

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



VI Международная научно-практическая конференция

**«ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ
АТОМНОЙ НАУКИ, ЭНЕРГЕТИКИ
И ПРОМЫШЛЕННОСТИ»**

СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ



ТОМСК
5-7 июня 2014

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ АТОМНОЙ НАУКИ, ЭНЕРГЕТИКИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Конференция посвящена 60-летию кафедры 24
«Электроники и автоматики физических установок»

СЕКЦИИ КОНФЕРЕНЦИИ

- Секция 1 Информационные технологии, автоматизация, системы управления.
- Секция 2 Ядерные реакторы и топливные циклы.
- Секция 3 Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом.
- Секция 4 Радиационная безопасность и нераспространение ядерных материалов.
- Секция 5 Физико-химические технологии.
- Секция 6 Ядерная медицина.
- Секция 7 Производство и разделение изотопов, плазменные и ионообменные технологии.
- Секция 8 Фундаментальные вопросы атомной науки и техники.

Томск, 2014

УДК 621
Ф48

Ф 48 Физико-технические проблемы атомной науки, энергетики и промышленности: сборник тезисов докладов VI Международной научно-практической конференции. – Томск, 2014. – 160с.

Сборник тезисов докладов включает материалы VI Международной научно-практической конференции «Физико-технические проблемы атомной науки, энергетики и промышленности». Конференция проводится на Физико-техническом институте Томского политехнического университета 5 – 7 июня 2014 г.

Материалы сборника представлены в авторской редакции.

Редакционная коллегия

Долматов О.Ю. – сопредседатель, профессор, директор ФТИ ТПУ.

Ливенцов С.Н. – сопредседатель, профессор, зав. кафедрой ЭАФУ ФТИ ТПУ.

Чурсин Ю.А. – секретарь оргкомитета, доцент кафедры ЭАФУ ФТИ ТПУ.

Дядик В.Ф. – доцент кафедры ЭАФУ ФТИ ТПУ, председатель секции №1.

Бойко В.И. – профессор кафедры ФЭУ ФТИ ТПУ, председатель секции №2.

Потылицин А.П. профессор, зав. кафедрой ПФ ФТИ ТПУ, председатель секции №3.

Демянюк Д.Г. – доцент кафедры ФЭУ, зам директора ФТИ ТПУ, председатель секции №4.

Дьяченко А.Н. – профессор, зав. кафедрой ХТРЭ ФТИ ТПУ, председатель секции №5.

Скуридин В.С. – профессор кафедры ПФ ФТИ ТПУ, председатель секции №6.

Шаманин И.В. – профессор, зав. кафедрой ТФ ФТИ ТПУ, председатель секции №7.

Трифонов А.Ю. – профессор, зав. кафедрой ВММФ ФТИ ТПУ, председатель секции №8.

Оглавление

Секция 1 Информационные технологии, автоматизация, системы управления

<i>ALGEBRAIC LOOP RESOLUTION ALGORITHM IN DYNAMIC SYSTEMS CALCULATION</i>	
Yury A. Chursin, Sergey S. Mikhalevich	13
<i>THE CAPACITY PUMP CONTROL BY DUAL-CHANNEL ADAPTIVE SYSTEM WITH THROTTLE AND FREQUENCY CONTROL</i>	
Aleksey G. Goryunov ^a , Konstantin A. Ivanov ^b	14
<i>PURPOSE AND OBJECTIVE OF THE COMPUTER AIDED SYSTEM OF WATER ENGINEERING</i>	
Aleksey G. Goryunov ^a , Flavio Manenti ^b , Sergey A. Baydali ^a , Kirill A. Kozin ^a	15
<i>MODERN DIGITAL CONTROL OF NUCLEAR REACTOR'S POWER</i>	
Aleksey G. Goryunov ^a , Flavio Manenti ^b , Kirill A. Kozin ^a , Francesco Rossi ^b	16
<i>ALGORITHM FOR RING ARTIFACTS CORRECTIONS FOR X-RAY COMPUTER TOMOGRAPHY</i>	
T.A. Korchuganova ^{a,b} , V.A. Kudryavtsev ^a , V. Weinhardt ^{b,c} , T. Baumbach ^b	17
<i>SIMULATION OF URANIUM CRYSTALLIZATION BY CELLULAR AUTOMATA</i>	
Anton O. Ochoa Bique ^a , Aleksey G. Goryunov ^a	18
<i>HYBRID AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF THE CASCADE OF CENTRIFUGAL EXTRACTORS</i>	
Ekaterina P. Zelenetskaya ^a , Aleksey G. Goryunov ^a	19
<i>РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ ТВЭЛОВ ВВЭР-1000 В УСЛОВИЯХ ЛОСА</i>	
А.В. Алексеев, В.Н. Шулимов, И.А. Киселева, А.В. Горячев, Л.В. Киреева, И.Н. Волкова	20
<i>ОБУЧЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ В ЛАБОРАТОРИИ «КОНСТРУИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОНИКИ И АВТОМАТИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ»</i>	
Т.Х. Бадретдинов	21
<i>ПОДГОТОВКА В БГУИР СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОНИКИ И АВТОМАТИКИ ДЛЯ БЕЛОРУССКОЙ АЭС</i>	
М.П. Батура, С.В. Дробот	22
<i>ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОКОНТУРНЫХ САУ С РАЗЛИЧНЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ МОДЕЛЯМИ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ</i>	
В.Г. Васильев, В.Ф. Дядик	23
<i>МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА КРИСТАЛЛИЗАЦИОННОГО АФФИНАЖА ЦЕЛЕВЫХ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ОБЛУЧЕННОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА (ОЯТ) В ЛИНЕЙНОМ КРИСТАЛЛИЗАТОРЕ</i>	
С.Н.Веселов, В.И. Волк, В.А.Кашеев, Т.В.Подымова, Е.А.Посеницкий	24
<i>РАЗРАБОТКА ТЕПЛОВОЙ МОДЕЛИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЁРА</i>	
Е.М. Гладырь, А.А. Денисевич	25
<i>МЕТОДЫ РАСЧЕТА РЕГУЛЯТОРОВ ДВУХКОНТУРНЫХ САУ</i>	
И.С. Гладышев ¹ , С.А. Байдали ²	26
<i>РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННЫХ ТЕСТОВ НА ЗНАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ФТОРА</i>	
В.В. Глушенков, Н.В. Ливенцова, О.В. Егорова	27
<i>ПРИНЦИПЫ ОПТИМАЛЬНОСТИ ЯЗЫКА ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ</i>	
² О.Б. Громов, ¹ Н.Н. Бахтадзе, ² С.О. Травин, ³ П.И. Михеев, ² А.А. Быков	28
<i>РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ, ОПИСЫВАЮЩЕЙ КИНЕТИКУ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ ПЕРВОГО ПОРЯДКА</i>	
А.С. Губкин	29
<i>РАЗРАБОТКА АСУТП ПОЛУЧЕНИЯ КАЛЬЦИТОАНГИДРИТА</i>	
А.А. Денисевич, С.Н. Ливенцов, Ю.М. Федорчук	30
<i>ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В ЗАМКНУТОМ КОНТУРЕ УПРАВЛЕНИЯ</i>	
В.Ф. Дядик, Н.С. Криницын, В.А. Руднев	31
<i>РАЗРАБОТКА ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ДЛЯ ЕМКОСТНОЙ НАГРУЗКИ</i>	
М.А. Коломин	32
<i>МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РЕАКТОРА УЛАВЛИВАНИЯ ФТОР-СОДЕРЖАЩИХ ПРОДУКТОВ</i>	
Н.С. Криницын, В.Ф. Дядик, А.В. Николаев	33
<i>РАЗРАБОТКА ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ДЛЯ ВАКУУМНЫХ ИНДУКЦИОННЫХ ПЕЧЕЙ</i>	
В.А. Курочкин, А.Г. Горюнов	34
<i>РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ ПУБЛИКАЦИЙ СОТРУДНИКОВ ЛАБОРАТОРИИ 324 КАФЕДРЫ ЭАФУ</i>	
К.В. Ларина, Е.М. Гладырь, Е.П. Шутова, О.В. Егорова	35
<i>МЕТОДИКА ВАЛИДАЦИИ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОГО ТРЕНАЖЕРА</i>	
Н.В. Ливенцова, О.В. Егорова	36

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОГО ТРЕНАЖЕРА

В.А. Малиновская, В.С. Нефедов, О.В. Егорова	37
<i>ПРОГРАММНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ЗАГРУЗКИ, ВИЗУАЛИЗАЦИИ И ПОДГОТОВКИ СЦЕНАРИЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ТОКАМАКОВ В ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ МАТЛАВ</i>	
А. А. Мезенцев, В. М. Павлов	38
<i>СОГЛАСОВАНИЕ ВЕЛИЧИН ЗАГРУЗОК И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ АППАРАТОВ ПГФУ</i>	
И. С. Надеждин, Н.С. Криницын	39
<i>СИСТЕМА ХРАНЕНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ САМООРГАНИЗУЮЩЕЙСЯ GRID-СЕТИ</i>	
А.В. Обходский, К.А. Мамаев, А.М. Захаров	40
<i>ВЫБОР SCADA-СИСТЕМЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ АСУ ТП</i>	
И.Г. Пищальников, Н.Н. Самчук, Д.С. Шелопугин, А.С. Забанов	41
<i>МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ ТОКАМАКА КТМ</i>	
П.П. Покровский, В. А. Кудрявцев	42
<i>ВЫПАРНОЙ АППАРАТ</i>	
А.А. Полосин, А.Д. Исаков, П.П. Локтюшин	43
<i>ОЦЕНИВАНИЕ И РАСПОЗНАВАНИЕ СОСТОЯНИЙ СТОХАСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ</i>	
О.В. Рожкова	44
<i>МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЙ И РАСХОДОВ ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ЛИНИЯМ ПРОИЗВОДСТВА ФТОРА</i>	
О.П. Савитский, В.Ф. Дядик	45
<i>РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ НАСТРОЙКИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ</i>	
П.В. Сиделёв, Ю.А. Чурсин, С.С. Михалевич, С.А. Байдали	46
<i>РАЗРАБОТКА ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ДЛЯ ИНДУКТИВНОЙ НАГРУЗКИ</i>	
К. В. Сониц	47
<i>ИТОГИ 70 ЛЕТ РАЗВИТИЯ - ОТ КИБЕРНЕТИКИ ДО «ОБЩЕЙ ТЕОРИИ СИСТЕМ» И АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ПАРАДИГМЫ ФИЗИКИ ДО СИСТЕМО-ИНФО-ФИЗИЧЕСКОЙ</i>	
М. Е. Тотьменинов	48
<i>КОНСТРУИРОВАНИЕ СТРУКТУРИРОВАННЫХ ФИНАНСОВЫХ ПРОДУКТОВ С УЧЕТОМ РИСКОВОГО ПРОФИЛЯ ИНВЕСТОРА</i>	
М.Э. Фатьянова, М.Е. Семенов	51
<i>АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВЫПАРНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ В ТЕХНОЛОГИЯХ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАННОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА</i>	
И.Ю. Шевяков ¹ , К.А. Козин ¹ , А.Г. Горюнов ¹ , Ф.Э. Гофман ² , Б.Я. Зильберман ³ , Д.В. Рябков ³	52
<i>РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ГРАДУИРОВКИ РАСХОДОМЕРОВ И ИССЛЕДОВАНИЯ САУ РАСХОДОМ ВОЗДУХА</i>	
В.Ю. Эверт, А.А. Денисевич	53

Секция 2 Ядерные реакторы и топливные циклы

<i>RADIATION CHARACTERISTICS OF NEW GENERATION NUCLEAR MATERIAL</i>	
S.V. Bedenko, I.M. Gubaidulin, A.A. Trifonov, M.V. Yakovlev	55
<i>CONSTRUCTION OF OPTICAL DIAGNOSTICS IN THE ITER</i>	
R.S. Fediuk	56
<i>К ВОПРОСУ О ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН</i>	
С.А. Андропенков, С.В. Кречетов, Н.Н. Беловолов	57
<i>ОТРАВЛЕНИЕ БЕРИЛЛИЕВЫХ КОМПОНЕНТОВ РЕАКТОРА ИРТ-Т</i>	
М.Н. Аникин, А.Г. Наймушин, Ю.Б. Чертков	58
<i>СХЕМЫ РАЗМЕЩЕНИЯ И КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ ПО ОБРАЩЕНИЮ С ОТРАБОТАВШИМ ТОПЛИВОМ В СИСТЕМАХ ХРАНЕНИЯ</i>	
С.В. Беденко, И.В. Шаманин, М.Н. Плевако, А.Ю. Бородай, Н.В. Колбышев, В.В. Неясов	59
<i>ВЕРИФИКАЦИЯ И АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКОГО МОДУЛЯ ПРОГРАММНОГО КОДА СОКРАТ-БН НА ЭКСПЕРИМЕНТАХ В ОДНОТРУБНОЙ И МНОГОСТЕРЖНЕВОЙ ГЕОМЕТРИИ</i>	
Ю.Ю. Виноградова, Н.И. Рыжов	60
<i>СОСТОЯНИЕ ОТРАБОТАВШИХ ТВЭЛОВ ВВЭР-1000 С ПОВЫШЕННОЙ ЗАГРУЗКОЙ УРАНА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПОСЛЕРЕАКТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ</i>	
Е.А. Звир, В.А. Жителев, В.С. Поленок, А.В. Строжук, Г.В. Шевляков, Г.П. Кобылянский, И.Н. Волкова	61

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЕСПОЛОСТНОГО ЗАПОЛНЕНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ БАРЬЕРОВ БЕЗОПАСНОСТИ В ПРОЦЕССЕ ВЫВОДА ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО УРАН-ГРАФИТОВОГО РЕАКТОРА

А.М. Изместьев, А.О. Павлюк, С.Г. Котляревский	62
<i>ОПРЕДЕЛЕНИЕ СПЕКТРА НЕЙТРОНОВ И ДЕЙСТВУЮЩЕГО ЗНАЧЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ПОТОКА ПОВРЕЖДАЮЩИХ НЕЙТРОНОВ В РЕАКТОРЕ РБМК-1000 С УЧЕТОМ ВЫГОРАНИЯ ТОПЛИВА</i>	
А.М. Мочалов, И.Н. Кривцов	63
<i>РАСЧЕТ РЕСУРСА СТЕРЖНЕЙ СУЗ РЕАКТОРА ИРТ-Т</i>	
И.И. Лебедев, А.Г. Наймушин, Ю.Б. Чертков	64
<i>КОМПЕНСАЦИЯ ИЗБЫТОЧНОЙ РЕАКТИВНОСТИ ОКСИДОМ ГАДОЛИНИЯ</i>	
С.А. Монгуш, А.Г. Наймушин, Ю.Б. Чертков, М. Н. Аникин	65
<i>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО КОЭФФИЦИЕНТА РАЗМНОЖЕНИЯ НЕЙТРОНОВ ПРИ ФИЗИЧЕСКОМ ПУСКЕ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА БН-800</i>	
Я.М. Спиридонов, М.С. Авдохин	66
<i>ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПОДНЯТИЯ МОЩНОСТИ РЕАКТОРА ИРТ-Т</i>	
П. В. Таракаенко	67
<i>СОЗДАНИЕ МНОГОБАРЬЕРНОЙ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫВОДЕ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПУГР АД ФГУП «ГХК»</i>	
Д.О. Чубреев, М.В. Антоненко	68
<i>ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ РЕАКТОРНОГО ГРАФИТА ПУГР АД ПРИ ВЫВОДЕ ЕГО ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ</i>	
Д.О. Чубреев, М.В. Антоненко	69
<i>ВЛИЯНИЕ КОМПОНОВКИ АКТИВНОЙ ЗОНЫ НА ДЛИТЕЛЬНОСТЬ МИКРОКАМПАНИИ В ПРОЕКТЕ РЕАКТОРА БН-1200</i>	
А.В. Чуйкина, И.И. Лебедев	70
<i>МЕТОДОЛОГИЯ ОБРАЩЕНИЯ С ОБЛУЧЕННЫМ ПЕРСПЕКТИВНЫМ КЕРАМИЧЕСКИМ ЯДЕРНЫМ ТОПЛИВОМ ТЕПЛОВЫХ РЕАКТОРОВ</i>	
И.В. Шаманин, С.В. Беденко, М.Н. Плевако, С.В. Грицюк, К.А. Савасичев, А.Е. Сафронов	71
<i>ПРЕИМУЩЕСТВА ТОРИЕВОГО ТОПЛИВА В РЕАКТОРАХ НА ТЕПЛОВЫХ НЕЙТРОНАХ</i>	
И.В. Шаманин, С.В. Беденко, И.М. Губайдулин, М.Н. Плевака, В.В. Кышев, М.В. Яковлев	72
<i>НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕАКТОРА БРЕСТ-ОД-300 С ПОМОЩЬЮ WIMS-D5</i>	
А.И. Шафоростов, М.Л. Зарецкий	73

Секция 3 Информационные технологии, автоматизация, системы управления

НЕЙТРОННЫЙ АБСОРБЦИОННЫЙ МЕТОД ЭКСПРЕССНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА СВЯЗУЮЩЕГО В ПРЕССПОРОШКЕ ДВУОКСИ УРАНА ПЕРЕД ПРЕССОВАНИЕМ ТАБЛЕТОК ДЛЯ ТВЭЛ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

Ю.А. Волченко	75
<i>АНАЛИЗ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ДОЗИМЕТРА ДРГЗ-04 ЗА ПРЕДЕЛАМИ РАБОЧИХ РЕЖИМОВ НА ИМПУЛЬСНОМ ПУЧКЕ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ</i>	
Г.К. Жаксыбаева, И.А. Милойчикова, С.Г. Стучебров	76
<i>КОГЕРЕНТНОЕ РЕНТГЕНОВСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ ИЗ МОНОКРИСТАЛЛА ВОЛЬФРАМА</i>	
В.Н. Забаев, Ю.Н. Адищев, В.В. Каплин, С.И. Кузнецов, С.Р. Углов, В.В. Иванов	77
<i>ВЛИЯНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ ИОНАМИ НА СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЕ СОСТОЯНИЯ ПОКРЫТИЯ TIGRN НА ПОВЕРХНОСТИ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ</i>	
С.Б. Кислицин ¹ , А.И. Потекаев ² , В.В. Углов ³ , И.Д. Горлачев ¹ , В.Д. Клопотов ⁴ , А.А. Клопотов ^{2,5}	78
<i>УПРАВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРАМИ ЖЕСТКОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ВНЕШНЕМ ТЕМПЕРАТУРНОМ ГРАДИЕНТЕ</i>	
В.Р. Кочарян ^{1,2} , А.Г. Мкртчян ¹ , А.С. Гоголев ² , С.Г. Хлопузян ¹ , П.А. Григорян ¹	79
<i>РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА КАЛИБРОВКИ ТОМОГРАФИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ПО ИНДЕКСАМ ХАУНСФИЛДА</i>	
А. А. Красных, А.В. Батрагин, С.Г. Стучебров	80
<i>ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ РАЗБРОСА РАДИАЦИОННОЙ РЕАКЦИИ БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ ПРИ НЕЙТРОННОМ ОБЛУЧЕНИИ</i>	
Т.В. Купырина, В.П. Шукайло, В.П. Пудов, О.В. Ткачѳв, С.М. Дубровских, А.Г. Березовский	81
<i>ВИХРЕТОКОВЫЙ КОНТРОЛЬ МЕТАЛЛОВ В УСЛОВИЯХ ОДНОВРЕМЕННОГО РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ И НАВОДОРОЖИВАНИЯ</i>	
В.В. Ларионов, А.М. Лидер, Ю.С. Бордулев	82

РАСЧЕТ ЭВОЛЮЦИИ ПОТОКА ИОНОВ $^4\text{He}^+$ В ЖЕЛЕЗО-ИТТРЕВОМ ГРАНАТЕ В РЕЖИМЕ КАНАЛИРОВАНИЯ

В.М. Малютин	83
<i>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЗОВЫХ НАГРУЗОК ОТ ИМПУЛЬСНОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ГЕНЕРАТОРА РАП-160-5 В НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ДИАПАЗОНЕ</i>	
И.А. Милойчикова, Г.К. Жаксыбаева, С.Г. Стучебров	84
<i>НАКОПИТЕЛЬ ТЕПЛОВЫХ НЕЙТРОНОВ</i>	
А.Р. Мкртчян ^{1,2} , А.Г. Мкртчян ¹ , В.Р. Кочарян ^{1,2} , В.П. Кривобоков ² , А.Р. Вагнер ² , С.Б. Дабагов ³	85
<i>ОПЕРАТИВНЫЙ И ИНФОРМАТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ ПРОИЗВОДСТВА УРАНА И ЗОЛОТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ</i>	
А.М. Музафаров, Г.С. Саттаров, А.А. Кист	86
<i>ГЕНЕРАЦИЯ ПРОДОЛЬНО-ПОЛЯРИЗОВАННОГО ПУЧКА ПОЗИТРОНОВ В ГИБРИДНЫХ МИШЕНЯХ</i>	
Д.А. Нейман, А.П. Потылицын	87
<i>ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРЕХОДНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ОПТИЧЕСКОМ ДИАПАЗОНЕ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПАРАМЕТРОВ ПУЧКА ЭЛЕКТРОНОВ ЭНЕРГИЕЙ ДО 10 МэВ.</i>	
А.И. Новокшенов, А.П. Потылицын	88
<i>ПОРТАТИВНЫЙ ГАММА-СПЕКТРОМЕТР</i>	
А.В. Огребо, А.С. Егоя, А.В. Вуколов, А.С. Гоголев	89
<i>ПОЛУЧЕНИЕ СИНОГРАММ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ТОМОГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ</i>	
М.А. Синягина, С.Г. Стучебров	90
<i>ИССЛЕДОВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ МЕТОДОМ ОБЪЕМНОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ ТОМОГРАФИИ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ</i>	
А. А. Степаненко, А.В. Батрагин, С.Г. Стучебров	91
<i>ДВУХФОТОННАЯ РЕНТГЕНОВСКАЯ АБСОРБЦИОМЕТРИЯ</i>	
Ю.М. Черепенников, А.С. Гоголев, А.В. Вуколов, Р.О. Резаев, С.Г. Стучебров	92

