дополнительно разработана модель установки по окрашиванию камней в виде вращающегося с определенной угловой скоростью цилиндра с использованием карбида бора, в котором по кругу размещены 20 экспериментальных каналов. Выбор столь сильного поглотителя тепловых нейтронов, обусловлен тем фактом, что тепловые нейтроны не вызывают дефектов кристаллической решетки, но являются причиной высокой наведенной активности образцов [3].

Результаты исследований показали возможность применения разрабатываемой установки во внутрибачном пространстве реактора для изменения оптических свойств топазов на уровне не ниже используемых в настоящее время вертикальных каналов, а производительность подобного устройства позволит облучать до тонны сырья в год.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васенина Р. Р., Исмагилова А. И., Васенин И. В. Методы облагораживания ювелирных камней //Вестник Казанского технологического университета. – 2015. – Т. 18. – №. 2.;
2. Zhang J. et al. The radioactive decay pattern of blue topaz treated by neutron irradiation //Gems and Gemology. – 2011. – Т. 47. – №. 4. – С. 302-307.
3. Ahmed S. Value addition in diamonds and other gemstones by nuclear radiation: the phobias and safety considerations //Atoms for Peace: an International Journal. – 2009. – Т. 2. – №. 4. – С. 409-418.

ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРЕМЕННЫХ ДЕБИТОВ СКВАЖИН ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТРАБОТКИ ВЫТЯНУТОГО РУДНОГО ТЕЛА СПОСОБОМ СПВ

*Янова А.О., Нестеров А.Д., Гуцул М.В., 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 с целью перевода полезных компонентов в раствор и последующее их извлечение. В процессе СПВ могут образовываться участки, называемые целиками, из которых уран остается не извлеченным. Добыча урана из целиков является актуальной задачей для предприятий, добывающих уран методом СПВ. Вследствие этого целью данной работы является определение наиболее эффективного варианта отработки узкого вытянутого рудного тела, при котором наиболее интенсивно осуществляется добыча урана из целиков.

Исследования проводились с помощью специализированного программного пакета «Курс», разработанного в СТИ НИЯУ МИФИ, позволяющего создавать цифровые модели эксплуатационных блоков, включающие в себя модели геологической среды и технологических объектов, а также проводить моделирование процесса выщелачивания урана.

В рамках настоящей работы на основе математического моделирования проведено исследование области выщелачивания конвертной схемы с переменным режимом работы скважин. Была построена геотехнологическая модель, включающая в себя цифровую модель рудного тела и эксплуатационного блока. Изначально были проведены первичные расчеты для определения момента образования целиков, при которых суммарный дебит откачных скважин составил 18 м³/ч и распределялся равномерно (по 6) между тремя скважинами. Для предотвращения образования целиков были выделены 3 варианта отработки рудного тела, отличие между которыми заключается в различных дебитах откачных скважин.

На основе анализа результатов математического моделирования был определен наиболее эффективный по интенсификации добычи урана из целиков с технологической точки зрения вариант отработки узкого вытянутого рудного тела.

Секция
Автоматизация и информатизация технологий и объектов
атомной отрасли

РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА РАЙОНА РАЗМЕЩЕНИЯ АЭС

Бугрина В.С., Истомина Н.Ю.

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

Долговременная стратегия развития атомной энергетики предполагает переход к прогрессивной технологии замкнутого топливного цикла, основанной на использовании так называемых быстрых ядерных реакторов. Уже при проектировании первых энергетических реакторов на быстрых нейтронах большое внимание уделялось вопросам обеспечения безопасности как при их нормальной работе, так и при аварийных ситуациях. Направления поиска соответствующих проектных решений определяются требованием исключить недопустимые воздействия на окружающую среду и население. И так как штатный режим работы АЭС сопряжен с потенциальной возможностью попадания радионуклидов в приземный слой атмосферы, необходима оценка степени загрязнения поверхности и дозовых нагрузок населения с целью недопущения превышения нормативно установленных пределов концентраций и доз.

В данной работе проведена оценка воздействия штатных радиоактивных выбросов Белоярской АЭС (БАЭС) на формирование технологически – измененного радиационного фона. Расчёты проведены с помощью геоинформационного экспертно-моделирующего комплекса (ГИЭМК) «АРИА». Оценка радиационной обстановки производилась на основе анализа распределения мощности эквивалентной дозы вдоль профилей, проведенных в окрестности БАЭС с севера на юг и с запада на восток с пересечением в точке расположения источника. Расчет доз в контрольных точках показал, что технологически-измененный фон на несколько порядков меньше основного предела дозы норм радиационной безопасности. Также было выяснено, что доза, обусловленная радионуклидами в воздухе, является основным фактором, формирующим технологически-измененный фон. Сопоставление полученных данных с нормами радиационной безопасности позволяют сделать вывод о том, что штатная эксплуатация БАЭС незначительно влияет на экологическую обстановку района размещения БАЭС.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ, РАЗРАБАТЫВАЮЩЕГО ГРУППУ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕТОДОМ СПВ

*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*

Экономическая эффективность разработки группы месторождений урана, расположенных друг от друга на расстоянии нескольких десятков километров, зависит от правильности управленческих решений принятых на стадии проектирования геотехнологического предприятия. Подготовка адекватных решений невозможна без анализа значительных объемов географических, геологических, технологических и экономических данных. Поэтому при проектировании геотехнологического предприятия целесообразно использовать современные информационные технологии.

В настоящей работе представлена концепция информационной системы проектирования геотехнологического предприятия по добыче урана методом скважинного подземного выщелачивания. Информационная система проектирования должна позволять пользователю в интерактивном режиме выполнять оценки эффективности управленческих решений на основе технологических и технико-экономических моделей предприятия и имитационного моделирования процесса разработки месторождений.

Информационная система должна включать в себя следующие модули. Модуль взаимодействия с информационной средой предприятия, предназначенный для импорта и экспорта геологических, технологических и экономических данных из разных источников. Второй модуль должен представлять собой интерактивную геоинформационную систему, предназначенную для создания цифровой модели предприятия с привязкой к карте-местности. Кроме этого, модуль должен обеспечивать проверку на полноту и непротиворечивость хронологических и технологических параметров, описывающих цифровые объекты (сооружения добычного и перерабатывающего комплексов и др.). Следующий модуль должен позволять проводить имитационное моделирование и выявлять коллизии технологического процесса отработки месторождения, а также выполнять расчет технологических показателей. Экспертно-аналитический модуль должен позволять проводить анализ и обеспечивать информационную поддержку принятия решений.

СТОХАСТИЧЕСКИЙ МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА СМЕШЕНИЯ

Вильнина А.В., Маркелова А.П.

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: apm7@tpu.ru*

Подготовка квалифицированных специалистов с использованием тренажерно-обучающих систем – один из важнейших элементов обеспечения безопасной эксплуатации сложных технических комплексов. Составной частью тренажерно-обучающих систем является подсистема визуализации, воспроизводящая процессы, соответствующие реальным [1].

Для визуализации процесса смешения для подсистемы визуализации необходима математическая основа, которая более полно описывает движение жидкостей. При моделировании гидродинамических процессов, к которым относится смешение жидкостей, используют разбиение жидкости на ячейки для создания расчетной визуализированной области, связанной с движением потоков жидкости [2]. Стохастический подход моделирования процесса смешения позволяет рассмотреть процесс смешения, как дискретное явление, имеющее сравнительно простое математическое описание.

Моделирование производится путем определения вектора вероятностей состояний, характеризующий текущее состояние системы смешения, в каждый момент дискретного времени. За активную ячейку принимается та, в которой на текущий момент времени наблюдается процесс смешения. На основе серии экспериментов, полученных в результате подачи окрашенной воды в неокрашенную, составлен граф распределения реагента из активной ячейки. Такой подход к технологии визуализации процесса смешения достаточной наглядностью может быть использован при моделировании реальных потоков. Точность визуализации зависит от количества ячеек разбиения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Полевой Н.М. Требования к компоненту визуализации виртуального окружения в имитационных системах / Н.М. Полевой, А.М. Гиацинтов // Автоматика и программная инженерия, - 2016. - №3. – с. 34-40
2. Меньшутина Н.В. Подход к моделированию, масштабированию и оптимизации работы биореакторов на основании вычислительной гидродинамики / Н.В. Меньшутина, Р.Р. Сафаров, Е.В. Гусева, Ж. Будран // Программные продукты и системы, - 2015. - №4. – с.249-255

ПРИМЕНЕНИЕ ПЕНТАГОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ СКВАЖИН ДЛЯ ДОБЫЧИ УРАНА МЕТОДОМ СПВ

*Гусаров М.А., Шрайнер А.Э., 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 одним из наиболее эффективных методов добычи урана является способ подземного выщелачивания, который применяется в России при разработке Далматовского, Хохловского (Зауральский урановорудный район) и Хиагдинского (Витимский урановорудный район) месторождений.

Урановые месторождения, разрабатываемые в России, относятся к палеорусловому инфильтрационному типу. Как правило, такие месторождения отрабатываются рядными или ячеистыми схемами, среди ячеистых схем наибольшее распространения получили гексагональные. В данной работе проведено исследование эффективности применения пентагональной схемы для добычи урана методом СПВ.

Исследования по применению пентагональной схемы для добычи урана методом СПВ 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 отработке модельного блока пентагональной схемой расположения скважин. Были построены геотехнологические цифровые модели, включающие в себя геолого-математические модели рудных тел и цифровые модели эксплуатационных блоков. Проведены расчеты, в результате которых были рассчитаны показатели отработки эксплуатационных блоков для разных схем расположения скважин на момент 80% извлечения исходного запаса урана.

Анализ результатов расчетов показал, что пентагональные схемы могут быть использованы для добычи урана методом СПВ из бедных участков залежей, когда необходимо уменьшить отношение количества нагнетательных скважин к количеству откачных скважин.

Данный способ может быть рекомендован для использования на предприятиях разрабатывающих месторождения урана методом СПВ.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СХЕМ ВСКРЫТИЯ ЗАЛЕЖЕЙ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ДОБЫЧЕ 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 добычи урана методом скважинного подземного выщелачивания зависит от выбора схем вскрытия залежи на этапе проектирования эксплуатационных блоков. Во время проектирования необходимо учитывать природные (мощность пласта, проницаемость руд, содержание урана и т.д.) и технологические факторы (схемы расположения скважин, расстояния между скважинами, режимы работы скважин и т.д.) оказывающие влияние на процесс выщелачивания. Кроме этого схемы вскрытия должны быть адаптированы к морфологии залежи. Выбор схемы, обеспечивающей оптимальную отработку месторождения, должен осуществляться на основе анализа геотехнологических параметров, прогнозных геотехнологических и финансово-экономических показателей отработки блоков. Поэтому для построения и выбора оптимальной схемы вскрытия целесообразно использовать современные информационные технологии.

В работе рассматривается процесс построения, оптимизации и выбора схем вскрытия участка залежи пластово-инфильтрационного месторождения урана с помощью системы автоматизированного проектирования. На начальном этапе осуществляется ввод исходных данных. Часть данных вводится пользователем вручную, другая часть импортируется из базы геологических данных. После этого проводится построение различных вариантов схем вскрытия, в ручном или автоматическом режиме, в соответствии с заданными параметрами сети расположения скважин. Для каждого варианта схемы вскрытия проводится оптимизация расположения технологических скважин. В качестве целевых функций оптимизации используются: время или отношение Ж/Т (отношение объема откаченных растворов к горнорудной массе блока) для заданной степени извлечения, степень вскрытия запасов, себестоимость добычи урана или их линейная комбинация. Далее рассчитываются геотехнологические параметры блока, геотехнологические и финансово-экономические показатели отработки. На финальном этапе проводится анализ и выбор наиболее эффективной, с экономической и технологической точки зрения, схемы вскрытия.

СИСТЕМА СИНХРОНИЗАЦИИ И ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ ТОКАМАКА КТМ

Дериглазов А.А., Павлов В.М., Голобоков Ю.Н., Меркулов С.В.

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

E-mail: aad3@tpu.ru

Использование управляемого термоядерного синтеза в качестве источника электрической энергии – весьма перспективное направление современной ядерной энергетики. К сожалению, до сих пор не существует ни одной действующей установки, которая в состоянии осуществить данный вид реакции. Тем не менее работы в данном направлении ведутся.

На сегодняшний день в 8 странах мира имеются физические установки типа токамак. Такие как: T15, Глобус-М (Россия); EAST (Китай); JET (Великобритания); Tore Supra (Франция); NSTX-U, Alcator C-Mod, DIII-D (США); JT-60 (Япония). Помимо этих установок в настоящее время идет строительство термоядерного реактора ITER на юге Франции. Это интернациональный проект, участие в котором принимают ряд стран, среди которых есть Россия и Казахстан.

Для решения задач, связанных с использованием тех или иных материалов при строительстве ITER, в 2017 году в городе Курчатов планируется физический пуск Казахстанского Токамака Материаловедческого (КТМ). Для этого требуется объединить многочисленное оборудование в единый комплекс и создать условия 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. Разумеется, это невозможно сделать без системы синхронизации и противоаварийной защиты, обладающей помехозащищенностью и малыми величинами задержек, кроме того, желательно объединить информационный и хронизирующий сигнал в один общий, передаваемый по 1 линии связи.

Это и есть цель настоящей работы, ведь несмотря на то, что предложение об использовании управляемого термоядерного синтеза для промышленных целей было впервые сформулировано О. А. Лаврентьевым в середине 1950-го года, проблема реализации аппаратной и программной инфраструктуры до сих пор не имеет определенного наиболее эффективного типового решения. Для каждой установки оно уникально.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ДРОНОВ

Ибрагимов А. А., Жарков М., Горбачев А.
Томский политехнический университет
e-mail: aisher1313@gmail.com

Существует проблема, как транспортировка радиоактивного груза, в том числе разгрузочно-погрузочные операции с участием человека. В работе предлагается реализовать эти процессы без участия человека за счет автономных грузовых роботов-дронов. Но для их стабильной работы нужно специальное программное обеспечение и средства защиты электроники. Настоящая работа посвящена решению проблем надежного позиционирования дрона в замкнутом пространстве в условиях повышенной радиации.

Разработан алгоритм, позволяющий автоматизировать дрон в помещении, благодаря 3д-карте этого помещения и алгоритму для поиска траекторий в трехмерном пространстве. Дрон оснащен специальными датчиками расстояния, которые помогают ему ориентироваться в пространстве и находить свою координату по трем осям. Благодаря автоматизации, дрон может выполнять указания без человеческого вмешательства.

Основой кода послужил алгоритм «поиск в ширину» (breadth-first search) [1], который был модернизирован для двумерного массива. В перспективе планируется переход на алгоритм A* (произносится как «А-звездочка») [2], так как он находит оптимальную траекторию за меньшее количество времени благодаря тому, что перебираются не все возможные варианты траекторий, а только траектории, направленные именно в конечную точку.

Для наглядной демонстрации используется матрица чисел, имитирующая двумерную карту. Таким образом, можно ввести начальные координаты дрона (обозначается цифрой «2») и конечную точку (обозначается цифрой «3»), после чего код выведет траекторию дрона с учетом препятствий (обозначается цифрой «5»). Алгоритм работает за $O(5nm - 3(n + m) + 2)$, где n – это длина помещения, а m – ширина, выраженная в см в квадрате.

ЛИТЕРАТУРА

1. Поиск в ширину. URL: <http://e-maxx.ru/algo/bfs>
2. Патрик Лестер (Patrick Lester). Алгоритм A* для новичков. URL: http://www.policyalmanac.org/games/aStarTutorial_rus.htm

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТОКА НЕЙТРОНОВ ПРИ РАБОТЕ С ИСТОЧНИКОМ ИБН-10

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

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: fun9nik@mail.ru*

В ходе выполнения работ с источником нейтронов ИБН-10, был смоделирован лабораторный стенд, который представляет собой полиэтиленовую призму, имеющую горизонтальный канал, в котором размещен источник. При выполнении работ представляет интерес распределение потока нейтронов. Моделирование осуществлялось с помощью программного средства MCU5-TRU.

Определено распределение потока нейтронов в канале и за пределами канала, а именно поток, приходящийся на студентов при выполнении лабораторных работ (таблица 1).

В ходе моделирования энергия нейтронов данного источника задается с помощью линейного распределения. Каждому значению энергии соответствует определенная вероятность того, что нейтрон будет обладать определенной энергией. Данная методика задания источника позволяет получить наиболее точные значения потока нейтронов [1].