Секция 4 Радиационная безопасность и нераспространение ядерных материалов

RADIATION MONITORING SYSTEM

Д.А. Tatarnikov, A.V. Godovykh	94
<i>ФОРМИРОВАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ЯДЕРНОГО ОБЪЕКТА</i>	
А.В. Буковецкий, Б.П. Степанов	95
<i>ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ</i>	
Е.А. Власенко	96
<i>НАИБОЛЕЕ ОПАСНЫЕ ЭТАПЫ ЯТЦ, РИСКИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ</i>	
О.И. Катаева	97
<i>СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРОВЕДЕНИЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ</i>	
А.В. Никиенко	98
<i>КУЛЬТУРА ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ</i>	
М.В. Перминова	99
<i>ИЗРАИЛЬ: «ЯДЕРНОЕ ОРУЖИЕ В ПОДВАЛЕ»</i>	
Н.А. Серикова	100
<i>ВЛИЯНИЕ НОВЫХ СТРАН, ВХОДЯЩИХ В ТАМОЖЕННЫЙ СОЮЗ ЕврАзЭС НА СИСТЕМУ ЭКСПОРТНОГО КОНТРОЛЯ РОССИИ</i>	
Е.В. Толстикова	101

Секция 5 Физико-химические технологии

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗОТОПНЫХ ЭФФЕКТОВ В СВОЙСТВАХ ПЕРХЛОРАТА ЛИТИЯ

Д.В. Акимов, Н.Б. Егоров, И.И. Жерин, Т.П. Морозова, Д.Ю. Тугушева	103
<i>СЕРНОКИСЛОТНОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПРИСУТСТВИИ БИФТОРИДА АММОНИЯ</i>	
Д.В. Акимов, А.Н. Дьяченко, Н.Б. Егоров, А.Д. Киселев, К.В. Обмуч	104
<i>СОКРАЩЕНИЕ ОБЪЕМОВ СРЕДНЕ- И НИЗКОАКТИВНЫХ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ НА ФГУП «ГХК»</i>	
Г.А. Апальков, И.Г. Ефремов, С.И. Смирнов, А.Ю. Жабин	105
<i>ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВСКРЫТИЯ БЕРИЛЛИЙСОДЕРЖАЩИХ ФЛОТОКОНЦЕНТРАТОВ В ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ</i>	
Б. Ж. Аринов, В. В. Савчук, С. Г. Цораева, А. Б. Аринов	106

ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ ПУЗЫРЬКОВЫХ ГАЗОЖИДКОСТНЫХ СРЕД ПОВЫШЕННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ

Б.В. Бошнятов	107
<i>О РЕАКЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ NH₃ И UF₆</i>	
О.Б. Громов, А.А. Быков	108
<i>МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕСУБЛИМАЦИИ ФТОРИСТОГО ВОДОРОДА ИЗ ГАЗОВОЙ СМЕСИ НА СТЕНКИ ЕМКОСТИ-ОСАДИТЕЛЯ</i>	
М. И. Дурновцев, А. Ю. Крайнов, И. М. Васенин, С. М. Губанов, М. В. Чуканов	109
<i>ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОХЛАЖДЕНИЯ ЕМКОСТЕЙ ДЛЯ ДЕСУБЛИМАЦИИ ПАРОВ ФТОРИСТОГО ВОДОРОДА</i>	
М. И. Дурновцев, А. Ю. Крайнов, С. М. Губанов	110
<i>РАЗВИТИЕ МЕТОДА ЭКСТРАКЦИОННО-ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОЯТ</i>	
А.С. Дьяченко, И.Г. Ефремов, С.И. Смирнов	111
<i>ПРИМЕНЕНИЕ ЩЕЛОЧНОЙ ПЕРКОЛЯЦИИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ОЯТ ВВЭР-1000 К РАСТВОРЕНИЮ</i>	
А.С. Дьяченко, И.Г. Ефремов, С.И. Смирнов	112
<i>ФТОРОАММОНИЙНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КОНВЕРСИИ ОГФУ</i>	
А.Н. Дьяченко, Р.И. Крайденко	113
<i>МОДИФИЦИРОВАНИЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ НИОБИЯ ИТТРИЕМ</i>	
Д.В. Попов, Г.А. Гайнцев	114
<i>ГЛУБОКОЕ ОБЕЗЖИРИВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ ТОЧНОЙ МЕХАНИКИ ЖИДКИМ ДИОКСИДОМ УГЛЕРОДА</i>	
А.Ю. Рагулин, С.В.Подойницын	115
<i>БИОИНДИКАЦИЯ ОБЛАСТИ ВЫПАДЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ ТОЧЕЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ</i>	
Н.К. Рьяжак ¹ , А.Л. Борисенко ² , Е.А. Покровская ¹ , Д.В. Кабанов ¹ , В.О. Бабичева ¹	116
<i>ФТОРИДНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОКСИДОВ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ</i>	
А.И. Соловьёв, А.Я. Сваровский, А.Л. Калашников, В.М. Малютин, А.С. Ситников, О.Л. Васильева	117
<i>СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ В ОРГАНИЗАЦИЯХ</i>	
Н.А. Чулков	118
<i>ПЛОТНОСТЬ ИСХОДНОЙ ШИХТЫ ПРИ ИММОБИЛИЗАЦИИ РАО</i>	
С.С. Чурсин, Д.С. Исаченко, М.С. Кузнецов, А.О. Семенов	119

Секция 6 Ядерная медицина

УСТРОЙСТВА ДЛЯ НЕЙТРОН-ЗАХВАТНОЙ ТЕРАПИИ ОПУХОЛЕЙ НА ЯДЕРНОМ РЕАКТОРЕ ИРТ МИФИ

П.В. Ижевский ¹ , И.Н.Шейно ¹ , В.Ф.Хохлов ¹ , В.К.Сахаров ² , А.А.Портнов ²	121
<i>ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВОГО АУСКУЛЬТОМЕТРА В ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ</i>	
Р.К. Кусаинов, Н.Д. Тургунова, А.Н. Алейник	122
<i>ПРИМЕНЕНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ОКСИМЕТРА В ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ</i>	
Н.И. Мартемянова, Н.Д. Тургунова, А.Н. Алейник	123
<i>ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОПОРАЦИИ КАК АЛЬТЕРНАТИВА ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ</i>	
Н.Д. Тургунова ¹ , М.Р. Мухамедов ² , А.Н. Алейник ¹ , Бабаев Р.Г ¹ , Н.И. Карпович ¹	124

Секция 7 Производство и разделение изотопов, плазменные и ионообменные технологии

APPLIANCE OF REVERSE OSMOSIS FOR PHARMACOLOGY WATER TREATMENT

А.С. Drogalev, А.Р. Vergun, V.S. Balashkov	126
<i>IONS SEPARATION UNDER EXTERNAL PERIODIC ELECTRIC FIELD ACTION ON SALTS SOLUTIONS IN POLAR DIELECTRIC LIQUIDS</i>	
Igor V.Shamanin ^{a,1*} , Mishik A.Kazaryan ^{b,2} , Ivan V.Lomov ^{a,3} , Dmitry F.Sid'ko ^{a,4}	127
<i>НЕСТАЦИОНАРНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ГИБКИХ СИСТЕМАХ ИЗОТОПНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ</i>	
В.С. Балашков, А.П. Вергун, А.С. Дрогалев	128
<i>ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ ИЗОТОПОВ ТИТАНА В МАГНИТНОМ ПОЛЕ</i>	
Е.В. Беспала ¹ , М. Тихий ² , П. Кудрна ² , Р. Перекрёстов ²	129
<i>ОСНОВЫ СПИНОВОЙ СЕПАРАЦИИ ИЗОТОПОВ УГЛЕРОДА В МАГНИТНОМ ПОЛЕ</i>	
Д.А. Ижойкин, В.Ф. Мышкин, И.А. Ушаков	130
<i>МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РЕАКТОРА ДЛЯ ПЛАЗМЕННОЙ УТИЛИЗАЦИИ ГОРЮЧИХ ВОДНО-ОРГАНИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ОЯТ</i>	
А.А. Каренгин, А.Г. Каренгин	131
<i>ПЛАЗМЕННАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ НА ОСНОВЕ СОВОЛОВ</i>	
А.С. Касейнова, А.Г. Каренгин	132

НЕЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ АРГОНОВОЙ ПЛАЗМЫ ФАКЕЛЬНОГО РАЗРЯДА

Ю.Ю. Луценко, И.А. Мискун, Е.П. Зеленецкая	133
<i>ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАЗМЫ ФАКЕЛЬНОГО РАЗРЯДА, ГОРЯЩЕГО В ВОЗДУШНО-АРГОНОВОЙ СМЕСИ</i>	
Ю.Ю. Луценко, И.А. Мискун	134
<i>ПРОЦЕСС ИЗОТОПНОГО ОБМЕНА ВО ВНЕШНЕМ ПОСТОЯННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ</i>	
В. С. Нейман, В.Ф. Мышкин, В.А. Хан, И.С. Семченко	135
<i>ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОДИАЛИЗА В ПОСТОЯННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ</i>	
С.В. Перминов, В.Ф. Мышкин, И.А. Ушаков, Е.А. Баранов	136
<i>ПЛАЗМЕННАЯ УТИЛИЗАЦИЯ СУЛЬФАТНОГО ЛИГНИНА В ВИДЕ ГОРЮЧИХ ВОДНО-ОРГАНИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИЙ</i>	
К.Г. Пиунова, А.Г. Каренгин	137
<i>МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ОЯТ В ВОЗДУШНОЙ ПЛАЗМЕ</i>	
О.Д. Подгорная, А.Г. Каренгин, А.А. Каренгин	138
<i>КОМПЛЕКС РАБОТ ПО КОНТРОЛЮ ХИМИЧЕСКОГО И ИЗОТОПНОГО СОСТАВОВ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО БОРА, ОБОГАЩЕННОГО ИЗОТОПОМ БОР-10</i>	
Е.Е. Поповцев, А.И. Скориков, В.Г. Басков	139
<i>РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗОТОПНООБОГАЩЕННЫХ ПРИМЕСЕЙ В ИЗОТОПНООБОГАЩЕННЫХ ПРЕПАРАТАХ, ПОЛУЧЕННЫХ НА УСТАНОВКЕ СУ-20</i>	
Е.Е. Поповцев, А.И. Скориков, В.Г. Басков, А.В. Кидямкин, У.М. Марочкина	140
<i>ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА СЕЛЕКТИВНОСТЬ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИОНОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ</i>	
К.М. Рамазанова, В.Ф. Мышкин	141
<i>ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМЕННО-ПУЧКОВОГО РАЗРЯДА НА ИМИТАЦИОННОМ СТЕНДЕ С ПОМОЩЬЮ ОДИНОЧНОГО ЗОНДА ЛЕНГМЮРА</i>	
Р.Р. Ролланулы	142
<i>МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАЗМЕННОЙ УТИЛИЗАЦИИ И ИММОБИЛИЗАЦИИ ИЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БАССЕЙНОВ-ХРАНИЛИЩ ЖРО</i>	
Н.В. Тундешев, А.Г. Каренгин, И.Ю. Новоселов	143
<i>МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УТИЛИЗАЦИИ ГОРЮЧИХ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЗАМКНУТОГО ЯТЦ В ВОЗДУШНОЙ ПЛАЗМЕ ВЧФ-РАЗРЯДА</i>	
Н.В. Тундешев, А.Г. Каренгин, И.Ю. Новоселов	144
<i>ПЛАЗМЕННАЯ ПЕРЕРАБОТКА УГОЛЬНЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ</i>	
Б.К. Тургали	145

Секция 8 Фундаментальные вопросы атомной науки и техники

DIVERGENT SERIES SUMMATION TECHNIQUE APPLIED TO MOLECULAR VIBRATIONAL ENERGY LEVELS CALCULATION

A.N. Duchko	147
<i>SPACE FRACTIONAL FISHER-KOLMOGOROV-PETROVSKII-PISKUNOV EQUATION WITH ANOMALOUS DIFFUSION</i>	
А.А. Prozorov	148
<i>ЕВРОПЕЙСКИЙ ОПЦИОН ПРОДАЖИ ЛУКВЭК С ПЛАВАЮЩИМ СТРАЙКОМ</i>	
У.В. Андреева, Н.С. Дёмин, С.В. Рожкова	149
<i>О ВАРИАЦИОННЫХ МЕТОДАХ ДЛЯ КЛАССОВ ФУНКЦИЙ, ПРЕДСТАВИМЫХ ИНТЕГРАЛАМИ СТИЛТЬЕСА</i>	
Л.М. Бер	150
<i>МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗРУШЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ</i>	
Ю.И. Галанов	151
<i>ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЯДЕР ЭЛЕМЕНТОВ ВЕЩЕСТВА</i>	
А.В. Градобоев	152
<i>БАРЬЕРНЫЙ ОПЦИОН ПРОДАЖИ НА АКЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ</i>	
Е.Ю. Данилюк, С.В. Рожкова	153
<i>РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОДА НА ЯЗЫКЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ WOLFRAM ДЛЯ РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛЯРИЗАЦИОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ</i>	
Е.В. Корноухова, Д.А. Шкитов	154
<i>МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛАСТИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ ГЦК МЕТАЛЛОВ В ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ</i>	
С.А. Лапин, М.Е. Семёнов	155

<i>КВАДРАТУРНЫЕ ФОРМУЛЫ С ВНЕШНИМИ УЗЛАМИ</i>	
И. В. Корытов	156
<i>ЭТИКА, БЕЗОПАСНОСТЬ И ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРОВ-АТОМЩИКОВ</i>	
А.Д. Московченко	157
<i>ФИЛЬТРАЦИЯ В ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ С ПАМЯТЬЮ ПРИ НАЛИЧИИ АНОМАЛЬНЫХ ПОМЕХ</i>	
С.В. Рожкова, О.В. Рожкова	158
<i>НАРАБОТКА РАДИОАКТИВНЫХ НУКЛИДОВ В АКТИВНОЙ ЗОНЕ РЕАКТОРА БН-350</i>	
Н.С. Скориков, И.И. Васильев, Г.П. Пугачёв, В.С. Школьник	159

Секция 1

Информационные
технологии,
автоматизация, системы
управления

ALGEBRAIC LOOP RESOLUTION ALGORITHM IN DYNAMIC SYSTEMS CALCULATION

Yury A. Chursin, Sergey S. Mikhalevich

Tomsk, Russia, Tomsk Polytechnic University, Institute of Physics and Technology, Department of Electronics and Automation of Nuclear Plants,
e-mail: _Ju_@mail.ru

Basically, in dynamic systems algebraic loops occur when an input port with direct feedthrough is driven by the output of the same block, either directly, or by a feedback path through other blocks which have direct feedthrough.

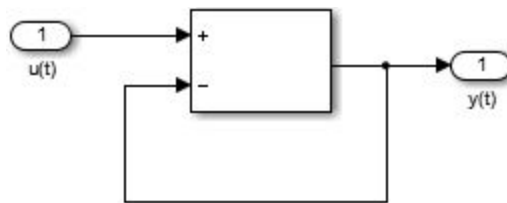


Fig. 1 The simplest algebraic loop.

Mathematically, this loop implies that the output of the Sum block is an algebraic state z constrained to equal the first input u minus z (i.e. $z = u - z$). The solution of this simple loop is $z = u/2$, but most algebraic loops cannot be solved by inspection [1, 2].

When a model contains an algebraic loop, it is necessary to call a loop solving routine at each time step. The loop solver performs iterations to determine the solution to the problem (if it can). As a result, models with algebraic loops run slower than models without them [3].

The main goal of this paper was to develop an algorithm in a dynamic system releasing algebraic loop. The algorithm analyzes the blocks that make up a dynamic system and highlights the algebraic loop. In this addition to finding algebraic loops, the algorithm allows us to find the procedure for calculating the blocks to obtain adequate results. The paper presents a block diagram of the algorithm description. The algorithm is verified by the example of a dynamic system comprising a plurality of algebraic loops.

REFERENCES

1. Using Simulink. URL: http://www.itu.dk/stud/speciale/segmentering/Matlab6p5/help/toolbox/simulink/ug/how_simulink_works15.html (visit date: 28.08.2014).
2. Simulink User's Guide. URL: http://www.mathworks.com/help/pdf_doc/simulink/sl_using.pdf (visit date: 28.08.2014).
3. Mathworks. URL: <http://www.mathworks.com/help/simulink/ug/simulating-dynamic-systems.html> (visit date: 28.08.2014).

THE CAPACITY PUMP CONTROL BY DUAL-CHANNEL ADAPTIVE SYSTEM WITH THROTTLE AND FREQUENCY CONTROL

Aleksey G. Goryunov^a, Konstantin A. Ivanov^b

^aTomsk, Russia, Tomsk Polytechnic University, Institute of Physics and Technology,
Department of Electronics and Automation of Nuclear Plants,

^bSeversk, Chemical Combine, Radiochemical plant

e-mail: alex1479@tpu.ru

For decrease fluctuations of the liquid flow of various frequency, low-frequency and high-frequency, outlet buffer storage control system is proposed frequency submersible centrifugal pump with adaptive control of liquid level in the buffer tank. Because of the strict requirements for the operation of the pump pulse is applied throttle control. Having two control channels at the frequency of rotation of the motor pump and throttle position, but also adapt the settings to use PID level and adapt pulse durations control throttle actuator provides the damping fluid at the desired flow restrictions on the fluid level in the buffer tank [1, 2]. The results of mathematical modeling of the proposed system. The developed system of automatic control provides a significant reduction in the rate of rotation of the pump within acceptable limits and the number of inclusions throttle actuator without compensation of shaft run-out, which gives an indication of the possibility of a significant extension of the life of process equipment in the implementation of the proposed system.

REFERENCES

1. Goryunov A.G., Ivanov K.A., Shentsov E.Yu., Biyanov A.V. The system flow stabilization of the organic phase extraction columns cascade using frequency control of submersible centrifugal pumps. Proceedings of the higher education institutions. Physics. 2010, no. 11/2, pp. 206–210. [In Russia]
2. Goryunov A.G., Ivanov K.A. The system flow stabilization of the organic phase of the cascade of columns with frequency controlled pumps. Devices and systems. Management, monitoring, diagnostics. 2011, no. 6, pp. 47–52. [In Russia]

PURPOSE AND OBJECTIVE OF THE COMPUTER AIDED SYSTEM OF WATER ENGINEERING

Aleksey G. Goryunov^a, Flavio Manenti^b, Sergey A. Baydali^a, Kirill A. Kozin^a

^aTomsk, Russia, Tomsk Polytechnic University, Institute of Physics and Technology,
Department of Electronics and Automation of Nuclear Plants,

^bMilano, Italy, Department di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica „Giulio Natta“
e-mail: alex1479@tpu.ru

Water's situation in Russia and all over the world each year escalates. Indeed, an important federal issue is to assure the access of any country population to drinking quality water. The water engineering knowledge of high-tech industries is also a problem on a national scale for environmental safety and resource efficiency.

Some research topics, under analysis also in foreign countries, applicable to water and sanitation [1, 2] are: environmental conditions assessment and improvement, study of water treatments for all kinds of water sources, evaluation of human caused environmental pollution and toxicology (for drinking water). The results of these studies are regularly published in high impact factor journals (Water Research); this confirms their high relevance.

The state of the art in the field of water engineering, including water treatments, has several outstanding issues:

lack of automated water quality check systems; lack of potential mathematical models for water treatment technologies to be used in optimization tasks; lack of ill-conceived methodologies for an effective technology selection for each potential water-supply source; lack of ill-conceived model predictive control methodologies for processes with complex dynamics (multi-stage processes possessing nonlinear control channels).

The current work is focused on the problem area named "Computer Aided Water Systems Engineering". The planned tasks to be investigated are: advanced researches on in-plant, recycling, efficient and environmentally-friendly water treatment technologies, in the area of water quality control; the development of a model predictive control method for processes with complex dynamics; the scouting and comparison of existing water-energy nexus technologies by means of detailed process-energy system simulations; the development of optimization methods for the definition of the optimal layout in complex multi-stage processes.

REFERENCES

1. Kofman V.Y. Scientific research in the area of drinking water treatment // Water supply and sanitary technique. 2014. № 1, P. 75-79 (in Russian).
2. Fu H.-Z., Wang M.-H., Ho Y.-S. Mapping of drinking water research: A bibliometric analysis of research output during 1992-2011 // Science of the Total Environment, 2013, no. 443, P. 757-765

MODERN DIGITAL CONTROL OF NUCLEAR REACTOR'S POWER

Aleksey G. Goryunov^a, Flavio Manenti^b, Kirill A. Kozin^a, Francesco Rossi^b

^aTomsk, Russia, Tomsk Polytechnic University, Institute of Physics and Technology,
Department of Electronics and Automation of Nuclear Plants,

^bMilano, Italy, Department di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica „Giulio Natta“
e-mail: alex1479@tpu.ru

Nuclear reactors are high responsibility technology (HRT), i.e. high performance technology with respect to the safety level. On the other hand, they are also complex dynamic systems. The complex dynamic systems are systems having non-linear static characteristics and are described by differential equations with time-varying parameters.

One of the main control channels in the reactor is the power control channel. The power output of the nuclear reactor is adjusted by varying the neutron flux in the reactor core. This is ensured by controlling the position of the control rods made of a neutron poison.

The control system of the neutron flux refers to a complex dynamic system. It consists of elements with non-linear characteristics: a floating actuator and a regulatory device. Thus, the group of reactivity control rods for controlling reactivity in a reactor core and the reactor itself are the complex dynamic system. Nowadays control systems for the position of the control rods are based on relay or pulse relay controllers.

The neutron flux control system should have a minimum overshoot with the smallest settling time. Using typical controllers, this is difficult. Improving the control systems performance in order to increase safety is relevant. It requires considering the use of modern control theory, such as the model predictive control (MPC) methodology [1]. This paper proposes a study of the transients in the control loop of the neutron flux, using both digital controllers [2] and the above described approaches, by means of a priori simulations. It is shown that, in this latter case, the number of the actuator inclusions of the control rods is smaller compared to relay or pulse relay controllers.

REFERENCES

1. Manenti F. Considerations on nonlinear model predictive control techniques, *Computers and Chemical Engineering*, 35 (11), pp. 2491-2509
2. Goryunov A.G., Liventsov S.N. The digital control for automatic control system with a constant speed actuating mechanism, *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2004, T. 307, №6, P. 131-134 (in Russia)

ALGORITHM FOR RING ARTIFACTS CORRECTIONS FOR X-RAY COMPUTER TOMOGRAPHY

T.A. Korchuganova^{a,b}, V.A. Kudryavtsev^a, V. Weinhardt^{b,c}, T. Baumbach^b

^aTomsk, Russia, Tomsk Polytechnic University, Institute of Physics and Technology,

Department of Electronics and Automation of Nuclear Plants,

^bInstitute of Photon Science and Synchrotron Radiation, KIT

^cUniversity Heidelberg, Center for Organismal Studies

e-mail: tatiana.alex.korchuganova@gmail.com

Ring are typical artifacts for reconstructed images from X-ray Computerized Tomography (CT). Occurrence of ring artifacts in some cases makes further processing and quantitative analysis of the investigated probes impossible. For the past years, a large number of algorithms for ring artifacts correction have been developed. However, none of algorithms removes artefacts absolutely.

In this work, we used a set of different algorithms for correction of ring artifacts on the reconstructed X-ray CT data sets. Chosen algorithms were compared in terms of correction quality and processing times on 2D slices of 3D volumes obtained with CT. The methods used in this work require preliminary transformation from Cartesian to polar coordinate system (or implementation on the sonograms level while 3D reconstruction of datasets), converting thus rings to stripes on images. The later one is easier to process by computer transformations, such as Fast Fourier Transform (FFT), Wavelet transform and medium filtering. In addition, we implemented the method, proposed by Zhouping Wei and Sheldon Wiebe which includes consecutive Wavelet transform and the FFT [3]. We will demonstrate the developed algorithms and their use on CT data acquired from TopoTomo beamline at the ANKA synchrotron facility in Karlsruhe, Germany.

REFERENCES

1) Raven C Numerical removal of ring artifacts in microtomography, Rev Sci Instrum, 1998.

2) J. Sijbers and A. Postnov, Reduction of ring artifacts in high resolution micro-CT reconstructions, Phys. Med. Biol. 49, N247, 2004.

3) Zh. Wei, S. Wiebe, D. Chapman "Ring artifacts removal from synchrotron CT image slices", 7th Medical applications of synchrotron radiation workshop, Shanghai Synchrotron Radiation Facility (SSRF), 2012.

SIMULATION OF URANIUM CRYSTALLIZATION BY CELLULAR AUTOMATA

Anton O. Ochoa Bique^a, Aleksey G. Goryunov^a

^a. Tomsk, Tomsk Polytechnic University
e-mail: anthonob@tpu.ru

The paper is about simulation of uranium crystallization. Particular attention is paid to the development of mathematical model of uranium crystal growth by using theory of cellular automata. This algorithm is used for describing of micro-, macro- and nanostructure of crystallization process. Growth of uranium (U) crystal in conditions of rest was researched and simulated. Crystallization is the complex process to purify solid compounds and is used widely in different spheres, but not used in commercial fuel reprocessing [2, 3]. The main reason is difficult to recover almost all required compound in spent fuel by crystallization only. It needs high level technology and compliance with all requirements of process parameters. Carrying out investigation in this field are making possible to develop and update modern technology of crystal growth[2]. Accurate mathematical model of process is a point of successful crystallization completion. A theory of cellular automata (CA) is one of the mathematical methods of simulation. This method describes complex system evaluation. A CA model converts from macroscopic appearance to microscopic process. Physics are taken into consideration in this approach. It allows setting complex boundary conditions, monitoring complex phase transitions. The CA is an instrument for the process simulation.

Based on results of PUREX and NEXT process [1], the object of the present investigation was development of a mathematical model for growth of U crystal by cellular automata. The model had to incorporate diffusing and heat exchange as a physical basis to simulate the growth of nuclei.

Future research will be applied on the model modification, which will be used for simulation of uranyl nitrate hexahydrate crystallization. A cellular automata model has been developed that attempt to simulate the crystal uranium growth. It gives representation about crystallization process in Nuclear Industry. The CA model allows monitoring the evolution of crystal formation and solid-melt interface motion.

REFERENCES

1. Chikazawa T., Kikuchi T., Shibata A., Koyama T., Homma S. Batch crystallization of uranyl nitrate. //Journal of Nuclear Science and Technology/ – 2008. – Vol. 45.–No. 6.–P. 582-587.
2. Abasheva E.R., Koltsova E.M. Cellular automata for simulation of crystallization in different mediums //Proceedings of European Congress of Chemical Engineering (ECCE-6)/– 2007.
3. Raabe D. Cellular automata in materials science with particular reference to recrystallization simulation //Annual Review of Materials Science/ – 2002.– Vol.32.–P. 53-76.

HYBRID AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF THE CASCADE OF CENTRIFUGAL EXTRACTORS

Ekaterina P. Zelenetskaya^a, Aleksey G. Goryunov^a

^a Tomsk, Tomsk Polytechnic University
e-mail: zeka@tpu.ru; alex1479@tpu.ru

The uranium chemical concentrate is being raw materials for uranium hexafluoride production. In spite of applying different extraction techniques it contains lots of impurities. In this case, using such products as a nuclear fuel is unacceptable, since impurities lead to reduction of products quality. The affinage of uranium concentrates used to achieve nuclear purity. Currently, affinage with extraction application is the most used method.

Due to usage high-reactivity components it is impossible to carry out experimental studies of the technological processes of extractions affinage. Therefore, it is necessary to carry out research in the purpose of optimization of monitoring and control processes of the extraction affinage on centrifugal extractors using the current experience in computer-aided modeling for developing of industrial process control system.

The investigation of industrial process control systems of a nuclear-fuel reprocessing as a controlled plant, have practically not been carrying out because of complexity and hazardous proceeding processes. The control of uranium chemical concentrates is by way of remote manual control. This leads to bad performance of process control, rising the negative influence of human-factor aspect and decline in efficiency. In connection with this, it is necessary to develop an automatic control system by this sort of plants. The cascade of centrifugal extractors have selected as a controlled plant, since processes proceeds are compatible. The foundation of mathematical models as to controlled plant, and control system is the ones outlined in the papers [1, 2].

Using hybrid control system is the way forward to solution of above mentioned problems. In consequence of various limitations in industries it was decided to make a hybrid control system which is based on neural-fuzzy control laws. That sort of systems using neural systems with automated teaching mode independently tune parameters up.

Current system allows to essentially reducing influence of human-factor aspect owing to significant robustness and stability as compared with classical automatic control systems on the basis of PID-control.

REFERENCES

1. A.G. Goryunov Dinamicheskaja model' neravnovesnogo mnogokomponentnogo ecstrakcionnogo processa v smesitel'noi kamere tsentrobezhnogo ekstraktora. (The dynamic model of non-equilibrium multicomponent extraction processes in a mixing chamber of centrifugal extractors.) Nauchno-tehnicheskii vestnik Povolj'a 2011a; 4:129-132.
2. Goryunov AG, Mikhaylov VS. The automatic control system of a multi-component nonequilibrium extraction process in the pulse column. Journal of Process Control 2012; 22:1034–1043.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ ТВЭЛОВ ВВЭР-1000 В УСЛОВИЯХ LOCA

А.В. Алексеев, В.Н. Шулимов, И.А. Киселева, А.В. Горячев, Л.В. Киреева, И.Н. Волкова

г. Димитровград, ОАО ГНЦ «НИИ атомных реакторов»

e-mail: radugka2@mail.ru

Для экспериментального изучения поведения твэлов ВВЭР-1000 в условиях проектных аварий LOCA в НИИАР проведены два эксперимента БТ-2 и БТ-3, в которых были воспроизведены режимы второй и третьей стадии максимальной проектной аварии (МПА) с потерей теплоносителя. Эксперименты проведены на ТВС, содержащих 19 твэлов длиной 1 м, три из которых были изготовлены из отрезков отработавших штатных твэлов ВВЭР. Рефабрикованные твэлы были инструментованы датчиками для измерения давления газа в твэле и температуры топлива. Целью экспериментов было исследование термомеханического поведения высоковыгоревшего топлива ВВЭР при расчетных условиях аварии. Специальное внимание в этих экспериментах обращалось на деформацию оболочек при их разрыве внутренним давлением газа твэла, перекрытие каналов протока теплоносителя в пучке, фрагментацию и диспергирование топлива в теплоноситель.

Для проведения испытаний в канале реактора разработаны экспериментальные устройства, внутриреакторные датчики контроля параметров, быстродействующая система сбора информации с частотой до 100 Гц.

Выгорание топлива составляло: в БТ-2 – 50, в БТ-3 – 58 МВт•сут/кгU, максимальная температура оболочек твэлов в БТ-2 – 940, в БТ-3 – 820оС, давление теплоносителя в БТ-2 - 1,7, в БТ-3 – 1,2 МПа. Высокая температура достигнута при мощности соответствующей остаточной после длительного выпаривания воды.

После извлечения из реактора пучок твэлов БТ-2 был залит эпоксидной смолой, и исследование деформации твэлов проводилось на поперечных сечениях пучка, вырезанных с шагом 20 мм. ТВС БТ-3 была разобрана на твэлы. Все рефабрикованные твэлы БТ-2 потеряли герметичность, БТ-3 – сохранили. Важным результатом БТ-3 явилось то, что отрыв оболочки от сердечника в этих твэлах не привел к дополнительной фрагментации топлива. Деформации оболочек твэлов в пучке не приводит к блокировке сечения протока теплоносителя опасной с точки зрения сохранения охлаждаемой геометрии ТВС после аварии с потерей теплоносителя.

**ОБУЧЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ В ЛАБОРАТОРИИ
«КОНСТРУИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОНИКИ И АВТОМАТИКИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ»**

Т.Х. Бадретдинов

г. Томск, Томский политехнический университет
e-mail: tahir@tpu.ru

Образовательно-научная лаборатория «Конструирование электроники и автоматики технологических процессов», отвечающая требованиям программы инновационного развития «Национального исследовательского Томского политехнического университета», создана в 2011 году. Основной целью функционирования лаборатории является подготовка высококвалифицированных специалистов, востребованных быстро развивающимся рынком труда в области автоматизации технологических процессов, а также для выполнения научно-исследовательских работ на современном уровне с помощью высокотехнологичного оборудования.

Структурная организация и реальное воплощение лаборатории в первую очередь привязаны к обучению в рамках специальности «Автоматика и электроника физических установок», поэтому функционирование лаборатории решает на сегодняшний день следующие задачи:

Обучение студентов, бакалавров и магистров современным методам проектирования, конструирования, изготовления, укрупненного монтажа и испытаний элементов и систем промышленной электроники и автоматики.

Разработка, проектирование, конструирование, изготовление, укрупненный монтаж и испытания экспериментальных и опытных образцов электронной и микропроцессорной техники.

Организация программ дополнительного образования и повышения квалификации инженерно-технического персонала предприятий.

Обучение студентов и бакалавров, подготовка и переподготовка кадров предприятий по рабочим профессиям «Слесарь по контрольно-измерительным приборам и автоматике»

Разработка систем, методов, алгоритмов и программ для автоматизации технологических процессов и экспериментальных исследований.

ПОДГОТОВКА В БГУИР СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОНИКИ И АВТОМАТИКИ ДЛЯ БЕЛОРУССКОЙ АЭС

М.П. Батура, С.В. Дробот

г. Минск, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

e-mail: rector@bsuir.by

В рамках Государственной программы подготовки кадров для ядерной энергетики Республики Беларусь на 2008–2020 гг. Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (БГУИР) с 2009 г. осуществляет подготовку специалистов в области электроники и автоматики для Белорусской АЭС по специализации «Электронные системы контроля и управления на АЭС». К настоящему времени в университете решена комплексная задача, направленная на подготовку квалифицированных преподавательских кадров, создание учебно-лабораторной базы и разработку учебно-методических материалов.

Комплексное решение заключалось в изучении преподавателями БГУИР опыта подготовки специалистов подобного профиля в ведущих вузах Российской Федерации по специальности «Электроника и автоматика физических установок» путем обучения на курсах повышения квалификации и стажировках. Важным аспектом подготовки преподавательских кадров явилось изучение особенностей реализации программно-технических комплексов АСУТП АЭС, проектируемых организациями и предприятиями ГК «Росатом», и совместная с их ведущими специалистами разработка и реализация проектов учебных лабораторий для теоретического и практического освоения студентами современного оборудования для автоматизации технологических процессов. Проекты создания лабораторий были реализованы совместно с Всероссийским научно-исследовательским институтом автоматики им. Н.Л. Духова, Специализированным научно-исследовательским институтом приборостроения, НИЯУ «Московский инженерно-физический институт».

Значительную помощь оказала кафедра электроники и автоматики физических установок Томского политехнического университета, на базе которой в 2010-13 гг. преподаватели БГУИР стажировались и обучались на курсах повышения квалификации, а заведующий кафедрой Ливенцов С.Н. в 2013 г. прочел курс лекций студентам БГУИР по дисциплине «Элементы и устройства систем контроля и управления ядерных энергетических установок».

Приобретение преподавателями БГУИР такого опыта позволило разработать образовательный стандарт и с 2013 г. начать подготовку по новой специальности для ядерной энергетики «Электронные и информационно-управляющие системы физических установок».

ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОКОНТУРНЫХ САУ С РАЗЛИЧНЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ МОДЕЛЯМИ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

В.Г. Васильев, В.Ф. Дядик

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: slava_iceberen@mail.ru

Автоматизация является важным средством повышения эффективности производственных процессов. Экономичное, надежное и безопасное функционирование сложных промышленных объектов, может быть обеспечено с помощью лишь самых совершенных принципов и технических средств управления.

Проблема синтеза системы автоматического управления (САУ) с наилучшими показателями качества приводит к задаче исследования одноконтурных САУ с различными динамическими моделями объекта управления.

В работе в СКМ Matlab/Simulink проведено исследование степени приближения переходных процессов одноемкостного объекта с запаздыванием (модель-1) к переходному процессу многоемкостного объекта с доминирующей постоянной времени (модель-2). Определено оптимальное соотношение между временем запаздывания модели-1 и величиной меньшей постоянной времени модели-2.

Осуществлен синтез систем управления технологическим объектом, описываемым моделью-1, методом оптимального модуля, а моделью-2 на основе критерия максимальной степени устойчивости. Выполнен сравнительный анализ показателей качества обеих синтезированных САУ. При этом для САУ с моделью-2 время регулирования на 20%, а динамический коэффициент регулирования на 26% меньше чем для САУ с моделью-1.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА
КРИСТАЛЛИЗАЦИОННОГО АФФИНАЖА ЦЕЛЕВЫХ ПРОДУКТОВ
ПЕРЕРАБОТКИ ОБЛУЧЕННОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА (ОЯТ) В
ЛИНЕЙНОМ КРИСТАЛЛИЗАТОРЕ

С.Н.Веселов, В.И. Волк, В.А.Кашцев, Т.В.Подымова, Е.А.Посеницкий

ОАО «Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов им.академика А.А.Бочвара»

e-mail: kannal7@mail.ru

Кристаллизационный аффинаж является одним из наиболее эффективных способов выделения целевых продуктов переработки ОЯТ (U и Pu) в кристаллической форме (в виде гексагидрата нитрата уранила или уранила-плутонила) из азотнокислых растворов при использовании водных методов переработки ОЯТ. Привлекательность процесса кристаллизационного аффинажа, главным образом, связана с его безреагентностью и компактностью, то есть механизм процесса основан на использовании температурной зависимости растворимости нитратов шестивалентных урана и плутония в азотнокислых растворах и не предполагает использования каких-либо дополнительных реагентов для выделения указанных продуктов из жидких растворов в твердую фазу [1].

Для реализации процесса кристаллизационного аффинажа разработан аппарат непрерывного действия – линейный кристаллизатор [2]. В указанном аппарате предусмотрена непрерывная загрузка маточного и промывного растворов и периодическая выгрузка накопившейся кристаллической фазы, не нарушающая непрерывности процесса кристаллизации. Рабочий объем аппарата разделен на две зоны – зона роста кристаллов и зона промывки кристаллов, в которой, за счет частичного растворения образовавшейся кристаллической фазы, реализуется смыв примесей, накопившихся в приповерхностном слое кристалла.

Разработанная математическая модель описывает динамику кристаллической и жидкой фаз в зонах кристаллизатора и позволяет оценить параметры, оказывающие существенное влияние на динамику процесса. Представлены результаты расчетов, демонстрирующие различные режимы работы аппарата. Кроме того, на основании анализа разработанной математической модели получены результаты по оптимизации работы аппарата, описаны режимы, обеспечивающие наибольший выход целевых продуктов.

Полученные результаты будут применены для оптимизации режимов работы кристаллизатора на создаваемом на Сибирском химическом комбинате в рамках работ по проекту «Прорыв» аффинажном стенде.

Литература

1. Волк В.И., Вахрушин А.Ю., Данилин Е.М., Савенко В.П., Малышева Т.А., Семенов А.А., Третьяков А.А., Подойницын С.В., Глаголенко Ю.В., Ровный С.И. Способ очистки нитрата уранила от продуктов деления и устройство для его осуществления, Патент РФ на изобретение №2244966 от 20.03.03

2. Волк В.И., Вахрушин А.Ю., Савенко В.П., Малышева Т.А., Арсеенков Л.В. Устройство для непрерывной кристаллизации и выгрузки кристаллов, Патент РФ на полезную модель №40905 от 10.10. 2004 г

РАЗРАБОТКА ТЕПЛОВОЙ МОДЕЛИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЁРА

Е.М. Гладырь, А.А. Денисевич

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: elena310394@yandex.ru

Фтор – один из самых активных элементов периодической таблицы Д.И. Менделеева и образует соединения со всеми элементами. С рядом органических соединений он дает весьма ценные продукты, которые находят широкое применение в целом ряде отраслей промышленности. Для лабораторных целей фтор получают в экспериментальных электролизёрах малой мощности. Главной задачей при управлении такими электролизёрами является поддержание заданной температуры расплава электролита в автоматическом режиме. Процесс электролиза заключается в разложении бифторида калия на фтор и водород. Объектом исследования является среднетемпературный экспериментальный электролизёр [1].