Таблица 1. Распределение плотности потока нейтронов

Расстояние, см	Поток, см ⁻² .с ⁻¹	Расстояние, см	Поток, см ⁻² .с ⁻¹	Расстояние, см	Поток, см ⁻² .с ⁻¹
0,00	1,08E+05	28,25	4,17E+04	56,50	7,03E+03
5,65	1,28E+05	33,90	3,06E+04	61,50	3,48E+02
11,30	1,03E+05	39,55	2,24E+04	61,50	2,47E+02
16,95	7,73E+04	45,20	1,62E+04	61,50	2,49E+02
22,60	5,68E+04	50,85	1,13E+04		

По результатам распределения плотности потока нейтронов, с помощью переводных коэффициентов, было установлено распределение дозиметрических нагрузок при выполнении лабораторных работ [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Zachary R. Harvey. Neutron flux and energy characterization of a plutonium-beryllium isotopic neutron source by Monte Carlo simulation with verification by neutron activation analysis [Text] : dissertation — Las Vegas: University of Nevada, 2010. — 86p.
2. Seog-Guen Kwon, Kyung-Eung Kim. Calculation of Neutron and Gamma Flux-to-Dose-Rate Conversion Factors : Korea Atomic Research Institute, 1980 — 9p

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РЕВЕРСИРОВАНИЯ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ С РАЗДЕЛЬНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ДЛЯ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ ОБМОТОК ТОКАМАКА КТМ

Клепиков Д.С.

Томский Политехнический университет

634050, г Томск пр. Ленина, 30

e-mail:KlepikovDS@yandex.ru

Научный руководитель: В.М. Павлов, доцент кафедры ЭАФУ ТПУ.

В работе рассматривается возможность управления источником питания высокого напряжения посредством тиристорного выпрямителя для обеспечения работоспособности токамака КТМ.

В 2017 г. состоится пуск казахстанского материаловедческого термоядерного реактора токамак КТМ, управление которым, задача затруднительная, поскольку необходимо обеспечить непрерывную работу выпрямительного тиристорного моста. Для этого нужно знать, в какие моменты времени происходит переключение тиристорной пары – при значении напряжения между катодом и электродом = 0. Однако измерить напрямую невозможно, ввиду большого диапазона рабочего напряжения и требований повышенной точности вблизи 0 (для исключения ложных срабатываний). В связи с чем был разработан алгоритм, обеспечивающий попеременное открытие тиристоров в необходимый момент времени по их ВАХ.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Информационное и алгоритмическое обеспечение блока диагностики системы управления источниками питания обмоток полоидального поля токамака КТМ // Известия Томского политехнического университета А.Г. Качкин, В.М. Павлов / 2009г Т.314 №5
2. Полупроводниковые выпрямители / Беркович Е. И., Ковалев В.Н. Ковалев Ф.И. // 2-е издание, переработанное. М.: Энергия, 1978 – 448 с., ил.
3. Управляемый выпрямитель в системах автоматического управления / Н.В. Донской, А.Г. Иванов, В.М. Никитин, А.Д. Поздеев // М.: Энергоатомиздат, 1984. – 352 с., ил.
4. Основы силовой электроники / Розанов Ю.К. // М.: Энергоатомиздат, 1992. – 296 с., ил.
5. Токамак КТМ [Электронный ресурс] // режим доступа <http://ktm.nnc.kz>

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСПЫЛИТЕЛЬНОЙ СУШКИ МЕХАНИЧЕСКИХ СМЕСЕЙ ПОРОШКОВ

Кербель Б.М., Кацнельсон Л.М., Мелюшонок Н.С., Недоспасов А.А.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ

E-mail: BMKerbel@mephi.ru

Технологию непрерывного твердофазного синтеза можно представить следующей обобщенной технологической цепочкой: исходное сырье в виде порошков оксидов металлов → механическая смесь порошков, приготовленная в заданном стехиометрическом соотношении → синтез оксидного материала → пресспорошок синтезированного оксидного материала → формование → спекание → поликристаллический материал (керамика) [1].

Сушка порошков используется как на стадии подготовки сырья, так и для их грануляции и химической модификации поверхностных свойств материала. Учитывая предъявляемые к механической смеси требования, наиболее перспективным методом является распылительная сушка, применение которой позволяет дополнительно гомогенизировать смесь и одновременно улучшать её дисперсность.

Сушка влажных материалов представляет собой сложный технологический процесс, или точнее, совокупность процессов переноса тепла и массы, в котором главная роль отводится сушильному агенту – влажному воздуху

Для получения стабильных результатов процесса сушки и соответствующего качества материала в реальном керамическом производстве необходимо измерять и поддерживать на заданном уровне производительность по поступающему материалу, подачу воздуха и его температуру, а также электрическую мощность, затрачиваемую на подогрев воздуха. Дискретно можно контролировать гранулометрический состав и форму гранул, поскольку на распылительной сушке последний параметр зависит от температуры сушильного агента.

В докладе приводятся и обсуждаются результаты сравнительных исследований порошков, полученных после распылительной сушки и сушки в обычном сушильном шкафу.

ЛИТЕРАТУРА

1 Кацнельсон Л.М., Кербель Б.М. Производство технологически равновесных оксидных функциональных материалов с повышенными электрофизическими параметрами. //Южно-Сибирский научный вестник, 2013, № 1(3). – с. 34–46. – Режим доступа: http://s-sibsb.ru/images/articles/2013/1/8_34-46.pdf.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ КЕРАМИКИ

*Кербель Б.М., Кацнельсон Л.М., Недоспасов А.А., Мелюшонок Н.С.,
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ , 636036,
г.Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65
E-mail BMKerbel@mephi.ru*

Рассматривается процесс прессования оксидного керамического порошка с целью создания технологического регламента производства, который позволит производить наиболее качественную продукцию.

В рассматриваемой технологии производства керамического материала предполагается, что на стадии, предшествующей прессованию создаётся пресспорошок синтезированного оксидного материала, являющийся гомогенной механической смесью. Данную смесь получают, измельчая исходный материал при помощи шаровой мельницы в присутствии дистиллированной воды, после чего смесь проходит обработку распылительной сушкой.

При обработке механической смеси на стадии прессования было установлено, что зависимость величины давления от времени – нелинейная и её график имеет две точки максимума. Это обусловлено тем, что структура пресспорошка начинает разрушаться при достижении определённой величины давления, которая соответствует первому максимуму. Предполагается, что характеристики готовой продукции значительно улучшатся, если останавливать прессование до достижения точки первого максимума, а соответственно структура гранул смеси не будет нарушена. Данная работа посвящена рассмотрению способов решения и технической реализации выдвинутой теории. В докладе приводятся результаты исследований, приведён возможный вариант решения поставленной задачи, сделаны выводы и даны соответствующие рекомендации по прессованию оксидных пресспорошков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кацнельсон Л. М. Производство технологически равновесных оксидных функциональных материалов с повышенными электрофизическими параметрами / Л. М. Кацнельсон, Б. М. Кербель //Южно-Сибирский научный вестник. – 2013. № 1(3). –С. 34–46. – Режим доступа: http://s-sibsb.ru/images/articles/2013/1/8_34-46.pdf.
2. Кацнельсон Л.М., Кербель Б.М. Установка непрерывного твердофазного синтеза ультра-и наноструктурных порошков оксидных материалов в условиях реального керамического производства. // Цветные металлы , №1, 2012. – с.75-78. ISSN 0372-2929.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ВИБРОГАСЯЩЕГО ЦОКОЛЯ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ПТС АСУ ТП АЭС

Кожевников С.В. Пименов С. А.

ФГУП "ФНПЦ НИИИС им. Ю.Е. Седатова"

603950, Россия, Нижний Новгород, Бокс-486, НИИИС

e-mail: niiis@niiis.nnov.ru

В связи с развитием и усложнением конструкций ПТС актуальной задачей является повышение надежности и уменьшение вероятности отказов оборудования путем снижения перегрузок на электро-радио изделия (ЭРИ). Достигнуть таких результатов возможно при использовании виброгасящих элементов (виброизолирующие материалы и виброгасители).

Целью выполнения работы является разработка конструкции виброгасящего цоколя для оборудования программно-технических средств автоматизированных систем управления технологическими процессами атомных электростанций (ПТС АСУ ТП АЭС). Проектирование конструкции виброгасящего цоколя проводилось итерационно. На каждой итерации выполнялись оптимизация конструкции цоколя и проектировочный расчет в САПР Siemens NX NASTRAN цоколя и конструкции ПТС в целом для определения перегрузок на ЭРИ.

Виброгасящий цоколь состоит из нижнего основания и верхнего основания. Каждое основание представляет собой сварную конструкцию, выполненную из листовой стали толщиной 10мм. В основаниях имеются отверстия для закрепления к закладным болтам конструкции пола и к конструкции ПТС. В конструкции виброгасящего цоколя в качестве виброизоляторов используется виброизолирующий материал Sylomer G и пружинные демпферы (8 шт.)

Расчетные исследования на воздействие от внешних механических факторов проводились при сейсмическом воздействии проектного землетрясения силой в 8 баллов включительно по шкале MSK-64 (высотная отметка – +7.8 м).

Из результатов проведенных расчетных исследований следует, что разработанная конструкция виброгасящего цоколя при двух вариантах установки ПТС (одиночная установка и установка в линейку) соответствует нормативным требованиям прочности конструкционных материалов. В случае установки ПТС на разработанный виброгасящий цоколь уровень перегрузок на ЭРИ ниже на 46-48% по сравнению со случаем установки ПТС на сварной металлический цоколь.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО

Лихота Т.А., Кербель Б.М., Федосов Н.И.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,

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

e-mail: Derusova92@mail.ru

Метод Монте-Карло – это прогнозирование какого-либо события методом случайных чисел. Метод использует датчики случайных чисел, встроенные в специально разработанные компьютерные программы. Данный метод оценки погрешности позволяет моделировать результаты эксперимента в лабораторных условиях. При этом снимаются ограничения по количеству измерений.

Этот метод наиболее рациональный, так как традиционный метод оценки результата косвенных измерений имеет ряд недостатков. Например, 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].

Отличительной чертой метода Монте-Карло является то, что он может быть применен для любых законов распределения погрешностей исходных прямых измерений [2].

В пакете прикладных программ Matlab разработана программа Staneg.m, которая имитирует воспроизведение результатов исходных прямых измерений (ИПИ), равномерно распределенных в диапазонах своих рабочих значений. Программа моделирует случайные погрешности ИПИ, распределенные по нормальному или равномерному законам распределения в пределах диапазонов их нормированных значений. Кроме того, программа графически отображает зависимость результатов измерений от любого из влияющих факторов и динамику изменения погрешности. Позволяет моделировать результаты при неограниченном числе измерений [3].

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.
3. Кербель Б.М., Артюхина Л.В., Калинина И.В. – Моделирование метрологических характеристик пьезокерамических резонансных преобразователей. – М.: МИРЭА, 2000.

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНИЧЕСКОЙ КЕРАМИКИ

Лихота Т.А. , Кербель Б.М.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,

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

e-mail: Derusova92@mail.ru

Техническая керамика – поликристаллические материалы, получаемые преимущественно спеканием порошков; многие из этих материалов обладают комплексом уникальных свойств и не имеют альтернативы. С начала нынешнего века [1] получило развитие технологии изготовления керамического режущего инструмента взамен металлического, что позволило впоследствии использовать имеющуюся материальную и научную базу для создания материалов создаваемой и бурно развивающейся техники принципиально нового типа

В наше время потребность в технической керамике очень высока. Развитие новых типов керамики приводит к новым областям ее использования, и наоборот, новые области техники требуют создания новых типов керамики [2].

Целью настоящей работы является систематизация методов и приборов, применяемых для измерения физико-химических, механических и других характеристик технологических параметров на всех этапах получения керамики. В современной литературе эти вопросы рассеяны по многочисленным источникам. Наиболее распространенными являются такие методы как электронная и зондовая микроскопия, методы определения дисперсности порошкообразных материалов, методы исследования пористости материалов, рентгеновские, термические, спектральные методы исследования и др. [3].

Создание классификации методов измерения параметров технической керамики позволит в дальнейшем разрабатывать методы и алгоритмы измерений, обработки их результатов, создавать базы данных. Хранение информации позволит проследить историю разработки, анализировать ход эксперимента и планировать его.

ЛИТЕРАТУРА

1. Остроушко А. А. Физико-химические основы получения твердофазных материалов электронной техники [Текст] : учебное пособие, 87 с.
2. Кингери У. Д. Введение в керамику. -М.: Стройиздат, 1967, 500с.
3. ГОСТ 24409-80. Материалы керамические электротехнические. Методы испытаний [Текст]. – Взамен ГОСТ 20419-75; введ. 1982 – 01 – 01. – Межгосударственный стандарт, 1980. – 30 с.

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИИ ЕМКостей НА ДИНАМИКУ ИХ ЗАПОЛНЕНИЯ ДЕСУБЛИМИРОВАННЫМ UF_6

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

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

e-mail: malyugin@tpu.ru

Данная работа посвящена исследованию влияния геометрии емкостей с гладкими внутренними стенками на динамику их заполнения десублимированным UF_6 , с использованием двумерной нестационарной математической модели процесса десублимации UF_6 в вертикальные погружные емкости [1]. Задачей расчетных исследований являлось определение оптимальной геометрии емкостей с точки зрения эффективности процесса десублимации UF_6 .

Проведены расчеты динамики заполнения емкостей объемом 1,0; 2,0; 2,5; 3,0 и 4,0 м³ десублимированным UF_6 на 70% их объема. Для всех емкостей введено ограничение по высоте $H_{\max}=3,0$ м, т.к. высота железнодорожных вагонов для их перевозки ограничена.

Результаты расчетов представлены на рисунке 1. Крестом на графиках отмечены предельные значения отношения высоты емкости к ее радиусу (H/R).

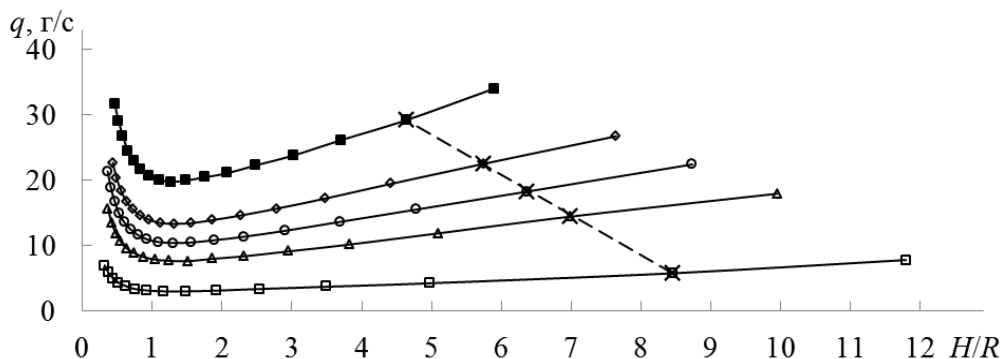


Рисунок 1. Зависимость средней производительности емкостей от отношения H/R □ — $V=1,0$ м³; △ — $V=2,0$ м³; ○ — $V=2,5$ м³; ◇ — $V=3,0$ м³; ■ — $V=4,0$ м³

Показано, что для каждой емкости имеется свое предельное значение отношения H/R , при котором средняя производительность достигает «наибольших» значений: 1,0 м³ — 8,45; 2,0 м³ — 6,99; 2,5 м³ — 6,37; 3,0 м³ — 5,74 и 4,0 м³ — 4,64. Дальнейшее увеличение высоты емкостей и их средней производительности невозможно из-за введенного ограничения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Orlov A.A., Tsimbalyuk A.F., Malyugin R.V., Glazunov A.A., Dynamics of UF_6 desublimation with the influence of tank geometry for various coolant temperature, MATEC Web of Conferences. 72 (2016) 01079.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОСНОВА МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА СМЕШЕНИЯ НА ОСНОВЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ПОДОБИЯ

Маркелова А.П.¹, Вильнина А.В.¹

*¹Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: apm7@tpu.ru*

Сегодня технологии 3D-визуализации активно применяются в тренажерах и симуляторах, которые предназначены для подготовки специалистов в разных областях и позволяют проводить обучение на компьютере в наглядной и доступной форме. Применение 3D в обучении позволяет добиться намного более внушительных успехов, чем при использовании традиционных методов обучения.

В настоящее время для визуализации технологических процессов используют разные способы: выделение цветом, анимация стрелками, анимация миганием. При реализации интерактивной анимационной модели смешения жидкостей в 3D графике в системах компьютерного тренинга необходимо решение задачи по разработке математической основы технологии визуализации технологических процессов.

В качестве исходных данных, для разработки математической основы технологии визуализации смешения жидкостей, были взяты видеосъемки различной подачи окрашенной воды в неокрашенную воду. Подача осуществлялась сверху, сбоку и снизу. Выбор подачи выбирался на основе анализа конструкций аппаратов используемых на производствах[1]. В результате была получена наглядная визуализация движения окрашенного вещества и его взаимодействие с неокрашенным.

Для разработки математической основы технологии визуализации процесса смешения рассмотрен подход геометрического подобия, который основан на подобии формы (расстояний или координат). В качестве критерия подобия рассмотрены положение геометрически подобных тел в пространстве такие как, пропорциональность и коллинеарность радиусов-векторов сходственных точек модели и натуры относительно начала координат. Анализ форм подобия, показал, что для математической основы технологии визуализации процесса смешения с наибольшей степенью наглядности могут быть использованы усечённый конус, конус и цилиндр.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айнштейн В.Г. Общий курс процессов и аппаратов химической промышленности / В.Г. Айнштейн. - Москва: Бином. 2014. - 1758 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭФФЕКТА ИЗМЕНЕНИЯ СПЕКТРА НЕЙТРОНОВ НА НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РЕАКТОРА

Невоструев Н.А., Чертков Ю.Б.

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

Повышение эффективности использования ядерного топлива в реакторах является важной задачей дальнейшего развития ядерной энергетики. В связи с этим, особую актуальность приобретает проблема создания реакторных установок, позволяющих существенно увеличить глубину выгорания топлива.

В данной работе были проведено расчётно-теоретическое исследование, связанное с изменением плотности воды и расчётом выгорания топлива в реакторе с регулируемым спектром нейтронов на основе реактора ВК–50.

Из полученных результатов можно сказать, что при увеличении плотности теплоносителя по высоте реактора увеличивается коэффициент размножения нейтронов. При увеличении плотности теплоносителя возрастает замедляющая способность воды, что в свою очередь увеличивает количество делений в активной зоне. Но при уменьшении плотности воды увеличивается жёсткость спектра нейтронов, что приводит к увеличению энерговыработки реактора и увеличению коэффициента воспроизводства. Так же можно отметить, что спектральное регулирование позволяет определить оптимальную плотность теплоносителя, для того чтобы поддерживать реактор в критическом состоянии.

Главным результатом проделанных расчётов выгорания ядерного топлива в реакторе с регулируемым спектром нейтронов является обоснование принципиальной возможности получения высокой глубины выгорания при данном способе поддержания критичности реактора. При увеличении обогащения топлива по U^{235} 2,4% глубина выгорания равняется 25,6 МВт·сут/кг, а при обогащении 3% глубина выгорания получилась равной 36,3 МВт·сут/кг

ЛИТЕРАТУРА

1. Марчуг Г.И. Методы расчёта ядерных реакторов / Г.И. Марчуг – М.: Атомиздат, 1961, – 670 с.
2. Галанин А.Д. Введение в теорию ядерных реакторов на тепловых нейтронах / А.Д. Галанин – М.: Энергоатомиздат, 1990.
3. Савандер В.И. Влияние скорости движения топлива на нейтроно-физические характеристики активной зоны. В сб.: Физика ядерных энергетических установок. – М.: МИФИ, 2001.

РАСЧЕТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТОКА ЖИДКОСТИ В ТРУБЧАТКЕ ТЕПЛООБМЕННИКА

*Николаев А.В., Шелопугин Д.С., Криницын Н.С., Дядик В.Ф.
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: niav@tpu.ru*

Трубчатые теплообменные аппараты нашли применения во многих отраслях промышленности. Функциональное назначение аппарата определяет его конструкцию, ввиду чего на рынке представлено большое количество технических реализаций теплообменников. Важным аспектом при эксплуатации теплообменника является расчет скоростей движения теплоносителя через составные части трубчатки. Чем сложнее конструкция аппарата, тем сложнее спрогнозировать характеристики установки в части ее эффективности.

В работе рассмотрен метод поиска распределения потока жидкости в каскаде трубок Фильдо. Объектом исследования являлся трубчатый теплообменник выполняющий функцию десублиматора в составе производства гексафторида урана на Сублиматном заводе АО «СХК». Трубчатка аппарата включает в свой состав 9 секций, каждая из которых образована путем параллельного соединения нескольких трубок Фильдо.

В основе метода лежит выдвинутая гипотеза на основе общепринятого принципа о том, что в распределённой системе в установившемся режиме скорость движения жидкости на каждом участке стремится к такому значению, при котором суммарное гидравлическое сопротивление всей системы было бы минимально. Опираясь на известные уравнения гидравлики, описаны все участки трубчатки включающей 91 трубку Фильдо. Полученный в результате функционал включает в себя суммарную потерю напора на линейных и местных сопротивлениях. Для минимизации полученного функционала применялся метод адаптивного случайного поиска.

В результате было получено распределение скоростей на всём протяжении движения потока жидкости. На основе полученных результатов была решена задача оптимизации затрат теплоносителя и хладагента в действующих аппаратах десублимации производства гексафторида урана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Николаев А.В., Криницын Н.С., Дядик В.Ф. Математическая модель десублиматора производства гексафторида урана// Известия высших учебных заведений. Физика. 2015. Т. 58. № 12-3. С. 97-103.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАПОЛНЕНИЯ КАСКАДА ГАЗОВЫХ ЦЕНТРИФУГ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ИЗОТОПОВ НИКЕЛЯ ПРИ ПОДАЧЕ ПОТОКА ПИТАНИЯ В РАЗЛИЧНЫЕ СТУПЕНИ

Орлов А.А.¹, Ушаков А.А.^{1,2}, Совач В.П.²

¹*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30*

²*АО «ПО ЭХЗ», 663690, Красноярский край, г. Зеленогорск,*

ул. Первая Промышленная, 1

e-mail: ushakovaa2015@sibmail.com

При эксплуатации каскада газовых центрифуг (ГЦ) для разделения многокомпонентных изотопных смесей (МИС) возникают нестационарные процессы. В работе [1,2] приведена математическая модель нестационарных гидравлических и разделительных процессов в каскадах ГЦ для разделения МИС.

Режиму разделения изотопов в каскаде ГЦ предшествует процесс его заполнения рабочим веществом. До настоящего времени моделирование и изучение этого процесса ни кем не проводилось.

В данной статье приведены результаты исследований процесса заполнения каскада ГЦ при подаче потока питания в различные ступени для случая разделения изотопов никеля, которые используются в ядерно-физических исследованиях и для получения радиоактивных изотопов (например, изотоп ^{62}Ni используется для получения радиоактивного изотопа ^{63}Ni).

Установлено, что концентрации изотопов никеля в потоках лёгкой и тяжёлой фракции после заполнения каскада зависят от номера ступени, в которую подается поток питания. Показано, что для каждого изотопа никеля существует оптимальная ступень подачи потока питания, соответствующая установлению его максимальной концентрации в потоке лёгкой (тяжёлой) фракции после заполнения каскада ГЦ рабочим веществом, и как следствие, уменьшению продолжительности дальнейшего процесса установления стационарного распределения концентраций изотопов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Orlov A.A., Ushakov A.A., Sovach V.P. Mathematical model of nonstationary hydraulic processes in gas centrifuge cascade for separation of multicomponent isotope mixtures. *MATEC Web of Conferences*. vol. 92, 01033, 2017.

2. Орлов А.А., Ушаков А.А., Совач В.П. Математическая модель нестационарных разделительных процессов, протекающих в каскаде газовых центрифуг при разделении многокомпонентных изотопных смесей. *Инженерно-физический журнал*. 2017. Том 90, № 2. С. 279-286.

АЛЬФА-СПЕКТРОМЕТРИЯ ТОЛСТЫХ ИСТОЧНИКОВ

Ревенко К.Е., Чурсин С.С.

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: r_xenon93@mail.ru*

Альфа-частица относится к числу тяжелых заряженных частиц, поэтому любая физическая среда между альфа-излучающим радионуклидом и активной частью детектора, а также сам излучающий материал будут эффективно поглощать и снижать энергию частиц.

Несмотря на то, что альфа-спектрометрический анализ может показаться сложным, информация, получаемая при его использовании, часто уникальна и не достигается другими методами при идентификации и определении количественных характеристик альфа-нуклидов.

Не всегда удастся получить тонкий источник альфа-излучения. Возникает сложность анализа спектра толстого источника излучения, так как пробег альфа-частиц в веществе достаточно мал и имеют место ионизационные потери энергии альфа-частицы при прохождении через вещество. Это приводит к некоторому искажению спектра источника, что намного усложняет его анализ. Целью данной работы является моделирование толстого образца, изучения ионизационных потерь энергии, получение спектра толстого образца и его обработка, разработка основных положений альфа-спектрометрии толстых образцов.

При альфа-спектрометрии толстых источников, то есть толщина которых много больше средней длины пробега альфа-частицы в веществе, получается непрерывный спектр с четкой границей максимальной энергии. Это объясняется тем, что частицы, летящие с поверхности источника, потеряли различную энергию в самом излучающем материале. Однако при наличии одиночных изотопов или смеси нескольких изотопов возможна обработка спектра и проведение качественного и количественного анализа, что показано в данной работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. Черняев А.П. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом. – М.: ФИЗМАТЛИТ. – 2004. – 152 с.
3. Ляпидевский В.К. Методы детектирования излучений: Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат. – 1987. – 408 с.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ГОРНОПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ И ГОРНЫХ РАБОТ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ДОБЫЧЕ 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 работы геотехнологического предприятия зависит от своевременности и обоснованности решений принимаемых при составлении планов ввода новых блоков в эксплуатацию. Ограниченность информации о состоянии продуктивного горизонта, высокая инерционность (время отклика на управляющие воздействия 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 автоматизированного формирования планов горноподготовительных (ГПР) и горных работ (ГР).

В докладе представлено ПО, предназначенное для определения даты начала и продолжительность этапов ГПР для эксплуатационных блоков, планируемых к вводу в эксплуатацию. Под этапами ГПР понимается последовательность технологических операций: сооружение и обвязка технологических скважин, закисление рудовмещающей породы. ПО позволяет рассчитать продолжительность периода ГР (непосредственно процесс СПВ урана) для отдельных эксплуатационных блоков. Его основу составляют математические модели отработки эксплуатационных блоков, описывающие влияние основных геологических и технологических факторов на геотехнологические показатели отработки эксплуатационного блока. Проблемно-ориентированное ПО разработано на языке C++ с помощью среды программирования Embarcadero C++ Builder и представляет собой многопоточное приложение, работающее на персональном компьютере под управлением операционной системы семейства MS Windows. ПО позволяет формировать и оценивать планы ГПР и ГР предприятия по добыче урана методом СПВ. Результаты работы предоставляются пользователю в виде графиков, таблиц и диаграмм.

СОВРЕМЕННЫЕ ПТС ДЛЯ СВУ АСУ ТП АЭС

Саминов Э.Р., Поздняков А.Н.

ФГУП "ФНПЦ НИИИС им. Ю.Е. Седатова"

603950, Россия, Нижний Новгород, Бокс-486, НИИИС

e-mail: niiis@niiis.nnov.ru

Неотъемлемым компонентом современных АЭС является АСУ ТП, включающая в себя системы верхнего уровня (СВУ). СВУ предназначены для обеспечения взаимодействия операторов с АСУ ТП, контроля и управления АЭС, консолидации и хранения информации о работе АЭС. СВУ, как правило, состоит из следующих ПТС: рабочие станции, коммутаторы, сервера.

Уже более 15 лет НИИИС производит и поставляет на российские и зарубежные АЭС различные ПТС, а также системы и комплексы на их основе.

В ходе работ над созданием выработались следующие требования к ПТС:

- а) гибкость конфигурации;
- б) малые трудоемкость изготовления и стоимость изделия;
- с) удобство эксплуатации, высокие эргономические характеристики;
- д) повышения эргономических характеристик;
- е) оптимизация используемого при размещении ПТС пространства.

Данные требования реализуются посредством следующих решений:

- а) современные вычислительные платформы, средства отображения;
- б) резервированные вычислительные решения;
- с) реализация различных функций в едином конструктиве;
- д) модульность конструкции;
- е) использование средств автономной диагностики
- ф) расширение системы самодиагностики.

В настоящее время ПТС, создаваемые на основе данных решений используются при создании СВУ АСУ ТП для Белорусской АЭС, АЭС Куданкулам.

Также возможно применение ПТС в качестве основы клиент-серверного решения для АСУ ТП будущих поколений.

МЕТОДЫ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ БЛОКОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ДОБЫЧЕ УРАНА МЕТОДОМ СКВАЖИННОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

*Сербин А.В., Сакирко Г.К., Гуцул М.В., Носков М.Д.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036, г.
Северск, Томской обл., пр.Коммунистический, 65, nmd@ssti.ru*

Одним из наиболее перспективных методов добычи урана, на данный момент, является метод скважинного подземного выщелачивания (СПВ). Эксплуатационные показатели добычи урана методом СПВ сложным образом зависят от технологических и геологических факторов. Для выявления влияния факторов на данные показатели целесообразно использовать методы статистического анализа. Одним из таких методов является кластерный анализ.

Кластерный анализ – это многомерный статистический метод, предназначенный для классификации объектов исследования, характеризующихся значительным количеством признаков. Результатом применения метода является разбиение множества исследуемых объектов, в данном случае - эксплуатационных блоков, на однородные группы, называемые кластерами. Большое достоинство кластерного анализа заключается в том, что он даёт возможность использовать для классификации объектов любое количество признаков. Однако, если количество признаков, характеризующих объекты, превышает количество самих объектов, то целесообразно использовать метод главных компонент, который позволяет снизить количество признаков, потеряв наименьшее количество информации.

Кластерный анализ представлен набором различных алгоритмов. Все их можно разделить на две большие группы: иерархические и неиерархические. Алгоритмы отличаются по принципу работы, вычислительной сложности, типу входных данных, а также по форме искомым кластеров. Для достижения наилучшего результата в применении кластерного анализа, необходимо использовать несколько алгоритмов, так как это позволит взаимно компенсировать их недостатки.

В докладе представлены результаты анализа алгоритмов кластеризации, а также результаты применения данных алгоритмов для анализа информации по действующим эксплуатационным блокам геотехнологических предприятий по добыче урана методом СПВ.

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ СИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ.

Толмачев С.А, Чурсин Ю.А.

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

e-mail: Tolmach-sergey2010@rambler.ru

Одним из наиболее распространенных устройств в атомной промышленности является синхронный трехфазный двигатель, который используется в насосах, транспортерах и т.п. Достоинствами данных типов двигателей являются: меньшая чувствительность к колебаниям напряжения, чем асинхронных двигателей, строгое постоянство частоты вращения независимо от механической нагрузки на валу. Недостатками являются: сложность конструкции, трудности с регулированием вращения.

Один из способов управления заключается в применении частотного преобразователя. При подготовке специалистов в области автоматизации технологических процессов необходимо ознакомлять студентов с работой синхронного двигателя и способами его управления.

С этой целью разрабатывается учебно-лабораторный стенд «синхронный двигатель». Функциональная схема стенда представлена на рис. 1.