Электролит нагревают трубчатыми электрическими нагревателями, до достижения им температуры, необходимой для протекания процесса среднетемпературного электролиза, равной от 80 до 105 0С. Данный тепловой процесс описывается системой однородных дифференциальных уравнений. В ходе составления системы было принято упрощение, что распределение температуры в стенке ванны для электролиза постоянно. Полученная система уравнений имеет вид [2]:

$$\begin{cases} C_{\text{Э}} \cdot \rho_{\text{Э}} \cdot \frac{\partial T_{\text{Э}}}{\partial \tau} = \frac{Q_{\text{ТЭН}}}{V_{\text{Э}}} - \frac{\alpha_{\text{Э}} \cdot (T_{\text{Э}} - T_{\text{Ст}}) \cdot F_{\text{СтВн}}}{V_{\text{Ст}}} \\ C_{\text{Ст}} \cdot \rho_{\text{Ст}} \cdot \frac{\partial T_{\text{Ст}}}{\partial \tau} = \frac{\alpha_{\text{Э}} \cdot (T_{\text{Э}} - T_{\text{Ст}}) \cdot F_{\text{СтВн}}}{V_{\text{Ст}}} - \frac{\alpha_{\text{Ст}} \cdot (T_{\text{Ст}} - T_{\text{ОС}}) \cdot F_{\text{СтНар}}}{V_{\text{Ст}}} \end{cases}$$

$C_{\text{Э}}$, $C_{\text{Ст}}$ – удельная теплоемкость электролита и материала стенки соответственно; $\rho_{\text{Э}}$, $\rho_{\text{Ст}}$ – плотность электролита и материала стенки соответственно; $T_{\text{Э}}$, $T_{\text{Ст}}$ – температура электролита и материала стенки соответственно; τ – время протекания процесса; $V_{\text{Э}}$ – объем электролита; $\alpha_{\text{Э}}$, $\alpha_{\text{Ст}}$ – коэффициент теплоотдачи электролита и материала стенки соответственно; $F_{\text{СтВн}}$, $F_{\text{СтНар}}$ – площадь внутренней и внешней поверхностей стенки электролизера; $V_{\text{Ст}}$ – объем стенки электролизера; $T_{\text{ОС}}$ – температура окружающей среды.

В результате проделанной работы разработано математическое описание тепловых процессов в экспериментальном электролизере и произведено компьютерное моделирование.

Литература

1. Галкин Н.П., Крутиков А.Б. Технология фтора. – М.: Атомиздат, 1968. – 188.с.
2. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Техническая термодинамика: Учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 2000. – 261 с.

МЕТОДЫ РАСЧЕТА РЕГУЛЯТОРОВ ДВУХКОНТУРНЫХ САУ

И.С. Гладышев¹, С.А. Байдали²

¹ г. Сосновый бор, Ленинградская АЭС-2,

² г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: isgladyshev@gmail.com

В настоящее время имеются различные методы и способы определения оптимальных настроечных параметров регуляторов двухконтурных и многоконтурных систем автоматического управления. В большинстве своем их недостаток состоит в том, что они не дают возможности найти оптимальные настройки регуляторов для нескольких контуров одновременно. Кроме того, большинство из них основываются на устаревших либо неформализованных явным образом методиках, поэтому вопрос разработки и реализации новых остается актуальным.

В данной работе рассматривалось несколько методов:

1. Метод расчета по номограммам [1].
2. Метод расчета по фазо-частотным характеристикам [2].
3. Метод оптимального модуля [3].
4. Метод расчета при отсутствии ограничения на различие инерционности главного и вспомогательного каналов объекта [4].
5. Метод расчета двухконтурных систем численным методом с использованием эволюционного алгоритма [5].

На основе выбранных методов проводилось моделирование в пакете Matlab/Simulink с подачей, как управляющего, так и возмущающего воздействий.

В результате работы среди выбранных методов были определены наиболее оптимальные, а также выявлено, что большинство методик настройки являются неформализованными явным образом либо обеспечивающими неудовлетворительный результат.

Список литературы

1. Хасмамедов Ф.И. Автоматизация управления трубчатыми печами. — М.: Химия, 1980.
2. Широкий Д.К., Куриленко О.Д. Расчет параметров промышленных систем регулирования. — Киев. Техника, 1972.
3. Байдали С.А., Дядик В.Ф., Криницын Н.С. Параметрический синтез двухконтурной каскадной системы автоматического управления // Изв. вузов. Физика. — 2010. — № 11/2 — С. 197–202.
4. Ротач В.Я. Расчет каскадных САУ // Теплоэнергетика. — 2010. — №10.
5. Смирнов Н.И., Сабанин В.Р. Структурная и параметрическая оптимизация каскадных САУ с использованием эволюционных алгоритмов // Автоматизация и ИТ в энергетике. — 2010. — №5.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННЫХ ТЕСТОВ НА ЗНАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ФТОРА

В.В. Глушенков, Н.В. Ливенцова, О.В. Егорова

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: liventsovanina@mail.ru

Разработаны электронные тесты для проверки знаний по производству фтора, необходимые для использования в компьютерном тренажере. Разработано описание производства фтора, состоящее из 10 разделов, включающее основные части производства, такие как: система электропитания, охлаждения, подачи фтористого водорода, сбор продуктов, состав и работа нижнего и верхнего уровня АСУТП. Составлены 17 тестов на знания основы ПФ, соответствующие первому разделу изучения. Тесты разрабатывались таким образом, чтобы соответствовали следующим критериям [1]: объективность, надежность и валидность. Из возможных видов тестовых заданий, описанных в [2], использованы тесты закрытой формы.

Для создания тестов и сравнения возможностей, заложенных разработчиками, опробованы программные оболочки: MyTestXPro, SuperTest, v2.4, Moodle.

Проведено сравнение программных оболочек, рассмотрены достоинства и недостатки с позиции использования их для поставленной задачи. В результате проведенного сравнения для целей исследования качества составленных тестов выбрана система MOODLE. Разработанные тесты позволят исследовать качество усвоения материала и, при необходимости, скорректировать материал для использования его при входном контроле знаний и получения допуска для обучения на компьютерном тренажере производства фтора.

Список литературы

1. Ингенкамп К. Педагогическая диагностика: Пер. с нем. М.: Педагогика, 1991. С. 32
2. Русский язык и культура речи: Тесты для контроля знаний студентов: учебно-методическое пособие/сост. Е.А. Торохова– Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2008.– 64с.

Секция 1. Информационные технологии, автоматизация, системы управления.

ПРИНЦИПЫ ОПТИМАЛЬНОСТИ ЯЗЫКА ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

² О.Б. Громов, ¹ Н.Н. Бахтадзе, ² С.О. Травин, ³ П.И. Михеев, ² А.А. Быков

¹ г. Москва, ИПУ им. В.А.Трапезникова РАН

² г. Москва, ОАО «ВНИИХТ»

³ г. Москва, МГТУ им. Н.Э.Баумана

e-mail: travinso@yandex.ru

В известных программных комплексах для имитационного моделирования, используют разновидность языка высокого уровня, который позволяет задавать для модели вычислительные процедуры, минуя необходимость написания отдельного программного модуля для каждой разновидности систем обычных дифференциальных уравнений (СОДУ). Не являются исключением и программные средства для решения прямой и обратной задач химической кинетики. В наилучшей степени таким задачам соответствует язык интерфейса, максимально приближенный к принятой в химии нотации для представления механизмов многостадийных реакций. Конструирование правых частей СОДУ, исходя из закона действующих масс, не только обеспечивает их соответствие критерию Липшица, но и дает возможность вычисления якобианов в явном виде, что сильно сокращает время работы интеграторов, использующих неявные схемы.

Алгоритм работы интерфейса ввода содержит основные блоки:

1) Все вещества, включая промежуточные, задают в виде идентификационного списка в удобной нотации. Декларация всех веществ позволяет избежать случайных опечаток и гарантирует от «двойников».

2) Задают начальные концентрации веществ. По умолчанию для конечных продуктов реакции и активных интермедиатов подставляют нулевые концентрации. В подавляющем большинстве случаев «в ручном режиме» задают ненулевые концентрации для двух-трех исходных веществ.

3) Полную схему или механизм взаимодействия реагентов составляют в стандартной для химической кинетики нотации. Выбор участников в схеме производят строго по идентификационному списку п.1.

4) По умолчанию все введенные реакции имеют нулевые константы скорости. До начала расчета необходимо подставить справочные или предполагаемые значения. Удалить реакции с нулевыми скоростями никогда не поздно, однако в ряде случаев имеет смысл зарезервировать их с целью последующего усложнения и уточнения модели.

5) Естественным и обязательным ограничением является то, что частиц элементарного акта взаимодействия не может превышать трех, что вытекает из требований формальной кинетики.

Приводятся примеры решения «нехимических» моделей с использованием формального химико-кинетического языка.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ, ОПИСЫВАЮЩЕЙ КИНЕТИКУ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ ПЕРВОГО ПОРЯДКА

А.С. Губкин

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: a.g.s.111@yandex.ru

Суть данной работы заключается в разработке модели описывающей кинетику химической реакции первого порядка и проверки адекватности полученной модели. Основная задача была сформулирована следующим образом: реализация модели кинетики химической реакции для конкретной реакции с произвольными начальными условиями. Работа по созданию модели состояла из двух этапов: математическое описание определенной реакции с помощью системы дифференциальных уравнений, непосредственно, решение данной системы численным методом в пакете MATLAB. Следующим этапом работы была проверка адекватности полученной модели с помощью закона сохранения масс. Последний этап работы – анализ полученных результатов. При составлении системы дифференциальных уравнений, описывающих протекание реакции, были приняты следующие допущения: первое – реакция элементарная, то есть протекающая в одну стадию. Второе допущение заключалось в том, что реакция считается протекающей в замкнутом постоянном объеме. Второе допущение необходимо для упрощения системы, так как при переменном объеме концентрация будет зависеть от объема. Решение системы полученных уравнений было найдено численным методом в пакете MATLAB с помощью решателя ode45. Решатель ode45 реализует поиск решения системы дифференциальных уравнений методом Рунге-Кутты четвертого порядка. Проверка выполнения закона сохранения масс дала следующий результат: масса реагентов остается постоянной на протяжении всего промежутка времени, на котором ищется решение. Следовательно, можно сделать вывод о том, что полученная модель адекватно описывает кинетику реакции первого порядка.

Литература

1. Федосеев А.М. Математическое моделирование кинетики сложных химических реакций Учебное пособие. Ч. I – Пермь: Изд-во Пермского государственного технического университета, 2010. – 223 с.
2. Эмануэль Н. М., Кнорре Д. Г. Курс химической кинетики: Учебник для химических факультетов - 4-е изд., перераб. и доп.-М.: Высш. шк, 1984 -463 с.

РАЗРАБОТКА АСУТП ПОЛУЧЕНИЯ КАЛЬЦИТОАНГИДРИТА

А.А. Денисевич, С.Н. Ливенцов, Ю.М. Федорчук

г. Томск, Томский политехнический университет
e-mail: denisevichaa@tpu.ru

В настоящее время производство на предприятиях металлургической и энергетической промышленности сопровождается выбросами в атмосферу серосодержащих газов. В ТПУ разработаны технологии по обезвреживанию и получению различных строительных материалов из этих газов, а при переработке серосодержащих газов образуется концентрированная серная кислота. Сотрудниками Томского политехнического университета предложена уникальная технология получения кальцитоангидрита, который может выступать заменой строительному гипсу, путем взаимодействия измельченного известняка и концентрированной серной кислоты [1]. А так как данная технология является новой и ранее не применяемой, и в то же время присутствие человека при ведении технологического процесса нежелательно (в связи с наличием серной кислоты и её паров), то задача разработки АСУ данным технологическим процессом является актуальной задачей.

Для создания АСУТП, была изучена технология получения кальцитоангидрита, рассмотрены методы дозирования сыпучих материалов, рассмотрены и выбраны приборы контроля и управления. Причём, главной проблемой при выборе оборудования являлись:

- малая стоимость;
- короткие сроки доставки в г. Томск.

Для разработки графической оболочки и программы для программируемого логического контроллера (контроллер фирмы ОВЕН ПЛК 154) была выбрана среда программирования CoDeSys, которая разработана специально для взаимодействия с контроллерами фирмы ОВЕН.

Полученные результаты послужили исходными данными к проекту на АСУТП получения кальцитоангидрита для нужд предприятия ОАО «Горно-металлургическая компания «Норильский никель».

Литература

1. Федорчук Ю.М. Закон энергосбережения – вовлечение в круговорот энергетических и материальных вторичных ресурсов. [элект. ресурс]: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/v/Conferences/2010/K02/4059.pdf>

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В ЗАМКНУТОМ КОНТУРЕ УПРАВЛЕНИЯ

В.Ф. Дядик, Н.С. Криницын, В.А. Руднев

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: dyadik@tpu.ru

Качественная работа локальных систем автоматического управления (САУ) – основа промышленной безопасности, долговечности и достижимости экономических показателей, обеспечиваемых АСУ ТП в целом. Однако нестабильность свойств обрабатываемых материалов, сырья, энергоносителей и переменная нагрузка производства изменяют характеристики технологического объекта управления (ТОУ), что приводит к необходимости перенастройки системы управления.

Обеспечить высокую динамическую точность локальных САУ для объектов с переменными параметрами можно путём адаптации параметров настройки регуляторов САУ к изменению характеристик объекта управления. Автоматическая настройка САУ состоит из двух этапов – это идентификация объекта управления и расчёт параметров настройки регуляторов, с использованием найденных в результате идентификации параметров модели.

В работе предложена процедура идентификации ТОУ в замкнутом контуре, т.е. в составе работающей САУ. Путём моделирования в пакете Matlab/Simulink доказана возможность прямой идентификации технологического объекта в замкнутом контуре при условии, что в качестве тестового воздействия используется ступенчатое изменение величины уставки, либо ступенчатое или импульсное изменение управляющего воздействия на входе объекта. Показано, что для нахождения параметров модели объекта при идентификации в замкнутом контуре целесообразно применять оптимизационные методы. Рекомендованы величины интервалов наблюдения и шага дискретизации сигналов на входе и выходе ТОУ, обеспечивающих наименьшую погрешность идентификации.

Предлагаемая процедура идентификации состоит из 2-х этапов. На первом этапе определяются, используя аналитические методы, диапазоны и начальные значения оптимизируемых параметров модели ТОУ. На втором этапе с помощью оптимизационного метода Левенберга-Марквардта находятся значения параметров искомой динамической модели ТОУ.

С помощью разработанной процедуры произведена идентификация пламенного реактора фторирования производства гексафторида урана, что позволило повысить показатели качества САУ этим аппаратом.

РАЗРАБОТКА ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ДЛЯ ЕМКОСТНОЙ НАГРУЗКИ

М.А. Коломин

г. Томск, Томский политехнический университет
e-mail: blackshark@sibmail.ru

Поставлена задача разработки модели импульсного источника питания на емкостной нагрузке, а также исследования работы модели, которая в дальнейшем может быть реализована в качестве реальной модели при разработке индукционных печей. Основной задачей ставилась разработка модели импульсного источника питания для уже реального прототипа индукционной печи. Данная модель импульсного источника питания может быть использована в индукционных печах для плавки и перегрева железоуглеродистых металлов токами средней частоты. Основная работа была направлена на разработку некоторых элементов цепи питания для индукционной печи, таких как: схема высокочастотного генератора, источник переменного тока, схему силового модуля входящего в состав каждой ячейки инвертора. Следующим этапом была разработка и расчет трансформатора. Эта одна из основных и трудоемких частей работы. Была выбрана схема данного устройства, продуманы все ее основные составляющие и проведен расчет всех необходимых элементов, таких как: площадь поперечного сечения магнитопровода, количество витков в катушках, сечение провода, диаметр проводов, и т.д., необходимых для создания реального устройства. Данный трансформатор предназначен для передачи импульсной энергии из одной электрической цепи в другую посредством магнитного поля. При расчёте трансформатора соблюдались два условия: это обеспечение теплового режима элементов трансформатора и получение заданной индуктивности рассеяния. Данный трансформатор является одним из основных элементов модели разрабатываемого устройства. На самом деле, данная работа предполагает разработку двух типов трансформаторов, первый предназначен для цепи питания индукционной печи, а второй – для преобразования и передачи импульсной энергии из одной электрической цепи в другую посредством магнитного поля. В качестве второго трансформатора я выбрал трансформатор Тесла как один из наиболее успешных вариантов высоковольтного трансформатора. В результате исследования на данный момент существует вариант общей схемы устройства, которое можно реализовать в виде модели для дальнейших исследований

Литература

1. Худяков В. Моделирование устройств силовой электроники: уроки 1–7 изд. Силовая Электроника. – 2008. – №1. – С. 92–99.
2. Белкин А.К., Костюкова Т.П., Рогинская Л.Э., Шуляк А.А. Тиристорные преобразователи частоты. Изд. Энергоатомиздат. – 2000г.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РЕАКТОРА УЛАВЛИВАНИЯ ФТОР-СОДЕРЖАЩИХ ПРОДУКТОВ

Н.С. Криницын, В.Ф. Дядик, А.В. Николаев

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: kns@tpu.ru

Надежность и дешевизна производства энергии атомной промышленностью приводит к ежегодному повышению спроса на ядерное топливо. Вследствие этого происходят расширения производств и введения новых технологий. Это подтверждается комплексом проводимых мероприятий на Сублиматном заводе ОАО «СХК», направленных на модернизацию технологической цепочки производства гексафторида урана путем ввода в эксплуатацию новой производственной линии, перерабатывающей тетрафторида урана. Данная технология позволяет повысить ресурсоэффективность производства за счет получения большего количества гексафторида урана без расширения мощностей электролизного производства технического фтора.

Однако новая технологическая линия требует создания новых алгоритмов управления для некоторых аппаратов производства. В частности, изменение состава технологического газа на входе реактора улавливания (РУ) фтор-содержащих компонентов приводит к необходимости исследования работы аппарата в новых технологических режимах, что может быть достигнуто путем компьютерного моделирования.

В работе представлены этапы составления математической модели РУ позволившие описать кинетические, термо- и гидродинамические процессы, протекающие в реакционной зоне аппарата. Адекватность составленной модели РУ подтверждена путем сопоставления результатов моделирования с производственными трендами, полученными на действующей технологической линии перерабатывающей оксиды урана.

Результаты исследования, полученные на компьютерной модели реактора улавливания, подтвердили возможность использования существующего аппарата в составе технологической линии перерабатывающей тетрафторид урана. Разработанная математическая модель реактора улавливания впоследствии будет использоваться при разработке систем автоматического управления РУ в составе как существующей, так и новой технологических линиях производства гексафторида урана.

РАЗРАБОТКА ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ДЛЯ ВАКУУМНЫХ ИНДУКЦИОННЫХ ПЕЧЕЙ

В.А. Курочкин, А.Г. Горюнов

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: tachyon@tpu.ru

На заводах Российской Федерации и стран СНГ прекращено производство базового для литейных установок химико-металлургического завода (ХМЗ) СХК оборудования, вращающихся преобразователей частоты (ВПЧ). Данные преобразователи используются, как источники питания вакуумных индукционных печей, которые обеспечивают нагрев и плавление редкоземельных металлов.

Представленные на рынке источники питания для индукционных печей не позволяют произвести замену ВПЧ с сохранением существующих индукторов и силовых линий, и, чаще всего, изготовлены под конкретную модель индуктора и не могут учитывать особенности индукционных печей ХМЗ и протяженную питающую их линию.

В результате исследований [1], разработан высокочастотный источник питания (ВИП) [2], обеспечивающий частоту генерируемого тока до 100кГц и возможность масштабирования тока, напряжения и мощности. Источник питания разрабатывался с учетом возможности широкого применения, в том числе и для питания индукционных печей.

Используемая элементная база ВИП рассчитана на высокие частоты и теряет свою эффективность на частоте 2.4кГц (используемая в индукционных печах ХМЗ). После доработки разработанный источник может быть применен в качестве эквивалента ВПЧ и подключен к существующей инфраструктуре литейных установок ХМЗ.

Замена ВПЧ на разработанный ВИП позволяет:

- обеспечить устойчивую работу индукционных печей ХМЗ;
- повысить КПД более чем на 10%, по сравнению с ВПЧ;
- снизить эксплуатационные расходы;
- благодаря микропроцессорному управлению и принципам индивидуальной градуировки оптимизировать процессы плавки и увеличить ресурсоэффективность.

Литература

1. Разработка системы автоматического управления резистивным нагревом кремниевых стержней переменным током [элект. ресурс] / А. Г. Горюнов [и др.] // Известия Томского политехнического университета/ Томский политехнический университет (ТПУ). - 2012. - Т.321, №5. с.228-233.

2. Патент на полезную модель №121255 RU. Устройство равномерного нагрева поликристаллических кремниевых стержней // Горюнов А.Г., Курочкин В.А., Козин К.А. Селиванов В.В.; Заяв. 11.05.2012, Оpubл. 20.10.2012.

РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ ПУБЛИКАЦИЙ СОТРУДНИКОВ
ЛАБОРАТОРИИ 324 КАФЕДРЫ ЭАФУ

К.В. Ларина, Е.М. Гладырь, Е.П. Шутова, О.В. Егорова

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: kslar.27@gmail.com

Использование баз данных информационных систем становится неотъемлемой составляющей деловой деятельности современного человека и функционирования преуспевающей организации. База данных — представленная в объективной форме совокупность самостоятельных материалов, систематизированных таким образом, чтобы эти материалы могли быть найдены и обработаны с помощью электронной вычислительной машины (ЭВМ) [1].

Для достижения поставленной цели, а именно разработки базы учебно-методических публикаций сотрудников лаборатории 324 кафедры ЭАФУ ФТИ был решен ряд задач. Проанализировано большое количество литературы, основываясь на входных данных были созданы концептуальные и логические модели базы данных, было осуществлено физическое проектирование в среде Visual FoxPro.

В данной среде были разработаны соответствующие таблицы данных, буферная таблица и связи между ними. Для каждой категории работ было составлено представление (view) - объект базы данных, являющийся результатом выполнения запроса к базе данных, определенного с помощью оператора SELECT, в момент обращения к представлению[2]. Эти представления использовались в конечной поисковой форме. В результате проделанных операций создан исполняемый файл publications.exe.