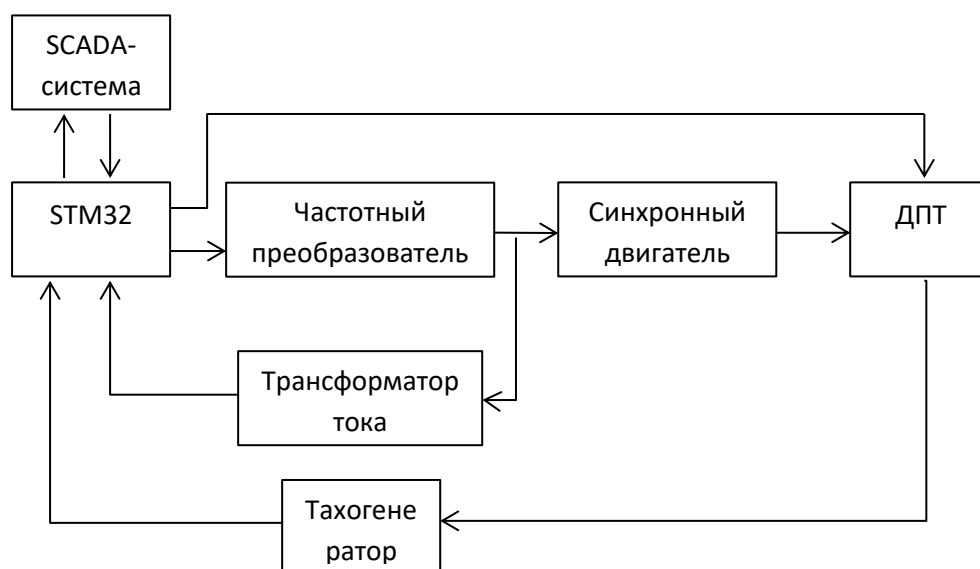


Рис. 1. Функциональная схема лабораторного стенда «синхронный двигатель».

Управление частотным преобразователем происходит при помощи платформы на основе микроконтроллера семейства ARM STM32F103RB. Микроконтроллер формирует синусоидальный широтно-импульсно моделированный (ШИМ) управляющий сигнал, и подает его на частотный преобразователь. Также микроконтроллер управляет двигателем постоянного тока при помощи ШИМ сигнала, который работает в генераторном режиме и исполняет роль нагрузки.

При этом снимаются показания потребления тока синхронным двигателем при помощи трансформатора тока и частота вращения двигателя, используя тахогенератор. Данные передаются в SCADA-систему, разработанную в пакете программ SCADA Trace Mode 6.10, по протоколу ModBus RTU. Пользователь SCADA-системы, получает данные со стенда о работе синхронного двигателя, а также управляет его работой посредством изменения частоты и амплитуды синусоидального сигнала и нагрузки.

Лабораторный стенд позволяет:

- ознакомиться с наиболее часто применяемым в промышленности типом двигателя.
- получить практические навыки по управлению синхронным двигателем;
- получить практические навыки по синтезу САУ двигателем;

Разработанный лабораторный стенд планируется внедрить в учебно-образовательный процесс кафедры ЭАФУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кацман М.М. Электрические машины: учебник для студ. образоват. учреждений сред. проф образования. – 7-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 496 с.
3. Мезенцев А. САПР TRACE MODE 6: учебно-методическое пособие / А.А. Мезенцев, В.П. Павлов; Томский политехнический университет. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2012. – 137 с.
4. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 265 с.

РАЗРАБОТКА ОТКАЗОУСТОЙЧИВОГО УСТРОЙСТВА, УПРАВЛЯЕМОГО ЧЕРЕЗ ИНТЕРНЕТ

Чурсин Ю.А., Кретов А.В.

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

E-mail: netdog13@mail.ru

Интернет позволяет получать удаленный доступ к электронному устройству, которое поддерживает набор специальных протоколов, осуществлять за ним контроль и управление. Этот набор специальных протоколов – стек протоколов TCP/IP. Поддержка стека TCP/IP позволяет подключать разрабатываемое устройство к любому современному компьютеру без установки стороннего софта. Оно может быть доступно в Интернет из любой точки мира, запрашивать или отправлять необходимую информацию по расписанию, в том числе, по беспроводному соединению, может удаленно конфигурироваться из обычного браузера, что значительно расширяет область его применения.

Следует отметить простоту его установки. После создания новой версии web-приложения её не надо устанавливать на все компьютеры – достаточно установить на сервер. Также возможность работы на различных операционных системах, в том числе и на мобильных устройствах. Одним из главных свойств, разработанного устройства, является отказоустойчивость, что позволяет применять его в системах автоматического управления технологическим объектом повышенной опасности. Устройство реализовано на плате STM32E407 (рис. 1) и поддерживает протоколы TCP/IP и ModbusTCP, для управления устройством через сеть Интернет. Так же добавлен протокол ModbusRTU для управления через интерфейс UART.

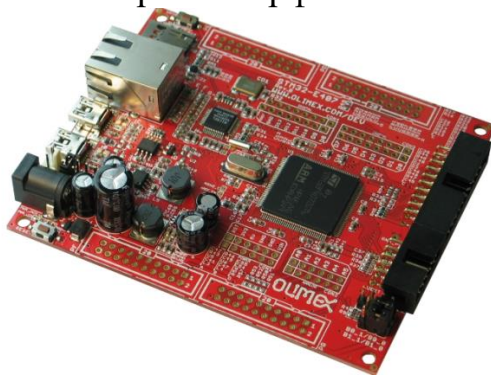


Рис. 1. Отладочная плата STM32E407.

ЛИТЕРАТУРА:

1. STM32-E407 development board. User manual. 2012
2. Reference manual STM32F407 advanced ARM. 2015

ДИАГНОСТИКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

Юров А.В., Леонов С.В.

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: avy27@tpu.ru*

Автоматизация предприятий атомной отрасли с применением логических контроллеров является актуальным направлением научных исследований. С ростом количества применяемых в тех или иных технологических процессах логических контроллеров на первый план выходят такие производственные показатели как: производительность и надежность. Опираясь на специфику технологических процессов на предприятиях атомного цикла, можно заключить, что надежность оборудования и безотказность работы программ выходят на первый план при проектировании систем автоматизации технологических процессов.

Целью данной работы была разработка и отладка приложения по оценке надежности программного обеспечения. Приложение разрабатывалось в программной среде Microsoft Visual Studio 2016 с применением объектно-ориентированного языка программирования C#.

Одной из поставленных задач при создании данного приложения являлось изучение существующих методик оценки надежности программного обеспечения, а также анализ математического аппарата использующегося в данных методиках.

В ходе проведенного исследования было установлено, что наиболее целесообразно использовать для оценки надежности программного обеспечения не один отдельный метод, а сразу несколько. Данный подход к проблеме надежности программного обеспечения позволяет получить наиболее полное представление относительно безотказности оцениваемой программы.

В результате было создано приложение для оценки надежности программного обеспечения использующее в своей основе математический аппарат следующих моделей надежности: модель Шумана, модель Липова, модель Миллса, модель Джелинского-Моранды. А также была построена база для дальнейших исследований в данной тематике.

Секция
Безопасные технологии обращения с РАО
(организована по инициативе ФГУП «НО РАО»)

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РЕКОНСТРУКЦИИ СТРУКТУРЫ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ НА ОСНОВЕ АКУСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ*

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

Согласно ПНАЭ Г-7-010-89 своевременный эффективный контроль качества сварных металлических конструкций является необходимым требованием для обеспечения технической безопасности. На сегодняшний день активно развиваются методы неразрушающего производственного и эксплуатационного контроля. Высокая производительность ультразвукового (УЗ) контроля в сравнении с рентгеном делает его привлекательным для предприятий ядерно-топливного цикла. УЗ томография внедряется в производственные процессы на Горно-химическом комбинате (г. Железногорск) при изготовлении герметичных пеналов для сухого хранения отработавшего ядерного топлива.

В рамках работы рассмотрен метод УЗ томографии, позволяющий реконструировать объект с его внутренней геометрией и дефектами. В пакете MATLAB разработана математическая модель реконструкции акустических данных на основе применения технологии фокусируемой синтезированной апертуры (SAFT). Данная технология дает возможность фокусировки в каждой точке контролируемого объекта при использовании фазированных решеток. Конечным результатом разработанного алгоритма является получение значения амплитуды сигнала в каждой точке области контроля. Для этого необходимо установить время пути в зависимости от номеров излучателя, приемника и соответствующего отсчета измерения. Таким образом, для каждого сочетания излучатель-элемент объема рассчитывается номер отсчета приемника, по которому можно найти амплитуду.

Зная детальное распределение значений амплитуды в каждой точке контролируемого объекта возможно провести точную реконструкцию, учитывающую все особенности внутренней структуры. Это позволит наиболее эффективно производить контроль качества пеналов ОЯТ не только во время изготовления, но и при их эксплуатации.

***Выполнено при финансовой поддержке проекта
№11.3683.2017/ПЧ**

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ПЛАЗМЕННАЯ ОБРАБОТКА ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ОЯТ

Алюков Е.С., Каренгин А.А.

*Научный руководитель: Каренгин А.Г., к.ф.-м.н., доцент
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский
политехнический университет», 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: john.judo@mail.ru*

Основой технологии переработки ОЯТ является PUREX-процесс, в котором экстракцию урана и плутония из водно-хвостовых растворов осуществляют ТБФ с использованием органических разбавителей (керосин, очищенные углеводороды и др.). Под действием облучения экстрагенты теряют свою эффективность и превращаются в горючие отходы переработки ОЯТ (ГОП ОЯТ), для которых до сих пор нет эффективных технологий переработки кроме захоронения в глубоко залегающие пласты-коллекторы [1].

Оставшиеся после первого экстракционного цикла без урана и плутония водно-солевые отходы переработки ОЯТ (ВОП ОЯТ), включающие продукты деления изотопа урана-235, изотопы плутония и ряд ценных металлов (РЗЭ, платиноиды), выпаривают, добавляют химические реагенты (силикаты, фосфаты, бораты) и направляют на операцию остекловывания с последующим захоронением [1,2].

К недостаткам применяемых технологий следует отнести многостадийность, необходимость в химических реагентах, высокие энерго- и трудозатраты. Значительное снижение энергозатрат может быть достигнуто при совместной обработке ВОП ОЯТ и ГОП ОЯТ.

В работе представлены результаты исследований процесса совместной плазменной обработки ВОП ОЯТ и ГОП ОЯТ в воздушной плазме в виде диспергированных водно-солеорганических композиций (ВСОК), обеспечивающих не только существенное снижение затрат электроэнергии на обработку отходов (с 4,0 до 0,1 МВт·ч/т), но и получение тепловой энергии (до 2,0 МВт·ч/т).

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при создании технологии и оборудования для энергоэффективной совместной плазменной обработки отходов переработки ОЯТ.

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.

ПОДГОТОВКА К ВЫВОДУ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ БАСЕЙНА-ХРАНИЛИЩА РАО ГОРНО-ХИМИЧЕСКОГО КОМБИНАТА

Жирников Д.В., Парецков Е.Н., Шестакова Л.А.
ФГУП «Горно-химический комбинат», г. Железногорск
E-mail: atomlink@mcc.krasnoyarsk.su

Комплекс гидротехнических сооружений бассейнов-хранилищ ЖРО Горно-химического комбината локализуется на двух участках. На первом, приуроченном к прирусловой части долины Енисея и располагающемся вблизи основных сооружений комбината, размещены два действующих бассейна-хранилища РАО. Второй участок удален от реки; он расположен на высокой террасе Енисея восточнее площадки изотопно-химического завода. В его пределах находятся один действующий бассейн-хранилище и один выведенный из эксплуатации.

Горно-химический комбинат более 20 лет ведет последовательную работу по переводу в экологически безопасное состояние ЖРО, накопленных за годы реализации ядерных оружейных программ. Так, в 2008 году была успешно завершена реализация проекта вывода из эксплуатации (послойной засыпки) открытого бассейна-хранилища РАО, использовавшегося для временного хранения жидких низкоактивных отходов предприятия.

Опыт проведенных работ показывает, что иловые отложения при промораживании способны многократно уменьшать объем, соответственно, увеличивать объемный вес, и, что наиболее важно, выделять связанную и рыхлосвязанную воду. Если при поэтапной засыпке бассейна неоднократно промораживать иловые отложения, откачивая жидкую фазу, будет происходить уплотнение и уменьшение их объема. После засыпки происходит перераспределение водной фазы илов: под давлением грунтов они дополнительно уплотняются, вытесняя из своей структуры излишки воды. Через несколько лет происходит стабилизация влажностного режима. При наличии надежного противofильтрационного экрана в составе перекрывающей толщи влажность иловых отложений и вмещающих ее грунтов может быть понижена до нормативных значений.

Бассейн-хранилище представляет собой искусственную выемку в грунте с насыпной дамбой и системой противofильтрационных экранов, оборудованную водозабором-водосбросом и распределительной камерой. Дамба имеет

грунтовое основание и гидроизоляцию из асфальтобетона с системами донного и берегового дренажей.

По результатам обследования бассейна установлено, что иловые отложения занимают около трети площади дна бассейна. Максимальная мощность (1,3 м) – на участке водосброса, а рядом, на участке водозабора, она снижается до 0,6 м. Общий объем иловых отложений составляет около 5 тыс. м³.

Варианты вывода из эксплуатации:

При рассмотрении вариантов вывода из эксплуатации данного объекта можно отметить следующее.

Создание объекта окончательной изоляции РАО с отверждением всех иловых отложений в ложе бассейна-хранилища представляется маловероятной из-за проблем, связанных с обоснованием безопасности конечного состояния объекта, поскольку он находится в пределах водоохранной зоны.

В тоже время ликвидация хранилища, предусматривающую удаление из ложа бассейна иловых отложений в полном объеме и последующую засыпку самого бассейна, нецелесообразна из-за технической сложности работ.

Наиболее приемлемым можно считать вариант, при котором на первом этапе происходит удаление из бассейна-хранилища максимально возможного количества илов, а на втором – сооружается объект окончательной изоляции РАО путем послойной засыпки бассейна защитными барьерными материалами и создания при необходимости внешних барьеров безопасности. При этом на дне бассейна должно остаться минимально возможное количество ила с целью обоснования долгосрочной безопасности конечного состояния объекта.

Технологии обращения с иловыми отложениями

Предварительной стадией любого варианта обращения с иловыми отложениями является стадия размыва осадка и извлечения его из ложа бассейна. С этой целью на Горно-химическом комбинате впервые разработано устройство для очистки бассейна от радиоактивных донных отложений. В его состав, в общем случае, входят:

- плавающая платформа для установки пульпоподъемного оборудования;

- распульповывающий насос для взмучивания иловых отложений, встроенный в приемную камеру ($S \sim 4 \text{ м}^2$) с системой сопел;

- откачивающий насос производительностью не менее 10 м³/час., встроенный в приемную камеру;

– эжектор, производительностью 1 м³/мин. для создания вакуума в системе.

Положение установки на зеркале воды бассейна управляется с помощью лебедки.

На берегу освобождаемого бассейна на специально выделенной площадке монтируется оборудование для сгущения илов методом отстаивания.

Дальнейшее обращение с иловыми отложениями возможно по двум вариантам. Либо по существующему трубопроводу осуществляется передача суспензии в эксплуатируемый бассейн-хранилище, удаленный от русла реки, для временного хранения. Этот способ является наименее затратным, но представляет собой лишь отложенное решение вопроса.

Второй вариант предусматривает иммобилизацию суспензии методом цементирования. Организация технологической схемы омоноличивания также имеет два варианта: цементирование без дополнительной обработки суспензии либо с ее предварительным прокаливанием при температуре 600⁰С.

Лабораторные исследования показали, что при цементировании суспензии без предварительной подготовки нужно использовать цементный компаунд специального состава.

После перемешивания компонентов специальный цементный компаунд загружается в бочки-контейнеры вместимостью 200 л и выдерживается двое суток до завершения интенсивного выделения тепла реакции твердения. Затем контейнеры размещаются на полигоне ТРО.

Несмотря на высокую энергозатратность, технология, включающая предварительную термическую обработку иловых отложений, выглядит предпочтительной из-за присутствия в иловых отложениях микроорганизмов и органических веществ, что может привести к самопроизвольному разрушению компаундов через два-три года хранения.

После выполнения работ по выводу из эксплуатации прибрежного бассейна-хранилища на Горно-химическом комбинате останется два действующих открытых бассейна-хранилища ЖРО. Отказ от их использования станет возможным после завершения работ по выводу из эксплуатации объектов реакторного и радиохимического заводов.

ПЛАЗМЕННАЯ КОНВЕРСИЯ «ОТВАЛЬНОГО» ГЕКСАФТОРИДА УРАНА

Зубов В.В.¹, Тундешев Н.В.^{1,2}, Кулиев Р.У.²

Научный руководитель: Каренгин А.Г., к.ф.-м.н., доцент

*¹ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский
политехнический университет», 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30*

*²АО «ПО «Электрохимический завод», 663690, г. Зеленогорск,
ул. Промышленная, 1*

e-mail: kaberne1812@yandex.ru

Технология разделения изотопов урана газовыми центрифугами позволяет извлекать основную массу изотопа уран-235 из гексафторида урана и получать обедненный (отвальный) по этому изотопу гексафторид (ОГФУ), процесс накопления которого продолжается в странах, обладающих этой технологией [1]. Только в России накоплены миллионы тонн ОГФУ.