Литература

1. Дейт К.Дж. Введение в системы баз данных. – Перевод с английского –6-е изд. –К. Диалектика, 1998. с. 36–75.

2. Модели организации данных [элект. ресурс].
http://smiroleg.h12.ru/kurs/access_modeli.htm

МЕТОДИКА ВАЛИДАЦИИ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОГО ТРЕНАЖЕРА

Н.В. Ливенцова, О.В. Егорова

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: liventsovanina@mail.ru

Выполнен обзор проблемы валидации моделей для целей компьютерного тренинга, разработана методика проверки адекватности имитационной модели для КТ, с помощью которой проведена оценка адекватности модели электролизного узла.

От правильности поведения переменных при обрабатываемых оператором ситуациях на тренажере зависят приобретаемые им навыки и умения, и как следствие, правильность управленческих решений в реальных производственных условиях. Проведенный обзор по данной проблеме показал, что нет однозначного решения, а также анализа трудоемкости предложенных подходов. Для валидации впервые разрабатываемой имитационной модели ТП необходимо на каком-либо этапе, в зависимости от наличия исходной информации, обращение к специалистам – экспертам. Часто основные входные и выходные переменные для разрабатываемой модели производства не измеряются на реальном производстве, т.к. затруднительно оснащать дополнительными датчиками аппараты, это затрудняет использование методик прямого сравнения экспериментальных данных с моделируемыми. Производственные данные, получаемые в ходе пассивного эксперимента, трудно воспроизвести на модели ввиду неопределенности входных воздействий. Активный эксперимент по моделированию нештатных и аварийных режимов работы на действующем производстве часто невозможен. В виду этого, разработана методика, основанная на методе экспертного опроса. Методика состоит из двух основных этапов. На первом этапе оценивается качество имитации отдельных переменных процесса, что позволяет убедиться в правильности разработанной модели соответствующего модуля и идентификации ее входов, либо в противном случае, необходимости коррекции какого-либо этапа разработки. На втором – оценивается работа модели в целом и пригодность ее для целей тренинга. Проверяется качество имитации взаимосвязанных измеряемых переменных технологических процессов, позволяющих проводить анализ причинно-следственных связей на предмет выявления причин возникновения нештатных ситуаций.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОГО ТРЕНАЖЕРА

В.А. Малиновская, В.С. Нефедов, О.В. Егорова

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: nefedov.vs@gmail.com

Цель данной работы заключается в разработке математической модели измерительной системы (ИС) для компьютерного тренажера (КТ) на примере технологической схемы производства фтора ОАО «Ангарский электролизный комбинат» (АЭХК).

Наибольшее практическое значение технический фтор имеет в ядерно-энергетическом топливном цикле как фторирующий реагент при получении, разделении и обогащении ядерного горючего. Производство фтора обладает потенциальной опасностью, связанной с использованием высоко агрессивных компонентов (фтор и фтороводород). Также данный технологический процесс связан с значительными экономическими затратами. В таких условиях важен уровень квалификации оперативного персонала, непосредственно влияющего на ход технологического процесса. Для обучения оперативного персонала производства фтора безопасным и эффективным приемам управления электролизным узлом производства фтора разрабатывается компьютерный тренажер.

Для достижения поставленной цели требовалось решить следующие задачи:

- провести анализ ИС электролизера СТЭ-20 в штатном и нештатном режимах ее работы как объекта моделирования для КТ;
- разработать математическое описание модели ИС в штатном и нештатном режимах ее работы;
- разработать программы расчета модели ИС в среде Matlab;
- провести вычислительные эксперименты на разработанной модели с целью ее верификации.

В ходе выполненной работы разработаны математические модели технологического процесса и ИС системы электролизера производства фтора для КТ. Модель ИС имитирует работу преобразователей измерительных каналов электролизера в штатном и нештатном режимах их работы. Имитация нештатной работы элементов ИС реализована на основе вероятностного формирования исходов поломок элементов ИС и интервала времени, в течение которого поломка продлится. Для верификации моделей разработана программа их расчета в среде Matlab, с помощью которой проведены вычислительные эксперименты. Таким образом, разработанные в ходе настоящей работы модели могут быть использованы при построении КТ.

ПРОГРАММНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ЗАГРУЗКИ, ВИЗУАЛИЗАЦИИ И ПОДГОТОВКИ СЦЕНАРИЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ТОКАМАКОВ В ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ MATLAB

А. А. Мезенцев, В. М. Павлов

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: mezentsev@tpu.ru

В настоящее время на установках, осуществляющих управляемый термоядерный синтез, типа Токамак накоплено значительное количество экспериментальных данных. В связи с этим последнее десятилетие активно ведётся работа по созданию программно-технических комплексов, которые позволят хранить, систематизировать, выполнять поиск, передачу и обработку результатов экспериментов. Такие комплексы предоставляют библиотеки доступа к экспериментальной информации для различных платформ и инструментальных программных сред. Часто используемой средой разработки алгоритмов обработки данных является MATLAB, при этом алгоритмы обработки экспериментальной информации, как правило, постоянно развиваются и модифицируются для повышения их эффективности. В связи с этим возникает необходимость разработать инструмент, позволяющий учёному, не имеющему навыков программирования, в рамках среды MATLAB загрузить, выполнить отображение данных и составить алгоритм обработки информации упрощёнными интерактивными методами. По мнению авторов, подобного инструмента в настоящее время не существует.

В рамках данного направления исследований, нами разработан прикладной программный модуль, позволяющий локально и удалённо загружать экспериментальные данные из баз данных РНЦ «Курчатовский институт» и Национального ядерного центра Республики Казахстан (установка КТМ), отображать их средствами MATLAB, а также, что наиболее важно, проектировать из функций MATLAB, в интерактивном режиме сценарии обработки данных. Универсальные функции среды MATLAB могут быть подготовлены программистами и включены в состав программы каждым учёным индивидуально. Подобный инструмент может быть использован как в рамках экспериментальной компании, во время паузы между разрядами, так и при удалённой обработке результатов эксперимента посредством сети Internet.

СОГЛАСОВАНИЕ ВЕЛИЧИН ЗАГРУЗОК И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ АППАРАТОВ ПГФУ

И. С. Надеждин, Н.С. Криницын

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: kun9@list.ru

Развитие производственных мощностей зачастую приводит к необходимости ужесточения требований к ведению локальных технологических процессов. Выполнение предъявляемых требований формирует ряд оптимизационных задач, решение которых может быть выполнено только системами автоматического управления. Так, на сублиматном заводе ОАО «СХК» проводятся работы по модернизации технологической цепочки производства гексафторида урана (ПГФУ).

Модернизированное ПГФУ позволит помимо оксидов урана перерабатывать тетрафторид урана. Проводимые изменения в технологической схеме существенно повышают требования к согласованию загрузок твердофазных компонентов в аппараты ПГФУ.

В статье решается задача разработки и исследования алгоритма согласования величин загрузок твердофазных компонентов в аппараты фторирования (АФ) и улавливания (АУ) двух технологических линий ПГФУ. С этой целью была разработана динамическая математическая модель ПГФУ с учетом двух технологических линий, как объекта согласования загрузок твердофазных компонентов. Разработанная математическая модель модернизированного ПГФУ включила в себя статические и динамические математические модели АФ, десублиматора и статическую математическую модель АУ, а так же разработанную в ходе данной работы модель горизонтальной части АУ.

Используя разработанную математическую модель ПГФУ был составлен и исследован алгоритм согласования загрузок, обеспечивающий расчет управляющего воздействия на шнеки загрузки АУ оксидной и тетрафторидной линий путем удержания в допустимом диапазоне регулируемой координаты.

Составленный алгоритм согласования загрузок в аппараты АФ и АУ двух технологических линий ПГФУ позволяет обеспечить непрерывную работу производства, исключаящую возможность переполнения или опустошения бункера загрузки пламенного реактора оксидной линии.

СИСТЕМА ХРАНЕНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ОБРАБОТКИ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ
САМООРГАНИЗУЮЩЕЙСЯ GRID-СЕТИ

А.В. Обходский, К.А. Мамаев, А.М. Захаров

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: art707@tpu.ru

При проведении экспериментов на исследовательских установках и решении задач численного моделирования в области материаловедения и анализа поведения сложных технических систем формируются большие объемы данных, для обработки которых требуются значительные вычислительные ресурсы. С развитием вычислительных центров для обработки больших наборов данных все чаще применяются суперкомпьютеры, удаленные от установок и исследовательских лабораторий. Перспективным направлением для создания персонализированных вычислительных центров являются системы хранения и распределенной обработки данных на основе самоорганизующейся GRID-сетей персональных компьютеров, обладающие преимуществами по сравнению с суперкомпьютерами в части минимизации затрат на поддержание в рабочем состоянии и модернизацию, обеспечения кроссплатформенности прикладного ПО и возможности расширения системы [1].

При построении системы решались проблемы распределения вычислительных задач между узлами GRID-сети, а также автоматизации пользовательских функций. Для программной реализации системы использовался инструментарий Globus Toolkit 5, обеспечивающий последовательный или одновременный запуск отдельных этапов составных задач в соответствии с заданным сценарием и отслеживанием стадий их выполнения [2].

Функции хранения и обмена данными между персональными компьютерами системы реализуются с помощью унифицированного транспортного файла (UTF), включающего набор метаданных с описанием параметров проводимых экспериментов и модельных расчетов. Унификация ПО каждого отдельного узла системы предусмотрена с целью обеспечения возможности работы системы автономно на отдельном компьютере, в интрасети и сети интернет.

Список литературы

1. Обходский А.В., Голобоков Ю.Н., Мезенцев А.А. Распределенная информационно-измерительная система токамака КТМ с функциями удаленного доступа к экспериментальным данным // Приборы и системы. Управление, Контроль, Диагностика. – 2012. – №8. – С. 57-61.

2. Обходский А.В., Москалев В.А., Чучалин И.П., Союменко А.А. Аппаратно-программный комплекс управления потоками данных для повышения эффективности информационно-измерительных систем исследовательских установок // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2013. – №11. – С. 44-49.

ВЫБОР SCADA-СИСТЕМЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ АСУ ТП

И.Г. Пищальников, Н.Н. Самчук, Д.С. Шелопугин, А.С. Забанов

г. Томск, Томский политехнический университет
e-mail: pish6@mail.ru

Современная АСУТП - это многоуровневая человеко-машинная система управления. Для создания АСУ используются автоматические информационные системы сбора данных и вычислительные комплексы такие, как SCADA-системы, которые постоянно совершенствуются вместе с техническими средствами и программным обеспечением [1].

Концепция SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition - диспетчерское управление и сбор данных) зависит от развития систем управления и результатов научно-технического прогресса [2]. SCADA-технологии применяются для того, чтобы достигнуть высокого уровня автоматизации в задачах разработки систем управления, сбора, обработки, передачи, хранения и отображения информации [3].

SCADA-система является основным и самым перспективным методом автоматизированного управления сложными динамическими системами. В ходе проделанной работы был произведен сравнительный обзор четырех SCADA-систем (TraceMode, CoDeSys, MasterScada, Genesis), из которого были выделены преимущества и недостатки каждой из них [4]. По результатам сравнения пришли к выводу что MasterScada является наиболее предпочтительной для использования при решении задачи АСУ ТП, и исходя из заданных критериев: кроссплатформенность, цена, определенность на технические средства, возможность программирования на различных языках. К основным преимуществам данной системы относятся: единая среда разработки всего проекта, мощная 3х-мерная графика и мультимедиа, библиотека мнемосхем с объектов, широкий диапазон вычислительных возможностей и многое другое.

Литература

1. Научно-технические прогрессы: [Электронный ресурс] – Режим доступа: свободный, <http://kazanets.narod.ru>. НМІ на базе операторских станций.
2. Мир компьютерной автоматизации: [Электронный ресурс] – Режим доступа: свободный, <http://kazanets.narod.ru>. Мир компьютерной автоматизации.
3. SCADA-системы : [Электронный ресурс] – Режим доступа: свободный, www.prosoft.ru. - SCADA-системы.
4. Компоненты SCADA-пакета: [Электронный ресурс] – Режим доступа: свободный, www.ИнСАТ.ru. - Scada – системы.

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ ТОКАМАКА КТМ

П.П. Покровский, В. А. Кудрявцев

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: paxin7@hotmail.com

На сегодняшний день предложено множество различных альтернативных источников энергии, мощнейшим же из предложенных по праву является токамак. Что касается воплощения его в жизнь то тут возникает ряд трудностей, которые в ближайшем будущем поможет решить моделирование как процессов происходящих в будущем термоядерном реакторе, так и систем позволяющих эти процессы контролировать и этими процессами управлять. В первую очередь необходимо побеспокоиться о безопасности при проведении эксперимента. Эту задачу должна выполнять система противоаварийной защиты, а именно непрерывный контроль основных технологических параметров установки и выработка управляющих воздействий в случае обнаружения аварийных ситуаций. Выполнение задач контроля исправности технических средств системы автоматизации эксперимента, включая задачи тестового самоконтроля. Перевод установки в безопасное состояние при наличии неисправностей в устройствах системы автоматизации эксперимента. Ведение базы данных произошедших аварий с возможностью автоматической идентификации текущего состояния оборудования и вариантов локализации неисправностей с выполнением одного из видов защитных воздействий. В случае невозможности автоматической идентификации - обеспечение участия оператора в принятии решения. На данный момент разработана модель которая отвечает всем требованиям реализует и необходимые функции. Изначально разработка велась под Windows в среде Matlab так же рассматривалось дальнейшее развитие модели с использованием Scada системы TraseMode. Ввиду высокой стоимости лицензий на вышеперечисленные продукты было принято решение перенести разработку на бесплатный и открытый Linux который поддерживает различные много-платформенные среды разработки. В статье будут рассмотрены основные аспекты реализации модели пути ее дальнейшего развития и возможные способы сопряжения с различными вариантами реальных объектов, а именно стендов, датчиков и прочих компонентов системы автоматизации эксперимента. Так же будут обоснованы экономически выгодные решения для разработки и реализации и возможные трудности с которыми придется столкнуться при переходе с одних платформ на другие. Так же в конечном варианте модели был внесен ряд изменений оптимизирующих схему информационных потоков, расширен и доработан алгоритм функционирования.

ВЫПАРНОЙ АППАРАТ

А.А. Полосин, А.Д. Исаков, П.П. Локтюшин

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: chadik.free@gmail.com

Выпарной аппарат является неотъемлемой частью многих производств. Его предназначение состоит в повешении концентрации твердых веществ в растворе за счет уменьшения количества воды путем ее выпаривания.

Целью нашей работы были разработка конструкции и изготовление физической модели выпарного аппарата. Промежуточные задачи нашей работы содержат в себе обзор литературных источников об устройстве выпарного аппарата, конструкционный расчет процессов, разработка эскизов и как результат само создание физической модели.

При помощи данной модели планируется вывести зависимости и законы процессов происходящих в выпарном аппарате, и последующее возможное использование этих данных для повышения качества и производительности, уменьшения энергозатрат и других улучшений производственных выпарных аппаратов.

ОЦЕНИВАНИЕ И РАСПОЗНАВАНИЕ СОСТОЯНИЙ СТОХАСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

О.В. Рожкова

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: rova@tpu.ru

Широкий класс задач обработки наблюдений заключается в следующем: по реализации $z_0^t = \{z(\sigma): 0 \leq \sigma \leq t\}$ случайного процесса z_t необходимо для случайного процесса x_t найти оценки $\mu[\sigma, t, z_0^t]$ (задача оценивания), либо построить решающее правило $\delta[t, z_0^t]$ (задача распознавания) о состояниях x_t . Задачи оценивания в зависимости от соотношения между моментом окончания наблюдения t и моментом времени σ , в который необходимо получить оценку $\mu[\sigma, t, z_0^t]$ для x_σ , разделяются на три типа: фильтрация ($\sigma = t$); интерполяция ($\sigma < t$); экстраполяция ($\sigma > t$). *Предмет исследования* - задачи оценивания и распознавания.

Рассмотрение проблемы оценивания случайных процессов было начато классическими работами А.Н. Колмогорова и Н. Винера, в которых были решены задачи минимизации среднеквадратической ошибки оценок фильтрации, интерполяции и экстраполяции стационарных случайных процессов в классе линейных фильтров. Следующим фундаментальным вкладом в развитие теории оценивания случайных процессов являются работы Р.Е. Калмана и Р.С. Бьюси, в которых дается решение задач дискретной и непрерывной линейной фильтрации и предсказания. Наиболее значительным вкладом в решение задач нелинейного оценивания являются работы Р.Л. Стратоновича, Р.Ш. Липцера и А.Н. Ширяева, Дж.Р. Фишера и Е.Б. Стира, Б.Д.О. Андерсона, Т. Накамизо, В.С. Пугачева. В этих работах оба процесса x_t и z_t одновременно являются процессами с непрерывным, либо дискретным временем. На практике распространена ситуация, когда вместе с непрерывными наблюдениями z_t могут присутствовать в отдельные моменты времени дискретные наблюдения $\eta(t_m)$ ($m = 0, 1, 2, \dots$). Принципиально новая ситуация заключается в том, что наблюдаемые процессы z_t и $\eta(t_m)$ обладают памятью произвольной кратности N относительно ненаблюдаемого процесса, т.е. z_t и $\eta(t_m)$ зависят не только от текущих, но и от произвольного числа N прошлых значений $x_{t_1}, x_{t_2}, \dots, x_{t_N}$ процесса x_t . Для подобного класса процессов в работах Н.С. Дёмина рассмотрены задачи фильтрации и обратной экстраполяции. Другим важным классом задач являются задачи синтеза алгоритмов оценивания в условиях наличия аномальных помех.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЙ И РАСХОДОВ ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ЛИНИЯМ ПРОИЗВОДСТВА ФТОРА

О.П. Савитский, В.Ф. Дядик

г. Томск, Томский политехнический университет
e-mail: oleg_sav@pochta.ru

Для эффективной работы АСУ ТП требуется разработка, отладка и тестирование алгоритмов управления. Проведение данных работ непосредственно на объекте управления не предоставляется возможным из-за технологических и технических ограничений. В связи, с чем возникла задача замены реального объекта на математическую модель производства фтора (ПФ). Основными моделируемыми параметрами являются: выработка фтора, распределение давления и расхода по технологической линии.

Для разработки модели гидродинамических режимов применена процедура последовательного решения следующих задач:

- 1) построение моделей отдельных элементов;
- 2) объединение моделей элементов в модель ПФ.

Математические модели отдельных элементов были построены на основании уравнений и допущений изложенных в [1, 2, 3].

На базе уравнений отдельных элементов, в программной среде MATLAB SIMULINK была составлена модель гидродинамического режима ПФ. Коэффициенты модели были найдены по результатам обработки данных с реального производства.

Адекватность математической модели проверялась по соответствию значений переменных, рассчитанных с помощью созданной математической модели и значений переменных, имевших место в ходе реального технологического процесса.

Созданная математическая модель адекватно представляет процесс ПФ, что подтверждается результатами моделирования хода реального технологического процесса.

Список литературы

1. Фрэнкс Р. Математическое моделирование в химической технологии. Перевод с английского. Москва Химия 1971г. 272 с
2. Чухраева Н.В. Расчет простых и сложных газопроводов. Методические указания к выполнению практических работ по курсу «Подготовка, транспорт и хранение скважинной продукции» - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 13 с.
3. Мордасов М.М., Мордасов Д.М., Трофимов А.В., Чуриков А.А. Технические средства автоматизации. Ч. 1. Пневматическая ветвь. - Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. 168 с.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ НАСТРОЙКИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ

П.В. Сиделёв, Ю.А. Чурсин, С.С. Михалевич, С.А. Байдали

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: sidelevpetya@mail.ru

Часто перед инженерами, занимающимся пуско-наладкой новых систем стоит задача быстрой настройки контуров управления без риска повреждения оборудования. В этом ему может помочь программное средство легкое в освоении, не требующее значительное количество вычислительных мощностей, позволяющее решать следующие задачи:

- ввод данных с объекта управления для дальнейшей идентификации;
- идентификация несколькими способами;
- синтез системы управления или реализация модели существующей системы;
- расчет параметров регулятора или регуляторов;
- расчет показателей качества синтезированных систем по управлению или возмущению (в том числе исследование систем на грубость).

С учетом конкретных задач, стоящих перед инженерами, специалистами Томского политехнического университета было разработано программное средство «SimSAR» для моделирования, расчета и исследования произвольных контуров управления систем автоматизированного управления (САУ). Математический аппарат программного средства основан на теории пространства состояний[1,2].

Разработанное в результате программное средство позволяет быстро и эффективно решать поставленные задачи, а благодаря модульной концепции разработки программный продукт может дорабатываться под каждого конкретного заказчика. Могут добавляться специфические объекты, регуляторы, возможность взаимодействия с требуемыми аппаратными средствами и т.д.

Список литературы

1. Julius O. Smith III Introduction to Linear State Space Models, Stanford, California, 2014.
2. I.K. Peddle, WH Steyn Control System 414, Overview of Control Systems, Feb 2014.

РАЗРАБОТКА ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ДЛЯ ИНДУКТИВНОЙ НАГРУЗКИ

К. В. Сонин

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: kirich@sibmail.com

Была проведена исследовательская работа по разработке модели импульсного источника питания на индуктивной нагрузке, а также исследование работы данной модели. Разработанная модель в дальнейшем может быть реализована в качестве реальной модели при разработке индукционных печей. На начальном этапе работы была поставлена основная задача – разработать модель импульсного источника питания для реального прототипа индукционной печи с учётом длины силовой линии, связывающей печь и источник питания. Разработанная модель импульсного источника питания может быть использована в индукционных печах для плавки и перегрева железоуглеродистых металлов токами средней частоты. Основная работа была направлена на разработку некоторых элементов цепи питания для индукционной печи, таких как: схема высокочастотного генератора, источник переменного тока, схему силового модуля входящего в состав каждой ячейки инвертора. Следующим этапом была разработка и расчёт согласующего трансформатора. Была выбрана схема данного устройства, продуманы все ее основные составляющие и проведен расчёт всех необходимых элементов, таких как: площадь поперечного сечения магнитопровода, количество витков в катушках, сечение провода, диаметр проводов, и т.д., необходимых для создания реального устройства. При расчёте трансформатора соблюдались два условия: это обеспечение теплового режима элементов трансформатора и получение заданной индуктивности рассеяния. Заключительным этапом являлась разработка и расчёт схемы резонансного контура токов. Контур токов представляет собой инвертор, силовая 15 метровая линия, резонансный конденсатор и индуктор. Резонансный конденсатор необходим для кратковременного резкого увеличения тока, который затем подаётся на шихту металла в индукторе и плавит её. В результате проведения исследовательской работы на данный момент существует вариант общей схемы устройства, которую можно реализовать в виде модели для дальнейших исследований.

Литература

1. Худяков В. Моделирование устройств силовой электроники: уроки 1–7 изд. Силовая Электроника. – 2008. – №1. – С. 92–99.
2. Белкин А.К., Костюкова Т.П., Рогинская Л.Э., Шуляк А.А. Тиристорные преобразователи частоты. Изд. Энергоатомиздат. – 2000г.

ИТОГИ 70 ЛЕТ РАЗВИТИЯ - ОТ КИБЕРНЕТИКИ ДО «ОБЩЕЙ ТЕОРИИ СИСТЕМ» И АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ПАРАДИГМЫ ФИЗИКИ ДО СИСТЕМО-ИНФО-ФИЗИЧЕСКОЙ

М. Е. Тотьменинов

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: metotark@tpu.ru

В 2014г. совпали 3 этапа: 60 лет работы каф. ЭАФУ ТПУ по разработке систем управления и по подготовке специалистов для таких систем, 70 лет «Кибернетики» - научной основы каф. ЭАФУ и 60-летие «Общей теории систем», как точки узла развития «Кибернетики». И эти 3 системы создали «угол-развилку» с 0-точкой «кибернетики» (точкой начала, истока) и с 2-я точками-узлами - итогами 2 направлений развития. Где каф. ЭАФУ создает реалии материи (явь) на основе инфо (нави, не яви) «кибернетики», с ее ν - частотно-вибрационной базой. А «ОТС» - обобщает принцип нави (инфо) и ее ν для любых систем - инфо и материи Мироздания. И выявляет базу понятий: исток, причина, цель, система, развитие и жизнь всей яви и нави сущего. Но эти аспекты сущностей, чувств и эмоций не описывают: время, прямая линия и 3D геометрия Эвклида (Э); и физика бесцельной гео-точки материи Ньютона (Н). Все они скрыты в инфо - в нави физмата описаний.

Развитие ОТС к 2014г выявило из Кибернетики основы, дополняющие базу физики Мироздания: 0-точку (исток), преобразование, узел, система, пространство состояний и действий со спектром вибраций ν и с объемами инфо U для яви и нави его сущностей, их целей, чувств, эмоций и оценок.

В итоге: в базу физического познания (t, x, p) вошли $[\nu, U]$ кибернетики, что расширило пространство знаний и вскрыло целевые функции развития и жизни - «темные места» физико-математического познания и описания.

Но, за 70 лет научная база «кибернетики» и практика инфотехнологий и АСУ ТП создали «научный хаос» в описании и осмыслении Мироздания на базе Материи и Инфо-Материи. Разные виды «инфоконтактов» усилили за 40 лет этот хаос в общем сознании людей, а за 20 лет привели к этой грани обострения социо отношений между условными «Восток-Запад» в 2014г. Особенно в последние 10 л., когда «инфо цунами» от ВРВ «затопило умы» людей. И создало: выбор «сферы правил» для каждой жизни на принципах - или прежних основ Материи, или на новой базе Инфо-Материи. Когда, как и 100 лет ранее, их граница проходит в области отношений между Общим и личностью, но на уровне Вселенной, а не земных реалий. И поэтому центр смысла тезисов доклада смещен - из области воздействия «Кибернетики» на практику технических систем. В понятийную сферу и на (по / со) знание личности. И на их последствия - в области иных, новых социо отношений.

Доклад раскрывает и поясняет эти утверждения: рядом схем «Причина-Следствие» (сПС), чего обычно нет в физмате описаний-осмыслений. Это, не только весьма затрудняет изучение этих дисциплин, но и, очень часто, создает не точное осмысление смысла процессов и явлений. По простой причине: схемы «ПС» позволяют обзорно увидеть и понять логику задач (процессов), поясняя «тьму» их внутренних, скрыто-неявных инфо-связей.

Они же, сПС, проясняют и смысл базовых понятий: «система, модель» в основах системного описания и осмысления. «Система: - выделенные подсистемы-фракталы, открытые по своим связям для воздействий ν от: внутренних подсистем, окружающих систем и верхних надсистем». Это определение «системы» оцениваем как «полное и общее» среди иных вариантов осмысления понятия «система». (Они - следствие открытости и связей и выделяют иные аспекты систем). Тогда как открытость, связи, ν и фракталы (подобие частей и общего) ведут к осмыслению и осознанию Общего Закона Мироздания: «Общины». А также и вклада этих 5 основ в создание и развитие Мироздания. Выделяя и значение понятия «система» для осмысления связно-открытого реального мира инфо-материи. Как и его процессов. Создавая и поясняя: суть и необходимость замены прежних основ осмысления мира с базой: бесцельной, «инфо-обрезанной» материи с замкнутой точкой материи Ньютона. (Созданных в начале развития познания и только для яви и на базе простоты: разделения Аристотеля и аксиом Эвклида). И

VI Международная научно-практическая конференция «Физико-технические проблемы атомной науки, энергетики и промышленности»

Секция 1. Информационные технологии, автоматизация, системы управления.

замены - на **связно-системное Общее**, показанное Богдановым в 1928г.

Понятия «**парадигма**» и «**модель**» - следствия смысла «**системы**». Они представляют те системные особенности Мироздания и Мировосприятия с базой тех положений, которые создают понятие «система». Это приводит к системному материя-инфо-частотному смыслу понятия «**парадигма**»:

Парадигма: модель взаимных связей фракталов, ν инфо-материи в системной Общине - в версиях все включающего Мироздания: в **Омниверсе**.

Выводы из рисунков для этапов познания, осмысления 0 и развития ОТС.

1. Этапы развития познания в Евразии: I - передача знаний от цивилизаций прошлого (до - 1г.); II - с 1г. по 2014г. - саморазвитие от принятого «0».

2. Ранние знания сохранили: Египет, Израиль, Индия, Китай, Майя, Русь... С видом разных баз и основ: Тетраграмматон ЯХВЕ, Азбука, Календарь...

3. Индикатор осмысления знаний и развития некой цивилизации - понятие «ноль», его символ - «0» и техно-научно-культурные итоги от действий с 0.

4. Начало пути с «0» - общий этап начала развития знаний «детей» в сфере этико-эмоций: Египта, Китая, Майя ... и иных новых подрас и наций Земли, Европы, русов. Путь латинян от «обнуления-каннибализма» при Одиссее и обучения их затем этрусками [~1 т.л.] и до визита Путина в Рим и Триест в 11.1913г. [~2,3 т.л.] - пример четко-полного развития. Аналог же развития их: Англия, США, ..., «наци» и «закат Европы» - правая часть схемы ОТС.

5. Затем - переход в радио-разумную (техничко-научную) область познания и создания реалий. Так к знанию Шумер «0» [~ к (-2000г.)] Индия пришла к [~ (-500г.)]. Арабы, узнав о «0» ~ в 850г, создали базу алгебры $0=f(x)$. Об алгебре Италия узнала ~ к 1200г. А «шаг 0» в Европу (~ 1500г.) создал: ряд «исчислений» математики с вершиной «вариационного» с $\delta v=0$ ~ к 1750г.

6. Равенство $\delta v=0$ - стало базой для создания высших достижений техники, развития познаний в космологии и выхода на уровень Вселенских явлений. Приведа к «большому взрыву» и к «наилучшему (Optimal) управлению».

7. Но космология создала пересмотр аксиом прямой линии и 3D Эвклида и, поняв иные виды пространств, оставила лишь базу $\rho_{xy}=\rho_{yx}$ метрического. 8. А кибернетика и оптимальное управление (из-за ν , U) ослабили значение (вес) материи Мироздания, введя вместо 4D $H=H(t,x,p)$ - пространство 5D: $H=H(t,x,p, U)$. Оно, как пространство состояний и действий, вошло в ОТС. А неучтенная инфо U - предмет «задумчивости» об итогах на коллаидере.

9. Далее. Все задачи Орт управления, включая и временные, и космологии, сводимы к задаче Орт управления для некой переменной X_t пространства. Тогда для (x,t) процессов Вселенной переменная t - не нужна. Это логично, так t - итог работы линейно-«детских» знаний менталитета Эвклида, ученика Аристотеля. А (А), не достигнув осмысления Мира, как Пифагор и Платон, а лишь на базе «знаний-сознания ребенка», обобщил: «разделяй и властвуй». Отметим: «это было - нужно», как такой вид опыта - в Σ **Общего** развития.

10. Известно, что $E=h\nu$, где ν - частота пространства, но это свели к $E=h\omega$, к «стилю» Ньютона, поддержав его в споре с Гюйгенсом о t , m и ν . Но из E и Орт управления, следует, что ν - основа Вселенной и прав Гюйгенс, как и в оценке m и p . (Об этом Англии сообщили еще в 1880-85гг, но это она - не поняла. Как скрыла и скрывает «III Обращение к Человечеству от 1929г.»)

11. Итог этих аспектов физики и Орт управления - Гамильтониан: $H=H(t,x,p)$ не имеет смысла той **полной** энергии, на базе которой С.Хокинг понимает жизнь, процессы и развитие в виде «Вселенной С.Хокинга». С принципами базы «хищного обнуления иной жизни, спора-крови и лжи 2-го дна»: итога базы «детских принципов» Аристотеля, Эвклида, Империи Рима и **бесцельной m** материи Ньютона. И это показывает сравнение: истории развития Англии и учителя ее - империи Рима (в т.ч. по рис. «Развитие знаний за 9 т.л.»). Из которых следует: развитие менталитета Англии и ряда иных стран требует ~ 300-700 лет для развития-подъема их частной этико-эмоцио-духовной базы до сознания Италии. Оценки $\Delta t_{\text{коп.}}$ для стран (наций) можно уточнить при развитии истмат описаний истории, подобно: «Развитию знаний за 9 т.л.».

12. Учет $E=h\nu$ и $H=H(t,x,p, U)$ Орт управления приводит к действительной **полной** энергии явного и инфо-скрытого мира (нави) в виде $E=E(x, \nu, p, U)$ Вселенной, где вместо импульса Ньютона p введена плотность ρ Гюйгенса. А если учесть, что ρ - следствие изменения ν при конденсации E в плотность ρ вещества (в частности - $m=[(h\nu)/(C^2)]$), то $E(x,\nu,p,U) \Rightarrow E(x,\nu,U)$. И

VI Международная научно-практическая конференция «Физико-технические проблемы атомной науки, энергетики и промышленности»

Секция 1. Информационные технологии, автоматизация, системы управления.

это та энергия E и те процессы, что не учтены в поиске «бозона X » на коллайдере.

13. Ошибка управления - 4-й аспект « 0 »: $[\Delta=(X_3 - X_d)]= 0$. Смысл положения: Δ - ошибка, погрешность между значениями: заданным X_3 и достигнутым X_d должна быть равна 0 . Это главное условие устойчивой работы любых живых и технических систем. И его можно оценивать как - итог, который должен быть достигнут и использован при различных и разных вариантах путей, движений и развитии состояний всех систем - живых и технических.

14. Из приведенного выше следует, что понятие и символ « 0 » «содержит и включает в себе» - разные аспекты и варианты проявлений и развития. Так понятие « 0 » определило - место, процесс и состояние появления «нового»; равенство « $f(x)=0$ » - стало началом технико-научного познания и развития; формула « $\delta v=0$ » - стала базой познания аспектов Вселенной и жизни в ней; условие « $\Delta=0$ » - определило устойчивое состояния и развитие форм жизни. Итог из этих 4 фактов: люди Земли - достигли нового варианта развития. О чем - так много было сказано и ранее, но, особенно, после: 1987г. и 2003г.

15. Цели и задачи нового развития поясняют те же дисциплины: 'К', 'ОУ', 'ОТС'. На основе 3 частей **min** «системы преобразователя»: канала истока - « 0 -точки», преобразователя (**П**) частот и узла стока (УС). Где частоты УС выхода отражают - уровень частотного развития некой системы **П**. И этого достаточно, чтобы описать и осмыслить большинство процессов и явлений Мироздания. От свойств (качеств) некой личности (системы) до Общины

Омниверса. Что не возможно - при изучении свойств динамикой Ньютона.

16. 22 года опыта ознакомления с аспектами Высшего разума - все инфо контакты и материалы от ВРВ утверждают : Община, духовно-научный путь, успешный Галактический опыт с передачей высшего генофонда, восхищение успехами людей, элитарность статуса и малое количество землян, 1-ое в истории Вселенной «вознесение всей планеты»

17. Соответствие основ знаний прежних цивилизации Земли с базой современных знаний и основными положениями материалов от ВКР

19. Принцип подвига и Ставка на ведущую роль России на длительный период. Труд - главное средство для цели присутствия на Земле - для набора опыта творения и отношений, и для развития духовно-моральных качеств. Вселенной нужны «пахари», а не «халява».

Итоги и выводы.

1. Понятия «К», «ОУ», «ОТС»: «система», U , v , «модель» очистили знания от ранних «детских заблуждений» и вывели людей на новый этап развития во Вселенной. Цели, задачи нового развития следуют из тех же дисциплин.

2. Начало всего сущего: 0 -точка, неявный исток. Она содержит внутри себя все потенциалы развития и жизни любых сущностей явной и неявной реаллий.

3. Состояние «бытия» 0 -точки - состояние неявной сущности Вселенной, явной, не раскрытой до состояния явной реальности в некой форме материи.

4. Причина раскрытия 0 -точки - вибрации: внутренние или внешней среды.

5. Смысл 0 -точки сохранили: с (-5508г) Русь в «Азбуке» и в «сказах», Египет ~ с (-3900г) в «Арканах Тота» и с (-3761г) Тетраграмматон Яхве Израиля. А также - первые положения «Бытия Библии».

КОНСТРУИРОВАНИЕ СТРУКТУРИРОВАННЫХ ФИНАНСОВЫХ ПРОДУКТОВ С УЧЕТОМ РИСКОВОГО ПРОФИЛЯ ИНВЕСТОРА

М.Э. Фатьянова, М.Е. Семенов

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail:

Инвестирование средств в финансовый рынок – популярный способ вложений как среди частных трейдеров, так и крупных организаций. Закономерности развития финансовых временных рядов постоянно меняются. В таких условиях задача создания и использования инвестиционных продуктов с определенными свойствами является актуальной. Одним из возможных способов создания таких продуктов является СП.

СП – это инвестиционная стратегия, основанная на сочетании безрисковых активов и производных финансовых инструментов. Комбинации финансовых инструментов с разным уровнем риска предоставляют инвестору возможность эффективного управления капиталом с потенциальной доходностью выше банковского депозита.

При использовании СП инвесторы могут выбрать приемлемые для себя сочетания доходности и риска, чего нельзя сказать об инструментах классического фондового рынка. Кроме того, данный способ инвестирования позволяет получить прибыль при любом сценарии развития рыночной ситуации (падение или рост базового актива), не рискуя при этом вложенным капиталом [1].

Данная работа посвящена конструированию СП с учетом рискованного профиля инвестора. Предметом исследования является методика формирования структурных продуктов.

В работе определены основные предпочтения инвесторов, которые оказывают влияние на выбор им СП. Рассмотрена модель внутреннего устройства СП. При этом рассчитана доходность каждого СП, которая превышает доходность по депозиту. Для расчета опционной составляющей в работе использовались формула Блэка-Шоулза, биномиальная модель и метод Монте-Карло [2]. Приведены иллюстративные примеры моделирования СП, рассчитанных на рост, падение, колебание базового актива, а также СП со встроенными барьерными опционами.

Список литературы

1. Некрасова И.В. Структурные продукты как разновидность банковских продуктовых инноваций // Вопросы регулирования экономики. -2012.- №3.- с. 117-125.
2. Буренин А.Н. Форварды, фьючерсы, опционы, экзотические производные. – М.:НТО – 2008.– 512 с.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВЫПАРНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ В ТЕХНОЛОГИЯХ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАННОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

И.Ю. Шевяков¹, К.А. Козин¹, А.Г. Горюнов¹, Ф.Э. Гофман², Б.Я. Зильберман³,
Д.В. Рябков³

¹г. Томск, Томский политехнический университет

²г. Гатчина, ООО «Сенсор»

³г. Санкт-Петербург, НПО Радиевый институт им. В.Г. Хлопина

e-mail: kozin@tpu.ru, alex1479@tpu.ru, sensor@gtn.ru

Реализация замкнутого ядерного топливного цикла (ЗЯТЦ) на тепловых и быстрых реакторах приводит к острой необходимости решения ряда задач, включая обоснование выбора технологии ОЯТ посредством проведения экспериментальных исследований на экспериментальном и опытно-промышленном оборудовании для перспективных технологий ЗЯТЦ. При этом создание эффективного радиохимического производства, с учетом его высокой радиационной, ядерной и экологической опасности, невозможно без использования качественных и по возможности простых в реализации и эксплуатации систем автоматического управления технологическими процессами, проводимыми в не стандартизованном оборудовании, включая большое количество нового или реализуемого впервые в опытно-промышленном масштабе.

В технологиях переработки ОЯТ для кондиционирования растворов зачастую применяют метод непрерывного упаривания: кондиционирование жидких отходов, концентрирование целевых продуктов в линии урана. Как следствие, обеспечение эффективного непрерывного режима цепи технологических переделов будет зависеть от работы выпарного оборудования. Существенным его отличием от подобных промышленных аппаратов химической технологии является малый объем вследствие относительно небольшого масштаба производства в защитном исполнении и обеспечения ядерной безопасности. В данной работе методом математического моделирования исследуется однокорпусной выпарной аппарат с вынесенной греющей камерой. Построение глубокой детализации модели затруднено как неразработанностью описания динамики межфазного равновесия процесса упаривания (даже в макроскопической сосредоточенной постановке задачи), так и наличием взаимосвязи с другими технологическими узлами. Результаты показали наличие у объекта многосвязности переменных, существенной нелинейности по отдельным каналам управления, а также отсутствие самовыравнивания. Проверка адекватности проводилась по экспериментальным данным, полученным на лабораторном выпарном стенде ОАО «Радиевый институт имени В.Г. Хлопина» (Санкт-Петербург). Предложены и исследованы различные варианты систем автоматического управления. Непрерывное измерение плотности и уровня раствора в аппарате обеспечивалось капиллярными уровнемерами-плотномерами разработки ООО «Сенсор». Регулирование малыми расходами растворов реализовано весовыми дозаторами, контролируемых тензометрическими датчиками

Литература

1. Таубман Е.И. Расчет и моделирование выпарных установок. – М.: Химия, 1970. – 216 с.
2. Ф.Э. Гофман и др. Лабораторный выпарной стенд с автоматизированной системой управления. Процессы и аппараты химической технологии. Т.13, №9, 2012, с.565-570.

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ГРАДУИРОВКИ РАСХОДОМЕРОВ И ИССЛЕДОВАНИЯ САУ РАСХОДОМ ВОЗДУХА

В.Ю. Эверт, А.А. Денисевич

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: denisevichaa@tpu.ru

Системы автоматического управления (САУ) предназначены для управления каким-либо объектом, который входит в состав САУ, как один из основных элементов. САУ построены таким образом, что они обладают структурной и логической организованностью, направленной на достижение поставленной цели. Эта организованность подвержена различным отрицательным воздействиям как со стороны внутренних факторов, так и со стороны внешних по отношению к САУ факторов (помехи, ошибки в исходных данных и т. д.). Указанные выше факторы получили название возмущающих воздействий, которые стремятся нарушить работу САУ и, следовательно, нарушить процесс достижения поставленной цели [1].