Актуальность проблемы ОГФУ определяется экологическими и экономическими факторами. Экологические проблемы возникли из-за потенциальной и фактической опасности хранения огромных масс летучего радиоактивного ОГФУ в стальных баллонах под открытым небом. Экономические проблемы связаны с фактически «омертвленными» огромными запасами фтора, невозможностью использования ОГФУ в качестве компонента в топливных композициях, с большими эксплуатационными затратами на содержание и расширение полей для хранения, а также их рекультивацию [2].

В работе представлены результаты моделирования процесса плазменной конверсии ОГФУ в различных плазменных теплоносителях (воздух, водород, водяной пар и др.), а также проведена оценка и сравнение удельных энергозатрат на получение 1 кг целевого продукта в виде диоксида урана или закиси-окиси урана.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы для создания технологии и оборудования для энергоэффективной плазменной конверсии ОГФУ с получением диоксида урана или закиси-окиси урана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попп М. Воздействие ядерной технологии на другие области техники // Атомная техника за рубежом. 1998. № 3. С. 13-17.

2. Туманов Ю.Н. Плазменные и высокочастотные процессы получения и обработки материалов в ядерном топливном цикле: настоящее и будущее. - М.: Физматлит, 2003. – 759 с.

ВЫЖИГАНИЕ МЛАДШИХ АКТИНОИДОВ В ЭПИТЕПЛОВОМ СПЕКТРЕ НЕЙТРОНОВ

Иванова А.А., Беденко С.В., Луцик И.О.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050
E-mail: alyaivanova4@gmail.com

Актуальность проблемы наработки младших актинидов заключается в необходимости создания методов выжигания актиноидов для безопасного обращения с ОЯТ. В эпитепловом спектре делятся все актиниды. Однако, как в тепловом, так и в быстром реакторе при облучении образуются радиотоксичные Pu^{238} и Cm^{244} , которые являются опасными актинидами [1,2].

Эпитепловой спектр для выжигания младших актиноидов более предпочтителен, и не только по тому, что в нем делятся все актиниды, но и с точки зрения нейтронного баланса. Например, в работах [3,4], в которых проведено исследование физики высокотемпературной газоохлаждаемой реакторной установки, работающей в эпитепловом спектре нейтронов, показано, если в исходном варианте загрузки повысить содержание четных актинидов на (1,5–2) % это может привести к полезному их использованию и наработки делящихся нечетных актинидов.

В работе проведены расчетные исследования, направленные на определение функции распределения и спектра нейтронов в ОЯТ высокотемпературной ториевой реакторной установки, работающей в эпитепловом спектре нейтронов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шаманин И.В. , Беденко С.В. , Годовых А.В. Влияние тонкой структуры резонансной области поглощения нейтронов ядрами ^{232}Th и ^{238}U на эффективность использования ядерного топлива // Известия вузов. Физика. - 2012 - Т. 55 - №. 11/2. - С. 367-372.
2. Г.Л. Хорасанов., А.И. Блохин. Выжигание младших актиноидов в жестких нейтронных спектрах. – Обнинск, 2013.
3. Gas-Cooled Thorium Reactor with Fuel Block of the Unified Design [Electronic resource] / I. V. Shamanin [et al.] // Advances in Materials Science and Engineering. — 2015. — Vol. 2015. — [392721 [8 p.]. — Title screen. — Доступ по договору с организацией-держателем ресурса. Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.1155/2015/392721>
4. Thorium-loaded low-power reactor installation operated with super-long fuel residence time / И. В. Шаманин, Ю. Б. Чертков, С. В. Беденко // Известия вузов. Ядерная энергетика. — 2016. — № 2. — [С. 121-132].

К ОБОСНОВАНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПУНКТА ГЛУБИННОГО ЗАХОРОНЕНИЯ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ ФИЛИАЛА «СЕВЕРСКИЙ» ФГУП «НО РАО»

Кокорев О.Н.¹, Николаев И.Г.¹

¹ФГУП «НО РАО» филиал «Северский»,

636035, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 8,

e-mail: onkokorev@norao.ru

Пункт глубинного захоронения ЖРО филиала «Северский» ФГУП «НО РАО» расположен в пределах ЗАТО г. Северск на промплощадке АО «СХК». Захоронение ЖРО на ПГЗ филиала «Северский» выполняется в нижние горизонты чехла Западно-Сибирской плиты, сложенного песчано-глинистой толщей мезокайнозойского возраста общей мощностью до 470 м.

Рабочими горизонтами для захоронения ЖРО на полигоне являются верхнемеловые песчано-глинистые отложения (нижний маастрихт - нижний кампан верхней и средней подсвиты сымской свиты; нижний сантон средней подсвиты сымской свиты).

Обеспечение безопасности захоронения РАО в недра определяется геологическими условиями среды, куда производится захоронение, а так же технологией захоронения.

В целях подтверждения локализации ЖРО в установленных прогнозных границах и подтверждения технически исправного состояния скважин ПГЗ ЖРО филиала «Северский» ФГУП «НО РАО» проводятся работы по геотехническому мониторингу.

Геотехнический мониторинг на ПГЗ ЖРО ФГУП «НО РАО» по видам и методике проведения работ разделяется на:

- гидродинамические исследования;
- гидрогеохимические исследования;
- геофизические исследования.

По результатам мониторинга состояния недр и подземных сооружений ПГЗ ЖРО филиала «Северский» ФГУП «НО РАО» ежегодно составляется отчёт, включающий результаты эпигнозного моделирования распространения фильтрата захороненных отходов на площадках 18, 18а и краткосрочного (5 лет) прогнозного моделирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рыбальченко А.И., Пименов М.К., Костин П.П. и др. Глубинное захоронение жидких радиоактивных отходов.-М.ИздАТ,1994

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

Кузьмин В.С.¹, Посохов Д.В.¹

¹*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: vsk23@tpu.ru*

В настоящее время на территории Российской Федерации накоплено порядка пятисот шестидесяти миллионов кубических метров радиоактивных отходов, 50% из которых находятся во временных хранилищах до дальнейшей переработки. Помимо этого, каждый год еще образуется порядка пяти миллионов кубических метров. [1]

Для надёжной иммобилизации радионуклидов в течение необходимого времени матричный материал должен обладать комплексом физико-химических свойств, а именно: высокими теплофизическими свойствами материала, такими как теплопроводность, теплоемкость, достаточными механическими характеристиками. К другим важным характеристикам матричных материалов можно отнести радиационную стойкость и химическую стабильность.

В данной работе рассматривается производство матричного материала на основе модифицированного перовскита, полученного технологией самораспространяющегося высокотемпературного синтеза.

Экспериментальным путем установлено, что при создании перовскитной иммобилизационной матрицы на основе алюминия необходимо введение реакционно-способной никелевой добавки в исходную шихту, вследствие недостаточного энергетического выхода реакции.

Также проведена оценка изменения фазового состава для образцов, подготовленных с давлением прессования 15, 20, 25 и 30 МПа. Получены сравнительные картины фазовых составов образцов с различными составами – без добавления никеля и с его добавкой. Результаты позволяют говорить о пригодности использования перовскитной матрицы для иммобилизации ВАО.

ЛИТЕРАТУРА

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

ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДОЛГОВРЕМЕННОГО ХРАНЕНИЯ В ВОДООХЛАЖДАЕМОМ ХРАНИЛИЩЕ ХОТ-1 ФГУП «ГХК» ОЯТ РЕАКТОРОВ ВВЭР-1000 С ПОВЫШЕННЫМ НАЧАЛЬНЫМ ОБОГАЩЕНИЕМ И ВЫГОРАНИЕМ

И.А. Меркулов, В.И. Мацеля, И.Н. Сеелев, М.И. Корнеев,
Е.А.Орешкин

ФГУП «Горно-химический комбинат», г.Железногорск, Россия

E-mail: atomlink@mcc.krasnoyarsk.su

Хранилище ОЯТ ХОТ-1 ФГУП «ГХК» предназначено для централизованного водоохлаждаемого хранения ОТВС реакторных установок ВВЭР-1000 как российских, так и зарубежных АЭС. Указанное хранилище эксплуатируется в составе комплекса централизованного долговременного хранения ОЯТ реакторов ВВЭР-1000 и РБМК-1000.

По проекту на долговременное хранение должны поступать ОТВС, которые имеют следующие характеристики: допустимое начальное обогащение топлива по урану-235 - не более 4,4 % масс., глубина выгорания топлива - не более 50 ГВт·сут/тU, выдержка после выгрузки из реактора - не менее 3 лет. Допускался прием в ХОТ-1 отдельных ОТВС с глубиной выгорания до 58 ГВт·сут/тU с учетом увеличения их времени выдержки в приреакторных бассейнах АЭС до значений тепловыделения не более 2 кВт/ОТВС.

В последние годы, с целью повышения эффективности топливо использования, осуществляется перевод энергоблоков АЭС с серийными реакторами ВВЭР-1000 на топливные циклы с удлиненными кампаниями с использованием в них тепловыделяющих сборок новых модификаций, которые характеризуются повышенным исходным обогащением топлива по урану-235, увеличенной массой топлива, длинной топливного столба и проектной глубиной выгорания топлива. При этом значительно увеличивается количество топлива с начальным обогащением топлива по урану-235 до 5 % масс. и глубиной выгорания до 58 ГВт·сут/тU.

Для обеспечения безопасной эксплуатации энергоблоков АЭС необходим своевременный вывоз данных ОТВС из приреакторных бассейнов выдержки на объект централизованного обращения с ОЯТ. Исходя из этого основной задачей на ближайшее время является обеспечение приема в ХОТ-1 без ограничений всех модификаций ОТВС реакторов ВВЭР-1000, находящихся в эксплуатации на АЭС.

В рамках решения данной задачи проведена реконструкция водоохлаждаемого хранилища ОЯТ ФГУП «ГХК». Одной из основных задач, решаемых в рамках реконструкции, являлось

увеличение вместимости ХОТ-1 для обеспечения ритмичного вывоза отработавшего топлива с АЭС.

Совместно с АО «АТОМПРОЕКТ» выполнены расчеты и обоснования возможности и безопасности приема на хранение ОЯТ с начальным обогащением топлива по урану-235 до 5 % масс. и глубиной выгорания до 58 ГВт·сут/тU. В результате проведенных работ обоснована возможность и безопасность без изменений в технологическом процессе осуществлять прием на хранение ОТВС реакторов ВВЭР-1000 с начальным обогащением топлива по урану-235 до 5 % масс., глубиной выгорания топлива до 58 ГВт·сут/тU и выдержкой в приреакторных бассейнах не менее 6 лет. При этом вместимость хранилища существенно увеличена по сравнению с первоначальной и на 30 лет продлен срок его эксплуатации.

Имеющаяся в настоящее время на ФГУП «ГХК» инфраструктура централизованного обращения с ОЯТ позволяет долговременно и безопасно хранить ОЯТ реакторов ВВЭР-1000 всей номенклатуры, используемой как на российских, так и на зарубежных АЭС.

ПРОДЛЕНИЕ СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДООХЛАЖДАЕМОГО ХРАНИЛИЩА ОЯТ ВВЭР-1000 (ХОТ-1) ФГУП «ГХК»

*Меркулов И.А., Мацеля В.И., Сеелев И.Н., Корнеев М.И., Орешкин Е.А.
ФГУП «Горно-химический комбинат», г.Железногорск, Россия
E-mail: atomlink@mcc.krasnoyarsk.su*

Комплекс централизованного долговременного хранения ОЯТ ФГУП «ГХК» состоит из водоохлаждаемого хранилища ОЯТ реакторных установок ВВЭР-1000 (ХОТ-1) и сухих хранилищ камерного типа для ОЯТ реакторных установок РБМК-1000 и ВВЭР-1000 (ХОТ-2).

В системе централизованного обращения с ОЯТ реакторов ВВЭР-1000 российских и зарубежных АЭС ключевую роль имеет водоохлаждаемое хранилище ХОТ-1.

Указанное хранилище введено в эксплуатацию в 1985 году. Согласно

НП-024-2000 «Требования к обоснованию возможности продления назначенного срока эксплуатации объектов использования атомной энергии» дальнейшая эксплуатация хранилища была возможна только после обоснования возможности продления срока его эксплуатации. Таким образом, продление срока эксплуатации ХОТ-1 являлось одной из приоритетных задач обеспечения долговременного безопасного обращения с ОЯТ реакторов ВВЭР-1000.

В основу организации продления срока эксплуатации ХОТ-1 были положены требования НП-024-2000 и нормативная база по продлению срока эксплуатации энергоблоков АЭС. Оценка остаточного ресурса выполнялась по методикам, согласованным с Ростехнадзором.

Для обеспечения возможности продления срока эксплуатации ХОТ-1 был проведен комплекс расчетов и обоснований, а также выполнена реконструкция хранилища, которая включала замену грузоподъемных кранов, увеличение производительности и надежности системы охлаждения, повышение сейсмоустойчивости строительных конструкций хранилища. Одной из основных задач, решаемых в рамках реконструкции, являлось увеличение вместимости хранилища для обеспечения ритмичного вывоза отработавшего топлива с АЭС.

Совместно с АО «ЦКБМ им. И.И. Африкантова» проведен анализ безопасности водоохлаждаемого хранилища ОЯТ. Анализ выполнен в соответствии с методическими рекомендациями МАГАТЭ, а также РБ-021-01, РБ-024-11. Полученные результаты свидетельствуют о

соответствии уровня безопасности ХОТ-1 нормативному критерию безопасности ОПБ ОЯТЦ.

Совместно с АО «АТОМПРОЕКТ» выполнен численный расчет на предельную сейсмическую устойчивость строительных конструкций и оборудования ХОТ-1. В результате проведенных расчетов установлено, что строительные конструкции ХОТ-1 сохраняют работоспособность при максимальном расчетном землетрясении.

Проведенное комплексное инженерно-радиационное обследование подтвердило работоспособность строительных конструкций, систем и элементов ХОТ-1 и возможность продолжения дальнейшей эксплуатации хранилища. Решением Госкорпорации «Росатом» срок эксплуатации ХОТ-1 ФГУП «ГХК» продлен на 30 лет.

Таким образом, высокотехнологичный комплекс централизованного обращения с ОЯТ реакторных установок ВВЭР-1000 обеспечивает прием и долговременное централизованное хранение ОТВС российских и зарубежных АЭС на долгосрочный период.

ДЕЗАКТИВАЦИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ ХМП

*Петренко Б.Ю., Абрамов О.Ю., Селявский В.Ю., Ушаков Д.А.,
Шиманский С.А.*

*АО «Сибирский химический комбинат», 636039,
г.Северск, Томской обл., ул. Курчатова 1, shk@seversk.tomsknet.ru*

Вопросы дезактивации в настоящее время приобретают все большую актуальность в связи с началом массового вывода объектов ЯТЦ из эксплуатации и увеличения числа вновь строящихся объектов ГК «Росатом». Наибольшие проблемы возникают при дезактивации промышленных объектов, которые могут иметь очень высокие уровни загрязнения, особенно в аварийных ситуациях.

Важную роль в процессе дезактивации крупных объектов составляет ряд факторов, таких как высокая эффективность процесса, небольшой объем вторичных отходов, невысокая стоимость реагентов, простота, доступность технологий и их применимость на предприятии ЯТЦ с учетом специфики производства.

В настоящее время одним из основных направлений ХМЗ АО «СХК» является перевод завода в ядерно-безопасное состояние, в рамках которого предусмотрено проведение работ по дезактивации (оборудования, зданий, помещений), в связи с чем, на первом этапе отработки технологий применялись пленочная, электрохимическая и ультразвуковая дезактивация.

В качестве объекта исследования использовалась металлическая пластина (часть реактора, контактировавшая с ЯМ) размерами 200х200х10мм, материал сталь 12Х18Н10Т с начальным уровнем загрязнения $2,2-3,9 \cdot 10^6 \alpha\text{-частиц/мин} \cdot \text{см}^2$. Контроль уровня загрязнения осуществлялся радиометром МКС-01Р методом сухого мазка.