Современные САУ обеспечивают такое управление, при котором последствия возмущений в значительной мере устраняются. В настоящее время в рамках курсов «Методы контроля технологических параметров ядерных энергетических установок» и «Системы управления химико-технологическими процессами» появилась необходимость в лабораторном стенде градуировки расходомеров и исследования САУ расходом воздуха.

В результате проделанной работы спроектированы и изготовлены расходомер переменного перепада давления, тепловой расходомер и расходомер Annubar [2]. Разработанный стенд градуировки расходомеров и исследования САУ расходом воздуха, позволяющий студентам получить практические навыки работы с реальными приборами. Разработано ПО и графический интерфейс для лабораторного стенда. Была проведена градуировка расходомеров с помощью выбранного эталонного вихревого датчика OPTISWIRL. Полученное в ходе расчетов значение погрешности измерения расхода, равное 7 %, свидетельствует о том, что разработанный лабораторный стенд градуировки расходомеров отвечает поставленным требованиям. Также, была спроектирована и исследована САУ расходом воздуха. В ходе работы была проведена настройка ПИ-регулятора, позволившая получить переходный процесс САУ с временем регулирования 16 с и перерегулированием в 2 %, что свидетельствует об работоспособности разработанной САУ.

Литература

1. Савинов А.П. Методы контроля технологических параметров ядерных энергетических установок, 2008 г. [элект. ресурс]: Лекции ТПУ. – Режим доступа: <http://www.ele.lcg.tpu.ru>.
2. Денисевич А.А., Ливенцов С.Н., Ефремов Е.В. Методы контроля технологических параметров ядерных энергетических установок: учеб. пособие. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2013. – 88 с.

Секция 2

Ядерные реакторы и
топливные циклы

RADIATION CHARACTERISTICS OF NEW GENERATION NUCLEAR MATERIAL

S.V. Bedenko, I.M. Gubaidulin, A.A. Trifonov, M.V. Yakovlev

Tomsk, Tomsk Polytechnic University

e-mail: bedenko@tpu.ru

Nowadays the increase of nuclear industry effectiveness is connected with the solution of two principle tasks. The first task is connected with the regeneration of the irradiated fuel (SNF) and its return to the nuclear cycle. The second – increase of the burn-up depth of the operating oxide fuel UO_2 as well as new types of perspective fuel compositions like $(Pu,Th)O_2$, $(U,Pu)O_2$, $UC/(U,Pu)C$, $UN/(U,Pu)N$.

All these leads to the increase of SNF volume, complication of ecological situation, nuclear and radiation hazard of existing nuclear reactors and nuclear power installations of new generation.

The researches carried out in [1,2] showed that in the next 15–20 years there will be an increase of SNF volume accumulation by 2.5–3 times in the world. In Russia currently there is an urgent problem of SNF of uranium-graphite reactors (UGR) and other reactor installations (RI), the fuel of which is not reproduced, but is stored in at-reactor storages at nuclear power plants (NPP).

The increase of operating UO_2 burn-up depth as well as appearance of new perspective ceramic types of fuel for existing reactors and nuclear power installations (NPI) of the new generation require development of conceptually new approaches to procedures of handling such fuel, which is conditioned by safety of existing transport means and long-term storage systems.

The authors of the present work consider the methodology of handling and operational use peculiarities of dry-storage systems of SNF. It allows developing technical and regulatory requirements for handling SNF of new type NPI.

REFERENCES

1. Stroganov A.A., Kuryndin A.V., Anikin A.Yu. Correspondence analysis of Russian and international normative base on safety regulation at radioactive materials and spent nuclear fuel rtransportation // Nuclear and radiation safety. – 2011. – № 3. – pp. 23–25.
2. Bedenko S.V., Gnetkov F.V., Kadochnikov S.D. Doze characteristics of neutron fields of irradiated ceramic nuclear fuel of different types // News of High Educational Institutions. Nuclear power industry. – 2010. – № 1. – pp. 6–12.

CONSTRUCTION OF OPTICAL DIAGNOSTICS IN THE ITER

R.S. Fediuk

Vladivostok, Far Eastern Federal University

e-mail: roman44@yandex.ru

Progress in studies of plasma in tokamaks allowed to proceed to the creation of a fusion reactor based on the tokamak. Currently, with broad international cooperation completes the design and construction of an experimental thermonuclear reactor ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor). The main objective of the ITER project - it is a demonstration of the power reactor based on deuterium-tritium (D-T) fusion reaction, namely, the possibility of maintaining long burning plasma with a tenfold excess of fusion power deposited on the heating power of the plasma. The design ITER fusion power of 500 MW, with an average neutron power load on the first wall is at 0.5 MW/m². To control the operation ITER and physical research needs an effective diagnostic system that provides measurements of plasma parameters when exposed to neutron and gamma fluxes high level of thermal loads and the bombing of the input elements diagnostic particles from the plasma. Under these conditions, the reliability of diagnostic elements is largely determined by their radiation resistance.

Experiments focused on the selection of materials for optical vacuum windows fusion reactor and to study the effects of gamma and neutron irradiation on the properties of the glass were started in the 80s of the last century [1-2]. These studies were based on the experience gained earlier in nuclear reactors and other sources of radiation. Considered work in the formulation of the problem which was based on the first version of the ITER project in 1998. In these studies, in particular, the experimental data for most of the existing types of glass and transparent minerals by induced optical absorption and luminescence under the action of radiation. Concluded that these data are scattered and obtained under weakly correlated with the radiation situation in the modern ITER project.

Consider the composition and implementation principles of optical diagnostics for ITER example of two systems developed in the Russian Federation: the spectroscopy of hydrogen lines (SHL), also known as H-alpha diagnostics and CXRS diagnostics - Charge Exchange Recombination Spectroscopy). H-alpha plasma diagnostics based on registration of the Balmer series of hydrogen lines in the visible region of the spectrum. In ITER is solved with the help of a number of important tasks, namely: monitoring the time variation of the intensity of plasma lines (this is necessary to determine when the LH transition and differentiate types ELMs) hydrogen flux measurements from the wall brightness lines (obtaining information about the recycling of hydrogen), and isotopic compositions at the plasma boundary (the ratio of tritium, deuterium and hydrogen).

К ВОПРОСУ О ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

С.А. Андропенков, С.В. Кречетов, Н.Н. Беловолов

Республика Казахстан, АО «НАК «Казатомпром»

e-mail: nbelovolov@kazatomprom.kz

Энергетика сегодня является важнейшей движущей силой мирового прогресса. Наибольший вклад в удовлетворение энергетических потребностей и обеспечение устойчивого социально-экономического развития человечества в XXI веке должна внести ядерная энергетика. Мировой опыт показывает, что без использования ядерной энергетики вряд ли удастся решить энергетические проблемы, как в ближайшем, так и отдаленном будущем.

После развала СССР в Республике Казахстан (РК) осталась значительная и во многом уникальная часть ядерно-промышленного комплекса. В РК сохранен кадровый потенциал высококвалифицированных специалистов в атомной промышленности и в атомной науке.

Основанием для развития атомной энергетики в Республики Казахстан являются: более 25-летний опыт безаварийной эксплуатации реактора БН-350 в г. Актау; технико-экономическое обоснование (ТЭО) строительства Балхашской АЭС; ТЭО строительства АЭС в г. Актау; развитая уранодобывающая и перерабатывающая промышленность.

Современные формы финансирования проектов строительства АЭС включают:

1. Строительство АС под ключ по договору типа ЕРС-контракт с выделением товарного кредита ~ 90 % от стоимости строительства АС.
2. Концессионное соглашение по схемам ВОО, ВООТ.
3. Совместное финансирование путем выкупа доли акций в компании Заказчике-владельце АЭС.

Наличие политической воли руководства страны является ключевым аспектом в развитии атомной энергетике с учетом имеющихся объективных предпосылок.

Литература

1. Аналитический доклад «О выборе конфигурации и месте размещения атомной станции в Республике Казахстан», разработан Рабочей группой во исполнение протокола совещания с участием Президента Республики Казахстан от 23 января 2013 года № 01-7.1., Астана, 2013 год.

2. Вопросы, которые следует учитывать при разработке ядерно-энергетической программы, МАГАТЭ, Вена, 2008 год.

ОТРАВЛЕНИЕ БЕРИЛЛИЕВЫХ КОМПОНЕНТОВ РЕАКТОРА ИРТ-Т

М.Н. Аникин, А.Г. Наймушин, Ю.Б. Чертков

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: i@itelec.ru

При нейтронном облучении бериллия происходит его повреждение в результате ядерных реакций упругого взаимодействия и ядерных реакций $((n, 2n), (n, \alpha))$ [1]. Облучение бериллия приводит к образованию в нем радиационных дефектов, а так же ядер ^3He , ^4He , ^3H , ^6Li , что снижает прочность и приводит к образованию трещин в бериллиевых блоках, а так же к ухудшению нейтронно-физических характеристик реактора: запаса реактивности и плотности нейтронного потока в экспериментальных каналах.

Нейтронно-физические характеристики реактора ИРТ-Т ухудшаются, в основном, вследствие образования в его отражателе и центральной нейтронной ловушке сильно поглощающих нейтроны примесей.

Расчетная модель подготовлена в программе MCU-PTR [2]. При проведении расчетов были сделаны следующие упрощения:

- продуктами реакции $\text{Be}(n,\alpha)$ являются ядра ^4He и ^6He ; малый период полураспада ядер ^6He (0,8 с) позволяет пренебречь этой реакцией и считать, что в данной реакции появляется непосредственно ^6Li ;

- тритий ($^3\text{H} \equiv \text{T}$) и гелий-3 остаются в бериллиевом блоке в течение всего срока его эксплуатации;

- реактор работает непрерывно без остановок.

- была выбрана упрощенная схема работы: в течении 22 суток — работа на мощности 6 МВт, 51 сутки — время простоя, за год происходит 5 кампаний, энерговыработка каждой кампании составляет ~3200 МВт·час.

На протяжении каждых 3,5 см бериллиевого блока $\Phi_{\text{бн}}$ падает примерно в 2 раза, подобным образом выглядит и распределение отравления.

Была получена зависимость степени отравления бериллия от календарного времени работы. Полученная зависимость позволяет отметить, что в течение первых пяти лет работы бериллиевых блоков в реакторе ИРТ-Т среднегодовая потеря реактивности составляет 0,4–0,5 $\beta_{\text{эфф}}$ /год. В следующие 5 лет она возрастает до 0,9–1,0 $\beta_{\text{эфф}}$ /год и дальше практически не изменяется. Это значение примерно соответствует ежегодным потерям реактивности на реакторе ИРТ-Т.

Литература

1. Андреев Д.В. Анализ поведения изотопов водорода и гелия в облученном нейтронами бериллии и их влияния на его структуру и свойства. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: 01.04.07 . Москва, 2000

2. Описание применения и инструкция для пользователей программ, собранных из модулей пакета MCU-5 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://mcu.vver.kiae.ru/rinfo.html>. Дата обращения: 03.03.2012

СХЕМЫ РАЗМЕЩЕНИЯ И КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ ПО ОБРАЩЕНИЮ С ОТРАБОТАВШИМ ТОПЛИВОМ В СИСТЕМАХ ХРАНЕНИЯ

С.В. Беденко, И.В. Шаманин, М.Н. Плевако, А.Ю. Бородай,
Н.В. Колбышев, В.В. Неясов

г. Томск, Томский политехнический университет
e-mail: bedenko@tpu.ru

Исследуемая в настоящем исследовании научная проблема заключается в поиске оптимальных режимов эксплуатации перспективных топливных композиций, применяемых в РУ нового поколения, в разработке новых схем размещения и концептуальных подходов по обращению с ОЯТ в системах транспортировки и хранения.

Решение проблемы позволит перейти к актуализации следующих научно-технических задач современной ядерной энергетики, а именно: 1) повысить низкую эффективность использования ядерного топлива; 2) снизить радио- и химической токсичность ОЯТ РУ на тепловых нейтронах; 3) решить проблему связанную с истощением сырьевой базы в связи с увеличением количества энергоблоков на тепловых нейтронах.

При решении задач ядерной и радиационной безопасности систем хранения и транспортировки ОЯТ основная проблема связана с радиационной безопасностью и разработкой процедур и регламентов обращения с учетом дозовых характеристик (спектральных и интегральных) ОЯТ [1].

В связи с этим в работе будут проведены расчетные исследования, направленные на изучение ядерно-физических особенностей пороговых ядерных реакций протекающих в керамическом топливе с предельными значениями глубин выгорания, что позволит рассчитать радиационные и нейтронно-физические характеристик систем хранения ОЯТ.

Отметим, что исследуемые в работе задачи должны рассматриваться Государственной корпорацией «Росатом» как приоритетные и принципиально важные для планируемого широкомасштабного развития атомной отрасли, способствующие выходу Российских ядерных технологий на глобальные рынки.

Литература

1. Шаманин И.В., Беденко С.В., Губайдулин И.М. Пороговые реакции и предельные глубины выгорания облученного керамического ядерного топлива // известия вузов. Физика. – 2014 – т. 57 – №. 2. – с. 8–12.

ВЕРИФИКАЦИЯ И АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ
ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКОГО МОДУЛЯ ПРОГРАММНОГО КОДА
СОКРАТ-БН НА ЭКСПЕРИМЕНТАХ В ОДНОТРУБНОЙ И
МНОГОСТЕРЖНЕВОЙ ГЕОМЕТРИИ

Ю.Ю. Виноградова, Н.И. Рыжов

г. Москва, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН
e-mail: vinogradova@ibrae.ac.ru

Современный подход к обоснованию безопасности АЭС требует углубленного анализа аварийных режимов, включая тяжелые запроектные аварии. Для анализа аварий с вероятностью повреждения активной зоны используются интегральные расчетные коды. Код СОКРАТ-БН разрабатывается в рамках ФЦП ЯЭНП. Основным назначением кода является расчетное обоснование безопасности РУ с натриевым теплоносителем (РУ БН-800, БН-1200). СОКРАТ-БН является интегральным кодом, позволяющим моделировать динамику реактора в переходных и аварийных режимах, связанных с нарушением в работе оборудования 1-го, 2-го и 3-го контуров, включая запроектные и тяжелые аварии. В состав кода СОКРАТ-БН включены модули для расчета: теплогидравлических процессов; связанных нейтронно-физических процессов; поведения топлива в условиях аварии; выхода продуктов деления и переноса их в контуре теплоносителя; переноса продуктов деления в помещениях АЭС и в окружающей среде. Точность оценки параметров по разным явлениям устанавливается на основе верификационных процедур. Матрица верификации кода СОКРАТ-БН включает в себя отечественные и зарубежные эксперименты, выполненные в разный период времени. В частности для верификации теплогидравлического модуля используются эксперименты 70-х – 80-х годов, информация о которых ограничена. Это в основном выражается в частичном или полном отсутствии данных по средствам измерения, используемых в эксперименте, что в свою очередь приводит к неопределенности в начальных и граничных условиях. Для оценки чувствительности к неопределенностям входных параметров был выполнен анализ имеющейся информации по измерительным приборам для аналогичных экспериментов. Полученная информация была использована для задания неопределенностей входных параметров, при моделировании тех экспериментов, где отсутствовали необходимые данные. В настоящем докладе представлены результаты верификации и анализ чувствительности теплогидравлического модуля кода СОКРАТ-БН на основе отдельных экспериментов, которые моделируют теплогидравлические процессы, происходящие в переходных и аварийных режимах работы в РУ с натриевым теплоносителем.

СОСТОЯНИЕ ОТРАБОТАВШИХ ТВЭЛОВ ВВЭР-1000
С ПОВЫШЕННОЙ ЗАГРУЗКОЙ УРАНА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ
ПОСЛЕРЕАКТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Е.А.Звир, В.А.Жителев, В.С.Поленок, А.В.Строжук, Г.В.Шевляков,
Г.П.Кобылянский, И.Н.Волкова

г. Димитровград, ОАО «ГНЦ НИИАР»
e-mail: oit@niiar.ru

Улучшение технико-экономических показателей и повышение безопасности эксплуатации ядерного топлива на реакторах ВВЭР-1000 достигается за счет совершенствования конструкции ТВС, повышения ураноемкости твэлов, применения новых топливных и конструкционных материалов. Внедрение в эксплуатацию усовершенствованных кассет ВВЭР-1000 в топливных циклах 4x1, 5x1 и 3x1,5 осуществляется в настоящее время как в России, так и за рубежом. После опытно-промышленной эксплуатации на Калининской и Балаковской АЭС 4 ТВС были исследованы в НИИАР. Увеличение ураноемкости твэлов в них было достигнуто за счет увеличения длины топливного столба, увеличения наружного и уменьшения внутреннего диаметра таблетки.

Результаты послереакторных исследований показали, что по основным характеристикам (геометрические параметры, коррозионное состояние, выход из топлива газообразных продуктов деления) состояние твэлов новой конструкции существенно не отличается от состояния ранее исследованных твэлов ВВЭР-1000. В то же время некоторые особенности были выявлены у твэлов ТВСА-5М. Удлинение у них на 5-6 мм больше, чем у штатных твэлов ВВЭР-1000 при сравнимых выгораниях, а контакт между топливом и оболочкой и появление деформации растяжения оболочки начинаются при меньших выгораниях топлива.

Топливо твэлов в значительной степени реструктурировано. В центральной части концентрация пор выше, наблюдается, так называемое, декорирование границ зерен межзеренными порами. Существенных отличий по выходу ГПД из топлива под оболочку для твэлов исследованных ТВС.

Для всех исследованных ТВС с твэлами новой конструкции ни по одному из параметров, определяющих работоспособность изделий, не установлено признаков истощения ресурса.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЕСПОЛОСТНОГО ЗАПОЛНЕНИЯ ПРИ
СОЗДАНИИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ БАРЬЕРОВ БЕЗОПАСНОСТИ В
ПРОЦЕССЕ ВЫВОДА ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО УРАН-
ГРАФИТОВОГО РЕАКТОРА

А.М. Измestьев, А.О. Павлюк, С.Г. Котляревский

г. Северск, ОАО «Опытно-демонстрационный центр вывода из эксплуатации уран-
графитовых ядерных реакторов»
e-mail: info@dnrc.ru

Согласно «Концепции вывода из эксплуатации промышленных уран-графитовых реакторов (ПУГР) по варианту радиационно безопасного захоронения на месте», утверждённой 28.12.2009, обеспечение безопасности при выводе из эксплуатации ПУГР осуществляется путём надёжной изоляции РАО на территории размещения ПУГР, обеспечивающей радиационную безопасность персонала, населения и окружающей среды на весь период потенциальной опасности РАО.

При реализации данной концепции непосредственно для основных конструкций реакторных установок (графитовая кладка, несущие металлоконструкции, биологическая защита), относящихся к категории особых РАО и не подлежащих демонтажу и удалению, выполнение указанных требований возможно только при условии создания дополнительных барьеров безопасности, обеспечивающих надёжную изоляцию радионуклидов, содержащихся в материалах и конструкциях захораниваемых реакторных установок.

Система захоронения РАО в случае вывода из эксплуатации ПУГР – это совокупность природно-геологических образований (вмещающие и покрывающие породы), шахты ПУГР и приреакторных помещений (объект захоронения), захораниваемых РАО (облученный графит - основной источник активности) и создаваемых инженерных барьеров безопасности.

В докладе представлены разработанные ОАО «ОДЦ УГР» технологии создания надёжных техногенных барьеров для предотвращения выхода радионуклидов из объекта захоронения в окружающую среду на тысячи лет. Представлены основные характеристики материалов, используемые для создания дополнительных геотехногенных барьеров, и основные результаты их апробации при выводе из эксплуатации ПУГР.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СПЕКТРА НЕЙТРОНОВ И ДЕЙСТВУЮЩЕГО ЗНАЧЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ПОТОКА ПОВРЕЖДАЮЩИХ НЕЙТРОНОВ В РЕАКТОРЕ РБМК-1000 С УЧЕТОМ ВЫГОРАНИЯ ТОПЛИВА

А.М. Мочалов, И.Н. Кривцов

г. Томск, Томский политехнический университет
e-mail: ronondor@mail.ru

Анализ результатов научно-исследовательских работ в области работоспособности ядерно-чистого реакторного графита показал, что его срок службы определяется значением критического флюенса повреждающих нейтронов (нейтроны с энергией выше 180 кэВ). В свою очередь, значение критического флюенса зависит от температуры облучения и плотности потока сопутствующего гамма-излучения. В данной работе представлен алгоритм определения связей между условиями эксплуатации графита и параметрами потока повреждающих нейтронов.

Для определения спектра потока нейтронов в реакторе РБМК-1000 разработан порядок проведения итерационного процесса при решении 26-групповой системы уравнений диффузии нейтронов. Получены результаты, характеризующие изменения значений суммарной плотности потока нейтронов и доли плотности потока нейтронов, приходящейся на тепловую группу, при реализации итерационного процесса. Представлены спектры потока нейтронов нулевой и последней, 7-ой итерации. Определено отношение плотностей потоков повреждающих и тепловых нейтронов.

Получены зависимости:

- изменения изотопного состава активной зоны от выгорания ядерного топлива;
- действующего значения плотности потока повреждающих нейтронов от выгорания ядерного топлива для стандартного уран-плутониевого ядерного топливного цикла.