Методика проведения пленочной дезактивации заключалась в следующем: на поверхность наносилась полимерная композиция, которая застывала в течении 8-12 часов, после чего удалялась с поверхности пластины. Коэффициент очистки при пленочной дезактивации составил 12-18. Электрохимическая дезактивация с применением водорастворимых пленок, обладающих свойствами электролита и комплексообразователя, основывалась на анодной поляризации плотностью проходящего тока 1,1-2,7 А/дм². Коэффициент очистки находился в диапазоне 370-550. При проведении ультразвуковой дезактивации образец помещался в ультразвуковую ванну, где обрабатывался в течении 30 минут в нейтральной среде. Коэффициент очистки образца составил 20-85.

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА НАПРЯЖЕНИЙ СВАРНЫХ ШВОВ КОНТЕЙНЕРОВ С ОЯТ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ДЕФЕКТОВ*

Седанова Е.П., Седнев Д.А., Салчак Я.А.

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

В разработанном хранилище ФГУП ФЯО «ГХК» осуществляется технология «сухого» хранения ОЯТ с использованием пеналов со сварными соединениями [1]. В ходе производства и эксплуатации пеналов происходят изменения в структуре материала, вызывающие появление механических напряжений, которые при определенной концентрации могут приводить к значительному снижению прочности сварных швов. Даже если обнаруженные дефекты признаны допустимыми, механические нагрузки, связанные с процедурой постановки пенала на хранение, могут вызвать последующее разрушение. Таким образом, разработка методики количественной оценки дефектов для расчета механических напряжений в сварных соединениях пенала для хранения ОЯТ является актуальной задачей.

В рамках данной работы проведен расчет критических напряжений, возникающих в сварных швах пеналов из стали марки 12X18H10T. Сварное соединение выполняется по технологии аргонодуговой сварки неплавящимся электродом. В качестве исходных данных для выполнения количественной оценки дефектов сварных соединений были использованы трехмерные вексельные данные, полученные в результате томографической реконструкции сварного шва контролируемого объекта по методу фокусируемой синтезированной апертуры.

Результаты томографии позволили обнаружить в образце несплошности типа «поры» и «непровар», с учетом чего была проведена апробация способа расчета. Результаты продемонстрировали, что механическое напряжение, создаваемое порой диаметром 0,4 мм, составляет 177 МПа, а непровар глубиной 0,2 мм уменьшает величину предела прочности основного материала шва на 0,255 МПа.

***Выполнено при финансовой поддержке проекта №11.3683.2017/ПЧ**

ЛИТЕРАТУРА

1. Калинин В.И., Анисимов О.П., Тихонов Н.С. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=print&sid=770>, свободный – Загл. с экрана. – Яз. рус. Дата обращения 13.03.17г.

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАЩЕНИЯ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ

Сеелев И.Н., Орешкин Е.А.

ФГУП «Горно-химический комбинат», г. Железногорск

E-mail: atomlink@mcc.krasnoyarsk.su

В данной работе представлены результаты процесса утилизации иловых отложений бассейна-хранилища жидких радиоактивных отходов.

Бассейн-хранилище РАО представляет собой искусственную выемку в грунте с насыпной дамбой и системой противофильтрационных экранов, оборудованную водозабором-водосбросом и распределительной камерой, является хранилищем открытого типа. Он предназначен для приема и временного хранения некондиционных по солям и pH нетехнологических промышленных стоков предприятия. После отстаивания и усреднения их параметров жидкая фаза (низкоактивная) периодически забирается на схему очистки для совместной переработки с кондиционными жидкими нетехнологическими отходами. С годами на дне бассейна образовалась пульпа в виде иловых отложений, которые занимают около трети площади дна бассейна.

Ключевым моментом в повышении безопасности является метод утилизации радиоактивных отходов с последующим выводом из эксплуатации объектов хранения радиоактивных отходов.

Рассмотрим варианты обращения с иловыми отложениями:

Первый вариант обращения с иловыми отложениями бассейна-хранилища РАО — вариант приповерхностного захоронения иловых отложений непосредственно в ложе бассейна.

Вторым вариантом вывода из эксплуатации бассейна-хранилища РАО является вариант, основанный на выемке иловых отложений из ложа бассейна-хранилища РАО и иммобилизация их методом цементирования и имеет два подварианта:

- на цементирование направляется суспензия (сгущенные иловые отложения) без дополнительной обработки:

- на цементирование направляется суспензия, предварительно прокаленная при температуре 600°C.

Лабораторные исследования показали, что при цементировании суспензии без предварительной подготовки удовлетворительными характеристиками обладает цементный компаунд состава: портландцемент — 48,5%, иловые отложения — 44%, сорбционная добавка — 7,2%, пластификатор — 0,3%. При цементировании предварительно прокаленных иловых отложений состав цемента должен быть следующим: портландцемент — 48,5%, зола от сжигания иловых отложений — 10%, вода — 34%, сорбционная добавка — 7,2%,

пластификатор – 0,3%. После перемешивания компонентов цементный компаунд загружается в бочки-контейнеры вместимостью 200 л и выдерживается двое суток до завершения интенсивного выделения тепла реакции твердения. Затем контейнеры размещаются на полигоне ТРО.

Несмотря на высокую энергозатратность, технология, включающая предварительную термическую обработку иловых отложений, выглядит предпочтительной из-за присутствия в иловых отложениях микроорганизмов и органических веществ, что может привести к самопроизвольному разрушению компаундов через два-три года хранения.

Третий вариант обращения с иловыми отложениями бассейна-хранилища РАО представляет процесс прямой плазменной утилизации иловых отложений с получением твердых продуктов в виде простых и сложных оксидов металлов, включающих магнитную окись железа, а также возможность применения магнитной сепарации для эффективного извлечения из водных суспензий этих твердых продуктов. Предлагается утилизация иловых отложений осуществлять в условиях неравновесной каталитически активной воздушной плазмы электрических разрядов в виде диспергированных горючих водноорганических композиций при рабочих температурах плазменного горения не менее 1200 °С, чтобы не допустить образования различных вредных и токсичных загрязняющих веществ.

По результатам исследований следует, что при рабочих температурах до 1000 К основными конденсированными продуктами являются простые и сложные оксиды металлов, включая магнитную окись железа $\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{с})$. При этом, образуются в конденсированной фазе двуокись урана $\text{UO}_2(\text{с})$ и двуокись плутония $\text{PuO}_2(\text{с})$. Отсутствие сажи $\text{С}(\text{с})$ и незначительное количество CO , NO и NO_2 указывают на то, что процесс прямой плазменной утилизации иловых отложений в виде водно-органической композиции в воздушной плазме при массовой доле воздушного теплоносителя 45% идёт в оптимальном режиме с получением в конденсированной фазе магнитной окиси $\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{с})$, а также двуокиси урана $\text{UO}_2(\text{с})$ и двуокиси плутония $\text{PuO}_2(\text{с})$. Увеличение массовой доли воздуха свыше 70% приводит к образованию немагнитной окиси железа $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{с})$ в продуктах плазменной утилизации иловых отложений в воздушной плазме.

Плазменная утилизация отходов в виде оптимальных по составу водно-органических композиций, имеющих адиабатическую температуру горения $T_{\text{ад}} \approx 1200$ °С, обеспечивает эффективную и экологически безопасную утилизацию этих отходов.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при создании передвижных и стационарных промышленных установок для плазменной утилизации различных видов отходов.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЛУБИННОГО ЗАХОРОНЕНИЯ РАО В ПРОДУКТИВНЫЙ ГОРИЗОНТ ПОСЛЕ ЗАВЕРШЕНИЯ ДОБЫЧИ УРАНА МЕТОДОМ СКВАЖИННОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

*Теровская Т.С., Кеслер А.Г., Носков М.Д.
СТИ НИЯУ МИФИ, 636036, г.Северск, Томской обл.*

Подземный способ захоронения радиоактивных отходов (РАО) в глубокие геологические формации представляется безопасным и экономически эффективным методом изоляции радиоактивных материалов от среды обитания человека.

Сущность глубинного захоронения состоит в нагнетании предварительно подготовленных отходов через скважины в глубокие пористые горизонты – пласты-коллекторы. В России глубинное захоронение жидких радиоактивных отходов осуществляется ФГУП «Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами» на 3-х площадках: ПГЗ ЖРО «Полигон Северный» (г. Железногорск), ПГЗ ЖРО «Опытно-промышленный полигон» (г. Дмитровград), ПГЗ ЖРО «Полигон площадок 18 и 18а» (г.Северск). Захоронение ведется в пористые формации, сложенные прибрежно-морскими отложениями. Отходы занимают ограниченный объем в недрах, положение контура отходов контролируются.

В настоящей работе рассматривается захоронение РАО в продуктивный горизонт пластово-инфильтрационного месторождения урана палеодолинного типа, после завершения разработки методом скважинного подземного выщелачивания. С помощью специализированной геоэкологической информационно-моделирующей системы исследуется миграция радионуклидов в водоносном горизонте при закачке РАО через бывшие в эксплуатации технологические скважины. При моделировании учитываются различные физико-химические и гидродинамические процессы (фильтрация жидкости, конвективный массоперенос, гидродинамическая дисперсия, комплексообразование, ассоциация-диссоциация кислот, сорбция, выпадение осадков, растворение и переотложение минералов, соосаждение радионуклидов, гомогенные и гетерогенные окислительно-восстановительные процессы), минералогические и гидрогеохимические характеристики водоносного горизонта.

В работе представлены результаты исследований распространения компонентов РАО в зависимости от дебитов закачных скважин, даны рекомендации по захоронению.

ОБРАЩЕНИЕ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ НА КУРСКОЙ АЭС

Шеховцова А.П., Квашинин А.В.

*Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Курская атомная
станция» 307250, Курская обл., г. Курчатова; e-mail:
nessheh@gmail.com*

Электроэнергия, вырабатываемая атомными электростанциями (АЭС), составляет около 17% от общего производства электроэнергии во всем мире (в РФ примерно 18 %). Она конкурентоспособна и экологична, т.к. при ее выработке отсутствуют выбросы аэрозолей и парниковых газов.

Расцвет атомной энергетики пришелся на начало 80-х. Атомная энергетика считалась надежным и перспективным направлением развития энергетики и развивалась в ускоренных темпах. Однако, после катастрофы на Чернобыльской АЭС наметился спад и начался «застой» развития атомной энергетики. Появились вопросы, связанные с безопасностью АЭС, в частности, стал вопрос обращения с радиоактивными отходами (РАО).

Анализ мирового опыта показывает, что безопасное обращение с РАО является одной из главных проблем современной ядерной энергетики. Обращение с РАО регламентируется в России трехуровневой системой документов: 1) федеральные законы, нормы и правила РФ; 2) стандарты организации АО «Концерн Росэнергоатом»; 3) документация станционного уровня. За последние годы в РФ утверждено большое количество законов, норм и правил, которые, регламентируют обращение с РАО. Последнее десятилетие можно назвать «подъемом» в атомной энергетике. На сегодняшний день ядерная энергетика в РФ является перспективным направлением.

Курская АЭС входит в первую четверку в АО «Концерн Росэнергоатом» по экономическим показателям. На КуАЭС соблюдаются требования норм безопасности при обращении с РАО, что подтверждают результаты инспекционных проверок.

2017 год объявлен в России годом экологии. В районе присутствия КуАЭС специалистами ОРБ предприятия и органов Государственного санитарного надзора, осуществляется непрерывный контроль влияния АЭС на окружающую среду. На КуАЭС ежегодно составляются отчеты об экологической безопасности.

Процесс обращения с ТРО на КуАЭС организован согласно действующей нормативной документации. ТРО хранятся во временных хранилищах, специально сооруженных на территории

АЭС. Одним из таких временных хранилищ является ХТРО-III, находящееся в опытной эксплуатации. ХТРО-III спроектирован с учетом соблюдения всех требований нормативных документов. Целью сооружения ХТРО-III является обеспечение на современном уровне хранения отходов в форме, гарантирующей безопасность персонала, окружающей среды и населения с возможностью последующего изъятия, и направления на захоронение Национальному оператору.

На КуАЭС ведется строительство новых объектов, которые будут обеспечивать безопасное и эффективное обращение с РАО, а именно единого комплекса по переработке РАО. Для обращения с ТРО в КП ТРО предусмотрены следующие установки: электрохимической дезактивации, дезактивации ПВХ, прессования (суперпресс), сжигания, пиролиза ионообменных смол и т.д. Проектное оборудование КП ТРО соответствует современным требованиям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цебаковская Н.С., Уткин С.С., Капырин И.В., Медянцев Н.В., Шамина А.В. Обзор зарубежных практик захоронения ОЯТ и РАО. (Под редакцией И.И.Линге и Ю.Д.Полякова) – М.: Изд-во “Комтехпринт”, 2015, 208с

Секция
Ядерные технологии – шаг в будущее (для школьников)

МОДЕЛИРОВАНИЕ СХЕМЫ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ДЛЯ РЕНТГЕНОВСКОЙ ТРУБКИ ТОМОГРАФА

Бельский В.А.

*Муниципальное Бюджетное Общеобразовательное Учреждение
лицей при ТПУ, г.Томск, Томской обл.*

Belskiy-vadim@mail.ru

Программа импортозамещения коснулась области ядерной медицины, для которой Физико-технический институт ТПУ ведёт разработку отечественного томографа. Важной составной частью томографа является источник питания рентгеновской трубки, к которому предъявлены высокие требования по надёжности и стабильности. Источник питания является дорогостоящим узлом и эксперименты на нем затруднительны. Поэтому, решено промоделировать одну из схем источника питания в различных режимах для повышения надёжности конечного блока питания.

Цель работы: исследование источника питания в предельных режимах и моделирование систем защиты выходных каскадов для повышения надёжности источника.

В рамках исследования в программах Electronics Workbench и Multisim была создана полумостовая схема импульсного источника питания. Была смоделирована ситуация выхода из строя защитного диода, появления короткого замыкания на выходе трансформатора, промоделирована и реализована с помощью микрокомпьютера Raspberry Pi 3 система защиты схемы от него, а также выявлены серьёзные недостатки программы Electronics Workbench.

ЛИТЕРАТУРА

1. Прянишников В. А. Электроника: Полный курс лекций. – 4-е изд. – СПб.: КОРОНА принт, 2004.
2. Проектирование источников электропитания электронной аппаратуры: учебное пособие / О. К. Березин, В. Г. Костиков, Е. М. Парафенов и др.
3. Физика: учеб. Для 10 кл. с углубл. Изучением физики: профил. Уровень / [О. Ф. Кабардин, В. А. Орлов, Э. Е. Эвенчик и др.]; под ред. А. А. Пинского, О. Ф. Кабардина.

РОЛЬ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ В ОБЩЕМ ЭНЕРГОБАЛАНСЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Бояринцев А. Э.

*Муниципальное общеобразовательное автономное учреждение
средняя общеобразовательная школа № 25, 10 класс, г. Томск
Руководители: Семененко Надежда Михайловна, учитель физики
Чурсин Станислав Сергеевич, ассистент кафедры физико-
энергетических установок ФТИ ТПУ.*

В современном мире вопрос энергопотребления стоит очень остро. Невозобновляемость таких ресурсов, как нефть, газ, уголь, заставляет задуматься об использовании альтернативных источников электроэнергии, таких как ветер, солнечное излучение, тепло земных недр. Однако не везде климатические и географические условия позволяют их использовать, да и технологии, необходимые для этого, еще не развиты. Поэтому атомная энергетика занимает одну из лидирующих позиций в области энергообеспечения регионов России. Атомная энергия - энергия, выделяющаяся в процессе превращения атомных ядер. Различают два получения ядерной энергии: 1) осуществление ядерной цепной реакции деления тяжелых ядер; 2) осуществление термоядерной реакции синтеза легких ядер.

Цель исследования: сбор и анализ характеристик ядерных батарей, атомной энергетике, найти общие решения в проблемах развития атомной энергетике и экологии

Задачи:

- выяснить эффективность и роль атомной энергии, в общем энергобалансе РФ
- изучение процессов получения атомной энергии
- изучение истории развития атомной энергетике
- изучение значения атомной энергетике
- выявление проблем атомной энергетике
- разработка диагностического материала по проблеме исследования
- проведение соц.опроса среди людей разного возраста
- анализ результатов соц.опроса

В рамках исследования был проведён анализ развития АЭС за последние 17 лет. В результате было построено 3 графика и проведён их анализ (10 действующих АЭС эксплуатируется 35 энергоблоков общей мощностью 27 206 МВт). Графики показывают постоянный прирост доли электроэнергии выработанной на АЭС.

ПОЛУЧЕНИЕ КОСТНОЗАМЕЩАЮЩИХ ИМПЛАНТАТОВ НА ОСНОВЕ КАЛЬЦИЕВЫХ ФОСФАТОВ И ПОЛИЛАКТИДА МЕТОДОМ 3D-ПЕЧАТИ

Гага А. С.

*МБОУ лицей при Томском политехническом университете, 634050,
Томская область, г. Томск, ул. Аркадия Иванова, 4
e-mail: nastya.gaga.1999@mail.ru*

Сегодня производство имплантатов во многом идет рядом с развитием аддитивных технологий, при этом в медицине все чаще возникает необходимость реконструкции участков костной ткани и фрагментов опорно-двигательной системы. Ведётся активный поиск биосовместимых материалов, направленных на коррекцию костных травм, однако, доступность и экспрессное производство отсутствует. При обширных дефектах костей требуются использования имплантатов со сложной геометрией, которую можно получить при помощи рентгеновской томографии и 3D-печати технологией FDM индивидуальных протезов для каждого пациента.

Внутри структура человеческой кости представляет собой пористую матрицу, состоящую из микроскопических систем костных трубок, вставленных друг в друга, преимущественно состоящих из кристаллического гидроксиапатита (ГАП) [1]. За основу композита был выбран кристаллический ГАП, полученный по разработанной ранее технологии [2] и L, D-полилактид [3], ввиду использования в 3д-печати как одного из самых крупных видов биоразлагаемых полимеров.

Были подобраны пластифицирующие добавки для упрочнения конечных свойств композита, а также улучшения реологических свойств шликера при печати. Сами добавки являются нетоксичными для организма и, будучи введенными в композит, снижают риск отторжения и повышают приживаемость имплантата.

Получен композит на основе кальциевых фосфатов, сходных составом с костью, и полилактида, имеющий достаточную прочность для использования в специальных областях восстановительной хирургии и пригодный для печати на 3д-принтере.

ЛИТЕРАТУРА

1. Rittweger J., Beller G.. bone-muscle strength indices for the human lower leg. Bone Elsevier Science Publishing Company, Inc. Vol. 27, № 2, 2000, p 319-326.
2. N. E. Toropkov et al Influence of synthesis conditions on the crystallinity of hydroxyapatite obtained by chemical deposition 2016 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. Vol. 156 №1, p. 6-13.
3. Bret D. Ulery, Lakshmi S. Nair, Cato T. Laurencin Biomedical Applications of Biodegradable Polymers// Polym Sci B Polym Phys. 2011 June 15; 49(12): 832–864.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА МОДИФИКАЦИИ ЧАСТИЦ ПИГМЕНТНОГО ДИОКСИДА ТИТАНА, ПОЛУЧЕННОГО ФТОРИДНЫМ СПОСОБОМ

Головина Л. А.

Научный руководитель – к.тех.н А. Ю. Макасеев
Северская инженерная школа при СТИ НИЯУ МИФИ МБОУ
"СОШ №83"

e-mail: golovinalida52@gmail.com

1. Диоксид титана является самым распространенным белым пигментом для лакокрасочной промышленности, так в отличие от других белых пигментов как: PbCO_3 , CaCO_3 , $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, ZnO , ZnS + сульфат бария BaSO_4 , он является самым устойчивым соединением, обладает химической инертностью. Но весь этот необыкновенный пигмент закупается исключительно за рубежом, так как в России нет качественного производства диоксида с полным необходимым покрытием. В своей работе я попробую покрыть произведенный в ТПУ пигмент, полученный фторидным способом, чтобы он был пригодным для использования.

2. При работе с пигментом выясняются проблемы: диоксид титана обладает фотокаталитическим эффектом, низкая энергетика частиц, которая не позволяет придать порошку хорошую вшиваемость, поэтому нам надо покрыть частицы, чтобы исключить эти недостатки.

3. В работе мы предлагаем использовать технологию «золь-гель», при которой для покрытия диоксида в растворе мы создаем условия для образования геля алюминия и кремния. Преимущество геля состоит в том, что он позволяет покрыть каждую частицу порошка, и при просушке он превращается в плотные слои оксидов.

4. В результате исследования определены условия, при которых гель максимально осаждается, и выяснено, что порошки необходимо тщательно промывать, чтобы при прокатке раствора побочные элементы не изменяли цвет пигмента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат 2380318 РФ Углеродосодержащий фотокатализатор на основе диоксида титана, способ его получения и применения (варианты)/Киш. Х., Орт-Гербер Й., Сактхивель Ш.//бюл. 3 – 2010 с.24
2. Технология лаков и красок: Учебник для техникумов /Орлова О.В., Фомичева Т.Н. – М., Химия. 1990. – 383с.
3. Павлуненко Л., Губа Л. Строительство и техногенная безопасность// Характеристика свойств титановых пигментов для лакокрасочных материалов. – 2013 в.46. – С. 51 – 57.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАЩИЩЕННОЙ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ ПО РАДИОКАНАЛУ

Горбачев А.С., Ибрагимов А.А., Жарков М.И..

*Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей
при ТПУ, 634050, г. Томск Томской обл., ул. А. Иванова, 4
e-mail: vip.sanya.gorbachev@mail.ru*

На атомных предприятиях существуют места, где специалисту опасно находится или, в виду других ограничивающих факторов, он туда попасть не может. В таких случаях, как правило, используют различного вида вспомогательные устройства. Так как действия проводятся на атомных предприятиях возрастает степень нагрузки и ответственности на устройство. Любое постороннее вмешательство может сулить гибель миллионам людей. Во избежание этой ситуации, устройство нуждается в защите радио канала, по которому будут передаваться команды.

Цель: обеспечить защищённую передачу информации по радиоканалу.

Система защиты канала будет состоять из нескольких блоков:

- 1) Пароль.
- 2) Шифровка передаваемых и получаемых данных.

1) Пароль.

Перед тем как связываться с тем или иным приемником или передатчиком, устройство запрашивает пароль. Пароль в свою очередь будет зашифрован в шифровальной системе MD5.

2) Шифровка данных.

Устройство будет выполнять только те действия, которые будут правильно расшифрованы. Для правильной расшифровки нужно знать правильную шифровку, поэтому, не зная ее, вы не сможете управлять устройством, что также увеличивает безопасность уже как канала, так и самого устройства от посторонних людей.

На данный момент мной уже разработан шифр, которым будет зашифровано то или иное сообщение, передаваемое устройству.

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОТОТИПА УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ МИКРОКЛИМАТА

Дедов А.А.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: dedov_art@mail.ru

В современном мире возможность управления параметрами микроклимата, такими как температура, влажность и освещенность, является очень полезной и эффективной, так как климатические условия сильно влияют на работоспособность в некоторых промышленных отраслях. Например, диспетчерские на атомных станциях содержат большое количество сложной электронно-вычислительной аппаратуры и требуют непрерывного контроля и управления основными параметрами микроклимата со стороны обслуживающего персонала. Поэтому мы решили создать систему, которая способна контролировать основные параметры микроклимата и управлять ими.

Цель данной работы – создание устройства с возможностью контроля и управления влажностью, температурой и освещенностью в закрытом помещении.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- 1)Разработка структурной, принципиальной электрической схемы устройства;
- 2)Выбор элементной базы прототипа;
- 3)Создание прототипа устройства.

Для реализации прототипа были использованы такие компоненты, как микроконтроллер, буфер, дешифратор, семисегментный и шестнадцатисегментный индикаторы, датчик влажности и температуры, транзисторы, резисторы, кнопка и конденсаторы.

В ходе создания прототипа столкнулись с проблемой возникновения дребезг при нажатии кнопок, которая была решена на аппаратном уровне, при помощи триггера Шмитта. Создание такой системы и ее содержание является довольно дорогостоящим удовольствием, в связи с чем одной из нашей будущих задач является минимизация энергопотребления.

Результатом работы является реализация прототипа устройства контроля и управления параметрами микроклимата, имеющее необходимый функционал и не требующее крупных финансовых затрат.

СЕТЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АВТОНОМНЫХ УСТРОЙСТВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Жарков М.И., Горбачев А.С., Ибрагимов А.А.

*Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей
при ТПУ, 634050, г. Томск Томской обл., ул. А. Иванова, 4
e-mail: m.zharkov.11@gmail.com*

На предприятиях атомной промышленности существуют задачи, выполняя которые, человек подвергается серьезной опасности. В рамках настоящей работы предполагается создание автономной сети взаимодействия устройств на производстве. Для достижения этого решаются следующие задачи: разработка концепции устройств; разработка алгоритма ориентирования устройства на плоскости; создание алгоритма обхождения препятствий; разработка алгоритма взаимодействия нескольких образцов устройств; создание и испытание образцов устройств по отдельности и в сети; испытание готовых устройств и алгоритмов управления на производстве.

На первом этапе реализации была определена концепция автономного устройства. Таким устройством стал беспилотный летательный аппарат. Выбор сделан исходя из актуальности проекта. Устройство смоделировано в программе «SolidWorks» с учетом параметров, удовлетворяющих решаемой задаче. Далее в программе «Scheme-it» была построена электрическая схема устройства, компоненты которой позволяют выполнить задачу автономности.

Следующим этапом стала проработка алгоритма на плоскости. Алгоритм был создан для отладки начальной части логики, где пока отсутствуют другие устройства и препятствия сложной формы (только прямоугольной). Устройство по умолчанию находится в нулевой координате особой сетки. Координаты цели вводятся вручную с помощью внешних считывающих устройств. После этого с помощью геометрических формул (арктангенс) рассчитывается угол поворота и длина до конечной точки (теорема Пифагора).

На пути устройства на плоскости до конечной цели могут возникнуть препятствия. Их определение проводится путем постоянного сканирования пространства впереди аппарата (ультразвуковые датчики). Обнаружив препятствие, устройство поворачивается на начальный угол, но в противоположную сторону. Затем осуществляется движение вдоль препятствия до фиксации отсутствия этого препятствия вторым датчиком (ультразвуковым). Исходя из угла наклона, длины и ширины препятствия, которые фиксируются во время движения, устройство возвращается на исходную траекторию и продолжает движение.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ ИСТОЧНИКА ХОЛОДНОЙ ПЛАЗМЫ

Михно А.С., Хрипунов Г.И.

Лицей при ТПУ, 634050, г. Томск, ул. Аркадия Иванова 4

e-mail: arina.cool0402@gmail.com

Плазма – это четвертое состояние вещества и состоит она из ионизированных и нейтральных частиц. При атмосферном давлении в основном применяется высокотемпературная плазма. Ранние применения плазмы в медицине преимущественно основывались на температурных эффектах плазмы. Высокая температура использовалась в медицине для удаления тканей, стерилизации и остановки кровотечения [1]. В последнее время в медицине и биологии начинает применяться низкотемпературная атмосферная плазма [2]. В работе показана возможность применения источника холодной плазмы в различных медицинских и биологических приложениях.

Для исследования коагуляции крови под воздействием холодной плазмы, две капли крови были помещены на предметное стекло. Первая капля была обработана плазмой в течение 15 секунд, вторая – служила контрольным образцом. Время коагуляции для первого образца равнялось 15 секунд, в то время как, для контрольного 300 секунд.

Для исследования стерилизующей способности холодной плазмы, в агаровой среде была выращена культура синегнойной палочки. Затем образец был обработан источником холодной плазмы в течение 5, 10 и 15 секунд. Для полного уничтожения бактерий достаточно 10 секунд. При дальнейшем увеличении времени обработки происходит увеличение стерилизованной площади, за счет распространения активных частиц за пределы разряда.

Таким образом, холодная плазма является новым методом для осуществления гемостаза и стерилизации. Преимуществами метода являются: быстрый гемостаз, отсутствие повреждающих эффектов для окружающих тканей, сохранение морфометрических характеристик и уничтожение вредных бактерий во время хирургических операций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lawrence A. Kennedy Alexander A. Fridman, *Plasma Physics and Engineering*. 1 ed. 2004: Taylor & Francis Group. 860.
2. E. Stoffels, A. J. Flikweert, W. W. Stoffels, G. M. W. Kroesen, *Plasma Sources Sci. Technol.* **2002**, 11, 383.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ В ЗАДАЧАХ УЧЕТА И КОНТРОЛЯ ЯДЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Неволин Н.Р.

МБОУ лицей при ТПУ, г. Томск Томская обл., ул. А.Иванова 4

В наш век активного развития ядерных технологий все более остро встает вопрос об увеличении объемов отработавшего ядерного топлива и радиоактивных отходов (РАО). При этом возникающие задачи при их хранении и контроле требуют дополнительного решения. Нашему государству досталось от предшествующей деятельности огромное количество образовавшихся и хранимых РАО.

С увеличением объемов выработок и появлением новых АЭС актуальность данной проблемы существенно возрастает. На данный момент все государства, использующие атомную энергетику, ведут вещественную инвентаризацию радиоактивных отходов. Ни для кого не секрет, что ионизирующее излучение оказывает крайне губительное влияние на живые организмы и окружающую природу. Поэтому при проведении очередной проверки-инвентаризации работники подвергаются опасности облучения. С другой стороны, происходит постоянное ужесточение законов и требований, касающихся учета и контроля РАО. Частота проводимых проверок увеличивается, усложняются процедуры проведения оперативной проверки.

С возрастающим прогрессом нашей цивилизации и разработкой применяемых человеком технологий решение обозначенных задач можно доверить автоматическим системам. Оператору останется только обработать и представить полученные данные в соответствующем виде.

В работе рассматриваются альтернативные методы идентификации объектов для их применения при обращении РАО. К таким методам относятся: ультразвуковая, оптическая, биометрическая, радиочастотная идентификации. Делается вывод о их возможностях и технической реализации.

Более подробно рассмотрена высокочастотная идентификация. Ее реализация происходит при помощи уникальных RFID- меток, баз данных и приемников\передатчик высокочастотного сигнала. Представлены данные и технические характеристики системы. Приводятся доводы, доказывающие возможности использования меток в условиях высоких уровней ионизирующего излучения, а далее при их применении для задач учета и контроля РАО.

РАСЧЕТ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ ТЕРРИТОРИИ РАЗМЕЩЕНИЯ КАЛИНИНСКОЙ АЭС С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА АРИА

Никитин А.В.¹, Истомина Н.Ю.²

¹Северская инженерная школа СТИ НИЯУ МИФИ

*²Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
г.Северск, Томской обл., пр. Коммунистический 65.,
e-mail:NYIstomina@mephi.ru*

Одной из приоритетных задач атомной энергетики является повышение безопасности районов размещения АЭС. Поскольку штатная работа АЭС сопряжена с поступлением радионуклидов в приземный слой атмосферы. Таким образом, расчет технологически-измененного радиационного фона, обусловленного штатной эксплуатацией АЭС, является актуальной задачей.

В данной работе проведен расчет воздействия штатных радиоактивных выбросов Калининской АЭС (КАЭС) на формирование дозовых нагрузок населения, проживающего в районе влияния данного объекта атомной энергетики. Проект выполнен с помощью геоинформационного экспертно-моделирующего комплекса (ГИЭМК) «АРИА». ГИЭМК представляет собой проблемно-ориентированное программное обеспечение, разработанное в среде программирования Borland C++ Builder Pro. 5.0. Начальными данными, необходимыми для расчетов, являются: информация о параметрах источника, населённых пунктов, годовая роза ветров Тверской области, свойства радионуклидов, нуклидный состав штатных выбросов КАЭС. В процессе работы была создана цифровая модель местности, включающая физическую карту местности, потенциально-опасный объект – КАЭС, населенные пункты, контрольные точки, профили.

Оценка радиационной обстановки производилась на основе анализа распределения мощности эквивалентной дозы вдоль профилей, проведенных в окрестности КАЭС и в населенных пунктах. Расчет доз в контрольных точках показал, что основным фактором, формирующим технологически-измененный фон, является доза, обусловленная радионуклидами в воздухе. Сопоставление полученных данных с нормами радиационной безопасности позволяют сделать вывод о том, что штатная эксплуатация КАЭС незначительно влияет на экологическую обстановку района размещения.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИХРЕТОКОВОГО МЕТОДА КОНТРОЛЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О ФОРМЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ ОБЪЕКТОВ

Ничинский И. М.

*Лицей при ТПУ, 634050, г. Томск, ул. Аркадия Иванова 4
liblic@sibmail.com*

Целью данной работы является определение возможности использования вихретокового метода контроля для получения информации о форме электропроводящих объектов.

Информация о форме объекта может быть получена, если в процессе контроля изменять взаимную ориентацию вектора напряженности возбуждающего магнитного поля и объекта. Для удобства изменялась ориентация объекта в магнитном поле. Для эксперимента были взяты круглый стальной диск с отверстием и стальной цилиндр. Составной объект имитировался соединением диска и цилиндра с возможностью изменения их взаимной ориентации. В ходе экспериментов определялись мнимая и действительная составляющие вносимых напряжений и строились годографы вносимого напряжения от изменения ориентации объекта в магнитном поле.

По результатам экспериментов установлено, что годографы осесимметричных объектов: цилиндра, диска, а также составного объекта, в случае соосной ориентации его составных частей представляют собой прямые линии, концы которых соответствуют продольной и поперечной ориентациям объекта в магнитном поле. Годограф составного объекта, в котором оси симметрии его составных частей не совпадают, представляет собой эллипс, отношение осей которого зависит от степени несоосности.

Таким образом, показана возможность разбраковки металлических объектов по форме и контроля соосности соединения нескольких деталей.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.Е. Гольдштейн, В.К. Жуков. Использование нестационарных по направлению магнитных полей для идентификации локальных электропроводящих объектов. – Томск: изд-во «Печатная мануфактура», 2002. – 139с.

ПИЩЕВЫЕ КРАСИТЕЛИ В ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ

Песенкова Я. А.

Лицей при ТПУ, 634050, г. Томск, ул. Аркадия Иванова 4

E-mail: KVNlover@yandex.ru

Булычёва Елизавета Владимировна – руководитель

Зрительные ощущения посылают в мозг человека определенные сигналы, провоцирующие ту или иную реакцию. Этим секретом очень успешно пользуются производители кондитерских изделий и напитков. Секрет ярких цветов сладостей прост – в их составе содержатся красители, которые названы пищевыми. Производство натуральных красителей дорого, поэтому в настоящее время в промышленном производстве пищевых продуктов используются синтетические красители.

Цель исследовательской работы: подтвердить наличие и определить количественное содержание синтетических пищевых красителей - тартразина E102, азорубина (кармуазина) E 122, Понсо 4R E124, Синего блестящего FCF E133 в кондитерских изделиях и газированных напитках, приобретённых в магазинах города Томска. Данные красители указаны производителями в составе взятых для исследования продуктов.

Работа выполнена на базе кафедры физической химии «Института природных ресурсов» Томского Политехнического Университета. Определение красителей в анализируемых продуктах выполнено на спектрофотометре Agilent Technologies Cary 60 UV -Vis в соответствии :

- ГОСТ 32745 – 2014 «Добавки пищевые. Красители триарилметановые» ТУ

- ГОСТ Р 52481 – 2010 «Красители пищевые. Термины и определения»

- ГОСТ Р 52671 – 2006 « Продукты пищевые. Методы идентификации и определения массовой доли синтетических красителей в карамели».

ГОСТ 32050 – 2013 «Продукты пищевые. Методы идентификации и определения массовой доли синтетических красителей в карамели».

В результате исследования было подтверждено наличие синтетических красителей: тартразина E102, азорубина (кармуазина) E 122, Понсо 4R E124, Синего блестящего FCF E133, указанных производителями в образцах продуктов.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАЩИЩЕННОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Радков А.Д

*Лицей при Томском политехническом университете, 634028,
Томская область, г. Томск, ул. Аркадия Иванова, 4*

E-mail: radkov2014@yandex.ru

Главная функция государства – обеспечение безопасности проживающих в нём граждан. С 1945 года над СССР нависла угроза ядерной войны. Для предотвращения внешней опасности необходимо было создать ядерное оружие. Решением данной задачи являлось создание сложного производства по изготовлению ядерного оружия.

Целью работы является изучение концепции обеспечения защищенности ядерной программы в Советском союзе на примере исторических документов, собранных в музее СХК.

Объектом исследования являлось предприятие АО «Сибирский химический комбинат», вопросы его защищенности.

АО «СХК» — предприятие по обращению с ядерными материалами (г.Северск). Основная задача комбината - это получение для оборонных целей и атомной энергетики обогащенного урана-235 и плутония-239, выработка для народного хозяйства электрической и тепловой энергии. При строительстве ядерного объекта необходимо было обеспечить охрану предприятия с целью противодействия проникновению разведчиков из враждебных стран.

Система мер безопасности СХК включала в себя охрану периметра города и объектов, находящихся на территории города, силами вооруженных подразделений с применением технических средств. Также выполнялись задачи по безопасному и скрытому обращению с ядерными материалами и радиоактивными отходами, включая их получение, транспортировку и хранение. Принимались мероприятия по оперативному оповещению об аварии на предприятии и алгоритмы действий оперативных служб в случае возникновения чрезвычайных ситуаций.

На основе проведенного анализа собранных материалов в работе установлено, что после распада СССР меры безопасности комбината не ослабли, а усилились по противодействию внешним и внутренним нарушителям. С изменением внешних факторов следует принимать дополнительные меры по обеспечению защищенности ядерных материалов. В наше время возможно применить новые подходы с использованием технических систем и устройств для уменьшения численности вооруженной охраны.

СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ОТ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Степанов И.И.

МБОУ лицей при ТПУ г. Томск, ул. Аркадия Иванова, 4

E-mail: drmr0709@gmail.com

Научный руководитель – Чурсин С.С., ассистент кафедры ФЭУ ТПУ

В современном мире ядерная физика играет очень важную роль, огромное количество предприятий, как частных, так и государственных используют в своей работе источники ионизирующего излучения различных типов. И самой главной задачей при работе с источниками ионизирующего излучения является биологическая защита для обеспечения безопасности персонала. Данная работа посвящена изучению новых видов защитных от ионизирующих излучений материалов.

Так как защита от потоков частиц не представляет особой сложности, по сравнению с защитой от гамма-излучения, следует уделить большее внимание техногенному излучению, в частности гамма-излучению, вопросам о защите от которого уделяется столь большое значение.

Для проведения исследования по измерению защитных свойств различных материалов от ионизирующего излучения, необходимо выбрать наиболее подходящий измерительный прибор. Для сравнения были взяты полупроводниковый высокочистый коаксиальный германиевый детектор и сцинтилляционный NaI детектор фирмы Canberra. На данных приборах были произведены измерения эффективности регистрации ионизирующего излучения от следующих источников: Am-241, Cd-109, Sn-113, Cs-137, Co-60, Co-57. С помощью полученной информации были получены значения эффективности регистрации гамма-квантов для обоих детекторов. Далее, рассматривая значения эффективности регистрации для разных приборов при одном значении энергии, было выведено, что сцинтилляционный детектор обладает большей эффективностью, чем полупроводниковый.

После выбора соответствующего детектора, было проведено изучение защитных свойств борид вольфрама и свинца от гамма-излучения. Для эксперимента был использован Cs-137. На сцинтилляционном детекторе были проведены измерения количества испускаемых им частиц и их энергии по мере увеличения слоя защитного материала - свинца. Затем на предмет защитных, от ионизирующего излучения, свойств был обследован ряд новых, не используемых в этой отрасли материалов – борид вольфрама, диборид титана, гексаборид лантана. По полученным значениям было

установлено, что с увеличением толщины слоя изолирующего материала, уменьшается количество зарегистрированных частиц, но энергия этих частиц не изменяется. Отсюда выходит постоянно уменьшающаяся зависимость количества частиц, прошедших изолирующий слой от толщины этого слоя. Что доказывает то, что по мере увеличения защитного слоя, уменьшается количество частиц, прошедших этот слой.

Результаты этого опыта показывают, что свинец обладает большими защитными от ионизирующего излучения свойствами, чем рассмотренные нами материалы. Таким образом, на защитные свойства материала влияет не только толщина защитного слоя, но и плотность самого вещества, а именно, чем плотнее вещество, тем выше его защитные свойства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бекман И.Н., Радиоактивность и радиация: Москва 2006.
2. Полупроводниковые детекторы ядерных частиц и их применение, М., 1967;
3. Дирнли Дж., Нортроп Д., Полупроводниковые счетчики ядерных излучений, пер. с англ., М., 1966;
4. Полупроводниковые детекторы ядерного излучения // Полупроводниковые приборы и их применение. М., 1971 (Авт.: Рывкин С. М., Матвеев О. А., Новиков С. Р., Строкан Н. Б.).

РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЫ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СМЕСЕЙ ПОРОШКОВ К ТВЕРДОФАЗНОМУ СИНТЕЗУ

Сутурин С.Е.¹, Ярушин Д.Б.¹, Кербель Б.М.²

¹Средняя образовательная школа №196» ЗАТО Северск

²Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,

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

e-mail: BMKerbe@mephi.ru

Как правило, в лабораторных условиях перемешиванию и измельчению подлежат небольшие по объему навески, измельчаемый материал должен обладать максимально возможной гомогенностью и узкой дисперсностью. Целью настоящей работы является выбор типа мельницы, её расчет, проектирование, изготовление и проведение испытаний в лабораторных условиях на соответствие требованиям, установленным для порошков, являющихся прекурсорами твердофазного синтеза оксидной керамики. Основные требования к мельнице: малогабаритность, загрузка не более 0,1 кг., возможность размолла порошков в присутствии дистиллированной воды.

В результате поиска наиболее подходящими были признаны два типа мельниц:

- барабанно-шаровые мельницы, в которых материал измельчается внутри полого вращающегося барабана. При вращении барабана мелющие тела (шары, стержни) и измельчаемый материал (называемые «загрузкой») сначала движутся по круговой траектории вместе с барабаном, а затем падают по параболе; достигаются большая степень дробления и хорошая приспособляемость к разному сырью;

- планетарные мельницы, работающие по тому же принципу, но кроме вращения вокруг собственной продольной оси, барабану придаётся движение вокруг оси переносного вращения (как планеты вращаются вокруг Солнца). Особенности: высокая скорость измельчения, малые объемы барабанов позволяют применять для изготовления мелющих тел и футеровок большое многообразие материалов как по твердости, так и по составу.

В докладе приводятся обоснование выбора шаровой мельницы, методика расчета, результаты проектирования, общий вид и особенности конструкции шаровой мельницы.

Работа выполняется в рамках проектной деятельности Северской инженерной школы в интересах лаборатории оксидной керамики СТИ НИЯУ МИФИ (научный руководитель профессор Б.М. Кербель).

Методы и приборы регистрации смешанных полей ионизирующего излучения.

Туркасов В.А.

МБОУ Лицей при ТПУ

e-mail: turvad18@gmail.com

Научный руководитель – Чурсин С.С., ассистент кафедры ФЭУ ТПУ

Ядерные технологии в наши дни получили широкое распространение в промышленности и науке. В частности используются нейтронные источники Am-Li, Pu-Be. Принцип работы таких источников основан на испускании альфа-частицы со стороны альфа-активного изотопа на лёгкий металл с целью выбивания нейтрона. Такие источники имеют сплошной спектр нейтронов и высокий фон гамма-излучения. Отсюда вытекает необходимость соблюдать нормы радиационной безопасности при работе с такими источниками.

Согласно НРБ-99/2009 средняя плотность потока нейтронов с энергией 4 МэВ не должна превышать $13,1 \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ для нейтронных источников, а суммарная мощность дозы от нейтронного и гамма-излучения не должна превышать значение в 2 мкЗв/ч. Соответственно эти требования должны быть соблюдены при работе с источниками ионизирующего излучения.

Известно, что плотность потока нейтронов, как и мощность дозы ионизирующего излучения, от точечного источника убывает с расстоянием. В соответствии с этим была поставлена следующая цель: нахождение распределения плотности потока нейтронов и мощности дозы смешанного поля ионизирующего излучения для изотопных источников Am-Li, Pu-Be в зависимости от расстояния до источника.

Распределение плотности потока нейтронов в зависимости от расстояния до источника и мощность дозы от нейтронного излучения регистрировалось с помощью блока детектирования БДКН-03, а мощность дозы гамма-излучения – с помощью БДКГ-05. Информация с блоков детектирования записывалась в непрерывном режиме на ПК с помощью профильного программного обеспечения Atomtex.

В результате работы было получено рекомендуемое минимальное расстояние для работы с данными источниками с целью обеспечения радиационной безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бекман И.Н., Радиоактивность и радиация: Москва 2006. – 581с.
2. РАДИАЦИЯ. Дозы, эффекты, риск. Перевод с английского Ю.А. Банникова. М. «Мир» 1990. – стр. 12.

ПОЛУЧЕНИЕ НЕОРГАНИЧЕСКОГО ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА С ВЫСОКИМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Ушаков Р.Е.

*Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
лицей при ТПУ, 634028, г. Томск, ул. А. Иванова, 4*

e-mail: liceum@tpu.ru

*Научный руководитель – Торонков Н. Е., млад. науч. сотрудник
НИ ТПУ*

Существует потребность в разработке одновременно легких и прочных заполнителей для облегченных бетонов. В настоящее время все технологии получения керамзита либо утрачены, либо забыты. Старые предприятия, выпускающие керамзит, требуют зачастую тотальной модернизации, что не предоставляется возможным. В литературе практически не рассмотрен вопрос пластификации, сушки и формования гранул[1]. Ввиду этого можно рассмотреть модернизацию предприятий по выпуску керамзита с наименьшими затратами.

Известно, что движущим процессом порообразования является реакция восстановления Fe_2O_3 в FeO с выделением кислорода, однако используемое глинистое сырье содержит малое количество Fe_2O_3 , в результате предприятия по выпуску керамзита вынуждены использовать поробразующие добавки[2]. Нами были рассмотрены в качестве поробразующих добавок отходы крупнотоннажных производств.

В данной работе представлен и обоснован эффективный способ увеличения коэффициента вспучивания исходных гранул. Выведена зависимость коэффициента вспучивания от массовой доли добавки для глинистого сырья. Было получено оптимальное значение массовой доли добавки. Введение предлагаемых нами добавок позволит улучшить экологическую ситуацию в регионе. Также внедряемые добавки снижают стоимость и энергозатраты на производстве керамзита.

ЛИТЕРАТУРА

1. Онацкий С.П. Производство керамзита. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1987. – 333 с.: ил.
2. Горин В.М., Токарева С.А., Кабанова М.К. Керамзит. Опыт и перспективы развития производства и применения. Строительные материалы №11, 2004. – С. 32-34.
3. Чентемиров М.Г., Горных В. П. Производство и применение керамзита. М.: Госстройиздат, 1963 г. – 104 с.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРОЙ В ЗАКРЫТОМ ПОМЕЩЕНИИ.

Шелухин Д.Д., Дериглазов А.А.

*Лицей при Национальном исследовательском Томском
политехническом университете, Россия, г.Томск, ул. Аркадия
Иванова, 4, 634028*

E-mail: denovich11@mail.ru

Практически все, что нас окружает, нагревается в процессе работы или под влиянием внешних факторов. Есть такие предметы, температурный режим для которых не важен, а есть такие, температуру которых необходимо контролировать. Для этих целей в наше время используют АСУ.

Автоматизированные системы управления температурой (АСУ) появились давно используются в различных областях жизни человека: в промышленности, машиностроении, на нефте-газодобывающих скважинах, в автомобилях и бытовой технике, такой как электрические печи, конвекторы, холодильники, бойлеры и т.д.

Одной из разновидностей таких АСУ является Термостат — прибор для поддержания постоянной температуры. Поддержание температуры обеспечивается либо за счёт использования терморегуляторов, либо осуществлением фазового перехода (например, таяние льда).

В целях поддержания постоянной температуры помещения обычно используют термостаты основанные на электронных терморегуляторах. Проблема большинства регуляторов температуры состоит в их большой стоимости. Поэтому перед нами встал вопрос о создании дешевого терморегулятора на основе микроконтроллера.

Для реализации проекта необходимо разработать компьютерную модель АСУ, ПО под МК и создать испытательный стенд для отработки технологии.

Научное издание
VIII ШКОЛА-КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ АТОМЩИКОВ СИБИРИ
Сборник тезисов докладов

Подписано в печать 12.05.2017. Формат 60х84/16.
Усл.-печ. л. 9,77. Заказ 350. Тираж 200 экз.

Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники.
634050, г. Томск, пр. Ленина, 40.