РАСЧЕТ РЕСУРСА СТЕРЖНЕЙ СУЗ РЕАКТОРА ИРТ-Т

И.И. Лебедев, А.Г. Наймушин, Ю.Б. Чертков

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: i@itelec.ru

Для определения оставшегося ресурса стержней СУЗ проведена оценка флюенса тепловых нейтронов на них.

В соответствии с техническими условиями 2135.00.000 ТУ флюенс тепловых нейтронов на стержнях СУЗ реактора ИРТ-Т не должен превышать 1021 нейтр./см².

В состав СУЗ входят 9 поглощающих стержней [1]. Стержни СУЗ, используемые в настоящее время на ИРТ-Т, были установлены в активную зону в 1984 году. Энерговыводка на настоящий момент составила более 300 ГВт при времени работы реактора более 50000 часов.

В основном, в процессе работы реактора на мощности, в активной зоне находились стержни КС-1 и КС-2. Поскольку рабочее положение стержней, в большинстве кампаний реактора, находилось между отметками 400 и 200 мм, то для определения накопленного флюенса рассчитывался поток на нижнем отрезке стержня.

Поток нейтронов на поверхности стержня может быть определен путем расчета в ячеечной программе WIMS-ANL[2], исходя из среднего потока нейтронов по ТВС в которой он находится.

Средние по ТВС потоки нейтронов определялись по программе TIGRIS путем пространственного нейтронно-физического моделирования активной зоны ИРТ-Т при заданной мощности.

Рассмотрено несколько загрузок активной зоны, в которых глубины выгорания ТВС со стержнями КС-1 и КС-2, близки к средним. Были получены значения потоков тепловых нейтронов по высотным слоям ТВС. Соответствующих нижнему отрезку поглощающей части стержня.

Определены соотношения среднего потока тепловых нейтронов к потоку тепловых нейтронов на оболочке и поверхности стержня. Расчеты проведены для трех- и шеститрубных ТВС с каналом СУЗ.

Расчеты показали, что флюенс тепловых нейтронов на поверхности поглощающего элемента для максимально напряженного участка стержней группы КС-2 достиг предельно допустимого значения 1021 нейтр./см². Рекомендуется заменить стержни группы КС-2 на новые, а так же для обеспечения безопасности, поменять стержни групп КС-1 и КС-3 местами.

Литература

1. Исследование распределения поля энергосвечения в реакторе ИРТ-Т при различном положении стержней регулирования / Известия ВУЗов. Физика : научный журнал. — 2012. — Т. 55, № 11-2 . — [С. 353-359].

2. J. R. Deen, W. L. Woodruff, C.I. Costescu, L.S. Leopando: WIMS-ANL User Manual, Rev.2, ANL/RERTR/TM-23, June 1998.

КОМПЕНСАЦИЯ ИЗБЫТОЧНОЙ РЕАКТИВНОСТИ ОКСИДОМ ГАДОЛИНИЯ

С.А. Монгуш, А.Г. Наймушин, Ю.Б. Чертков, М. Н. Аникин

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: Mongusch-S@mail.ru

Совершенствование технико-экономических показателей атомных электростанций направлено на повышение степени выгорания ядерного топлива. Большая степень выгорания обеспечивается увеличением начального обогащения ядерного горючего, что ведет к удлинению кампании реактора, а также к увеличению запаса реактивности на одну кампанию [1]. Избыточную реактивность можно компенсировать выгорающими поглотителями. В качестве выгорающих поглотителей в реакторах на тепловых нейтронах следует использовать такие изотопы, у которых сечение поглощения нейтронов превышает сечения поглощения делящегося изотопа. Примером таких изотопов являются: Eu, Sm, Dy, Gd, Er, Cd и Hf, В. Кроме выбора материала важен способ размещения поглотителя в топливной сборке.

Расчет влияния размещения выгорающего поглотителя для реактора на тепловых нейтронах проводился в программном комплексе MCU5 [2]. В качестве расчетной модели была выбрана тепловыделяющая сборка реактора ВВЭР-1000, с интегрированным в нее выгорающим поглотителем.

Результаты расчета показали, что наиболее эффективным выгорающим поглотителем является оксид гадолия. Это связано с высоким сечением поглощения нейтронов и скоростью выгорания, которая близка к скорости выгорания U235. При облучении данного выгорающего поглотителя не возникают дочерние ядра с высоким сечением захвата тепловых нейтронов.

Длительность кампании реактора определяет содержания выгорающего поглотителя и его размещение. Можно сделать вывод о том, что для более длительных кампаний реактора (1,5–2 года) предпочтительно гетерогенное размещение оксида гадолия. В существующих годовых кампаниях реактора целесообразно использование гомогенного размещения оксида гадолия.

Список литературы

1. Давахра Сааду. Использование выгорающих поглотителей в реакторах типа ВВЭР: Дис. канд. тех. наук : 05.14.03/ Аль Давахра Сааду; Москва, 2006 – 13с.
2. Описание применения и инструкция для пользователей программ, собранных из модулей пакета MCU-5 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://mcu.vver.kiae.ru/rinfo.html>. Дата обращения: 03.03.2014

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО КОЭФФИЦИЕНТА РАЗМНОЖЕНИЯ НЕЙТРОНОВ ПРИ ФИЗИЧЕСКОМ ПУСКЕ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА БН-800

Я.М. Спиридонов, М.С. Авдохин

г. Томск, Томский политехнический университет
e-mail: sovcaf@bk.ru

Для отработки технологии замкнутого топливного цикла в России на площадке Белоярской АЭС вводится в эксплуатацию энергоблок с реактором БН-800. Физический пуск является одной из самых потенциально опасных и ответственных процедур при эксплуатации ядерного реактора, поэтому существует необходимость контроля над параметрами критичности активной зоны, в частности, значением коэффициента размножения нейтронов $k_{эфф}$ при наборе критической массы ядерной установки.

Непосредственному проведению физического пуска ядерного реактора должно предшествовать расчетное определение зависимости эффективного коэффициента размножения нейтронов от количества ТВС, загруженных в активную зону реактора БН-800.

В работе проведен анализ конструктивных особенностей и параметров эксплуатации реактора БН-800, влияющих на ход физического пуска; проведен многогрупповой расчет спектра плотностей потоков нейтронов методом итераций для загрузки реактора БН-800 в состоянии с минимальной критической массой; определены значения эффективного коэффициента размножения нейтронов при физическом пуске реактора БН-800, определена зависимость эффективного коэффициента размножения нейтронов от количества ТВС в активной зоне; определены минимально загруженное количество ТВС и положения регулирующих органов системы управления и защиты (РО СУЗ), обеспечивающее вывод реакторной установки в критическое состояние.

Полученные зависимости эффективного коэффициента размножения нейтронов от количества ТВС, загруженных в активную зону, в интервале загрузки до 204 ТВС удовлетворительно согласуется с независимыми численными экспериментами. При большей загрузке ТВС значения $k_{эфф}$ получаются завышенными (до 5% при полностью загруженной активной зоне), что обеспечивает ядерную безопасность при физическом пуске реактора.

Таким образом, разработанная расчетная методика определения значений эффективного коэффициента размножения нейтронов дает удовлетворительные результаты без использования дорогостоящего программного обеспечения.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПОДНЯТИЯ МОЩНОСТИ РЕАКТОРА ИРТ-Т

П. В. Таракаенко

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: vt1@tpu.ru

В настоящей работе представлены результаты моделирования эксплуатации реактора ИРТ-Т при повышенном уровне мощности. Для получения результатов были созданы три модели: первая со «свежей» активной зоной, и две модели основанные на реальных кампаниях реактора ИРТ-Т с различной глубиной выгорания.

В работе использовались следующие ограничения на работу ТВС типа ИРТ-3М при работе в реакторе типа ИРТ, обеспечивающие безопасную работу:

- температура оболочки твэла не должна превышать 100 °С;
- расчетная плотность теплового потока с поверхности твэла не должна превышать 800 кВт/м².

С точки зрения указанных ограничений наименьший запас по безопасной работе имеет оболочка твэлов: в течение рассмотренных кампаний температура оболочки не превышала 87 °С. Максимальное расчетное значение плотности теплового потока (545 кВт/м²) также лежит существенно ниже ограничения на безопасную работу (800 кВт/м²).

Коэффициент запаса до начала поверхностного кипения для «свежего» топлива ~2,02, во вторую — 1,86. В начале 3-й кампании для свежезагруженной шеститрубной ТВС он имеет минимальное значение — 1,79. Если принять в качестве предельного низкого значения этого коэффициента значение 1,3, то запас по этому параметру составляет приблизительно 40 %.

Предельные параметры достигаются при увеличении мощности шеститрубной ТВС, рассмотренной в 3-й кампании, или всего реактора в 1,53 раза. При этом мощность данной ТВС увеличится до ~680 кВт, а мощность реактора — до ~9,2 МВт. При этом:

- максимальная плотность теплового потока достигнет 796 кВт/м² (предельное значение по паспорту — 800 кВт/м²);
- температура оболочки достигнет 101°С (предельное значение по паспорту — 100°С);
- температура воды на выходе из ТВС — 75,8°С;
- температура топлива достигнет 103,8°С;
- коэффициент запаса до начала поверхностного кипения снизится до значения 1,25. В

среднем все значения реактивности расчетной модели реактора в критических состояниях отличаются от экспериментальных не более чем 0,3 %. Это говорит, по-видимому, об некоторых не учтенных в расчете особенностях конструкции (материальный состав, геометрия расположения твэлов и ТВС), которые вносят небольшую систематическую погрешность в расчетные значения.

Результаты расчета показывают, что мощность реактора можно поднять до 9 МВт, не нарушая правил ядерной безопасности и не превышая ограничений на работу ТВС.

Литература

1. Варлачев В.А., Гусаров О.Ф., Заболотнов С.А. и др. Исследовательский ядерный реактор ИРТ-Т. – Томск: Изд-во ТПУ, 2002. – 56 с.
2. Алексеев Н.И., Гомин Е.А., Городков С.С. Программа MCU5PTR //РНИЦ «Курчатовский институт» Институт ядерных реакторов, – М., 2007.
3. ТУ 95 2457 — 2003. Сборки тепловыделяющие ИРТ-3М. Технические условия. — Введ. 2003-08-01. — ОАО «НЗХК». ДСП №5761.
4. Старков В.А. Программа ТГРК. Описание программы и инструкция по применению. Димитровград, 2007.
5. Талиев А. В. Модернизированная программа ASTRA для расчета теплового режима ТВ С исследовательских реакторов с трубчатыми коаксиальными твэлами. Препринт ИАЭ-6405/5, М., 2006
6. Bergles A.E., Rohsenow W.M. The determination of forced convection surface boiling heat transfer — J. Heat transfer, volume 86, 1964. — 363 p.
7. Mirshak, S., Towell, R.H. Durant, W.S.: DP-355: Heat flux at Burn-Out / Savannah River Laboratory, USA. 1959.

СОЗДАНИЕ МНОГОБАРЬЕРНОЙ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫВОДЕ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПУГР АД ФГУП «ГХК»

Д.О. Чубреев, М.В. Антоненко

г. Железногорск, ФГУП «Горно-химический комбинат»

e-mail: d.chubreev@gmail.com

Вывод из эксплуатации промышленных уран-графитовых реакторов ФГУП «Горно-химический комбинат» будет осуществляться по варианту «захоронение на месте». Реализация данного варианта предусматривает захоронение недемонтируемого реакторного оборудования (графитовой кладки и основных несущих металлоконструкций) в шахте реактора с созданием дополнительных барьеров безопасности.

Использование метода «захоронение на месте» обусловлено уникальным расположением реакторов в горных выработках, отсутствием научно обоснованных методов утилизации реакторного графита и нецелесообразностью перезахоронения графитовых кладок в специально предназначенных пунктах хранения.

Безопасность захоронения достигается за счет использования как существующих барьеров безопасности, так и вновь создаваемых дополнительных барьеров, исключающих доступ к объектам локализации и нерегламентированный выход радиоактивных веществ в окружающую среду.

Существующие барьеры безопасности:

- кожух, металлоконструкции, бетонная шахта реактора, горная порода.

Дополнительные защитные барьеры:

- засыпка песчано-гравийной смесью, бетонирование подреакторного пространства, перекрытие, герметизирующее шахту реактора.

С учетом различия свойств радионуклидов и времени сохранения потенциальной опасности долгоживущих радионуклидов барьеры, сооруженные в шахте ПУГР и приреакторных помещениях, должны обладать как противомиграционными, так и противодиффузионными свойствами. Коэффициенты диффузии радионуклидов в материале барьера при этом должны быть настолько малыми, чтобы уровень активности радионуклидов при выходе за пределы захораниваемого объекта не превышал допустимые уровни.

Реализация варианта захоронения реакторов на месте позволит локализовать и изолировать основные радиоактивно загрязненные компоненты оборудования, строительных конструкций, радиоактивные отходы в шахтах реакторов с созданием необходимых физических барьеров безопасности, исключающих несанкционированный доступ в зону локализации и нерегламентированный выход радиоактивных веществ в окружающую среду.

ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ РЕАКТОРНОГО ГРАФИТА ПУГР АД ПРИ ВЫВОДЕ ЕГО ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Д.О. Чубреев, М.В. Антоненко

г. Железногорск, ФГУП «Горно-химический комбинат»

e-mail: d.chubreev@gmail.com

Вывод из эксплуатации промышленных уран-графитовых реакторов (ПУГР) связан с проблемой выбора оптимальных способов и методов обращения с накопленными радиоактивными отходами (РАО). Отработанный реакторный графит занимает особое место среди всей массы накопленных РАО. Графитовая кладка является основным элементом активной зоны ПУГР, который не подлежит замене в течение всего срока эксплуатации реактора.

В настоящее время реактор АД остановлен и разгружен по штатной схеме. Проведены работы по проверке полноты разгрузки и приведению реактора в ядерно-безопасное состояние. Реактор обезвожен, извлечены регулирующие стержни и технологические каналы. В активной зоне для подкрепления графитовой кладки оставлены технологические каналы по периферийной зоне, в том числе натяжные устройства и каналы СУЗ с целью дополнительной перевязки графитовой кладки.

Радиоактивная загрязненность реакторного графита в первую очередь определяется наведенной активностью (в основном Co^{60} , H^3 , C^{14}) за счет активации примесей. Кроме продуктов активации активность графита определяется радионуклидами (Cs^{137} , Sr^{90} , Eu^{154} и др.), образовавшимися в кладке в результате протечек теплоносителя и попадания фрагментов топлива в кладку.

В работе определен перечень радиоактивных нуклидов, активность которых образует основную часть суммарной активности графитовой кладки остановленных промышленных уран-графитовых реакторов. Сделан анализ доли активности, вносимой этими нуклидами, в различные моменты времени после останова реактора.

В связи с уникальным расположением реактора в горных выработках, отсутствием обоснованных методов утилизации загрязненного реакторного графита и нецелесообразностью его перезахоронения в 2010 году была утверждена отраслевая концепция вывода из эксплуатации ПУГР по варианту захоронения на месте. Данная стратегия получила всестороннюю поддержку со стороны Госкорпорации «Росатом».

Литература

1. Заключение № 01-151 по ядерной безопасности на графитовую кладку ПУГР АД ГХК от 14.02.2002.
2. «Концепция вывода из эксплуатации промышленных уран-графитовых реакторов по варианту безопасного захоронения на месте». 2009 г.

ВЛИЯНИЕ КОМПОНОВКИ АКТИВНОЙ ЗОНЫ НА ДЛИТЕЛЬНОСТЬ МИКРОКАМПАНИИ В ПРОЕКТЕ РЕАКТОРА БН-1200

А.В. Чуйкина, И.И. Лебедев

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: flipped2010@mail.ru

Основной задачей проектирования является увеличения длины кампании, поскольку перегрузка топлива — это технологически сложная операция, которая ведет к простоям реактора и уменьшению экономической эффективности энергоблока. Главной причиной потери реактивности в течении кампании ядерного реактора является выгорание топлива. Увеличение длины кампании можно осуществить с помощью повышения обогащения топлива, однако такой подход неэффективен с точки зрения экономичности и безопасности.

В реакторах-бридерах эта задача решается путем введения воспроизводящего материала в конструкцию активной зоны. В этих материалах благодаря реакции радиационного захвата образуются делящиеся изотопы.

В проекте РУ БН-1200 в качестве воспроизводящего материала используется обедненный уран, который размещается в боковой зоне воспроизводства и нижней торцевой части ТВС.

Был рассчитан коэффициент воспроизводства для случаев размещения зон воспроизводства бланкетом, нижней торцевой зоны и с наличием обеих зон воспроизводства.

Увеличение длины кампании составляет 18 суток для варианта компоновки с боковой зоной воспроизводства, 12 суток для активной зоны с торцевой зоной воспроизводства и 28 суток с компоновкой со всеми зонами воспроизводства.

Показано, что добавление зон воспроизводства позволяет увеличить КИУМ до 90 %.

Литература

1. Бакуменко О. Д. и др. Физические характеристики топлива быстрых энергетических реакторов и их влияние на топливный цикл // Nuclear Power and its Fuel Cycle. – 1977. – С. 647.

2. Чуйкина А. В., Аникин М. Н., Нуркин А. С. Перспективные виды топливных композиций для проекта реакторной установки БН-1200 // Современные техника и технологии: сборник трудов XX Юбилейной Международной научной конференции для студентов и молодых ученых. / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014.

МЕТОДОЛОГИЯ ОБРАЩЕНИЯ С ОБЛУЧЕННЫМ ПЕРСПЕКТИВНЫМ КЕРАМИЧЕСКИМ ЯДЕРНЫМ ТОПЛИВОМ ТЕПЛОВЫХ РЕАКТОРОВ

И.В. Шаманин, С.В. Беденко, М.Н. Плевако, С.В. Грицюк,
К.А. Савасичев, А.Е. Сафронов

г. Томск, Томский политехнический университет
e-mail: batkamaxno2010@mail.ru

На сегодняшний день повышение эффективности ядерной энергетики связано с решением двух основных задач. Первая задача связана с регенерацией отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) атомных станций и возвращением его в топливный цикл. Вторая задача – увеличение глубины выгорания (вплоть до 100 МВт·сут/т) как штатного топлива, так и новых видов перспективных керамических топливных композиций следующих типов: $(Pu,Th)O_2$, $(U,Pu)O_2$, $UC/(U,Pu)C$, $UN/(U,Pu)N$.

Все это ведет к увеличению объемов ОЯТ, усложнению экологической обстановки, ядерной и радиационной опасности ядерных энергетических установок нового поколения.

Увеличение глубины выгорания штатного топлива, а так же появление новых перспективных керамических топлив для действующих реакторов и реакторных установок нового поколения потребует разработку новых концептуальных подходов по обращению с этим топливом, обоснование безопасности существующих сегодня транспортных средств и систем долговременного хранения ОЯТ [1].

В работе рассматриваются особенности эксплуатации технических систем «сухого» хранения облученного топлива, приведены результаты теоретических исследований и численных экспериментов, направленных на определение нейтронно-физических и радиационных характеристик в элементах конструкции систем транспортировки и систем «сухого» хранения ядерного топлива. Разработана концепция и методология обращения с облученным перспективным керамическим ядерным топливом тепловых реакторов.

Проведенные научные расчетные исследования позволят разработать технические и регулирующие решения при обращении с ОЯТ ядерных энергетических установок нового поколения.

Литература

1. Шаманин И.В., Буланенко В.И., Беденко С.В. Поле нейтронного излучения облученного керамического ядерного топлива различных типов // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2010. – № 2. – с. 97–103.

ПРЕИМУЩЕСТВА ТОРИЕВОГО ТОПЛИВА В РЕАКТОРАХ НА ТЕПЛОВЫХ НЕЙТРОНАХ

И.В. Шаманин, С.В. Беденко, И.М. Губайдулин, М.Н. Плевака, В.В. Кышев, М.В. Яковлев

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: shiva@tpu.ru

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

В работе представлены результаты, свидетельствующие о преимуществах Th-232 как воспроизводящего нуклида по сравнению с U-238 в составе ядерного топлива реакторных установок нового поколения.

Дано объяснение эффектам, обнаруженным ранее в численных экспериментах по изучению параметров открытого торий-плутониевого ядерного топливного цикла [2].

Полученные в работе научно-технические решения позволят рассмотреть возможность включения тория в состав топлива реакторных установок, созданных на основе существующих проектных решений, а также приступить к проектированию материалов нового поколения: тепловыделяющих элементов, сборок и топливных блоков, в которых сырьевой U-238 будет полностью заменен на Th-232 [3].

Литература

1. Пономарев-Степной Н.Н., Лунин Г.Л., Морозов А.Г. и др. Легководный ториевый реактор ВВЭР-Т // Атомная энергия. – 1998. – Т.85, №4. – С.263-277.
2. Шаманин И. В. , Беденко С. В. , Губайдулин И. М. Внутренний блок-эффект в уран- и торийсодержащих размножающих системах // Известия вузов. Физика. - 2013 - Т. 56 - №. 11/2. - С. 59-66.
3. Shamanin I.V., Bedenko S.V., Gubayduln I.M. Optimum Ratio of Coverings Thickness to the Diameter of the Fuel Core of the Dispersive Nuclear Fuel // Advanced Materials Research. - 2014 - Vol. 880. - p. 219-228.

НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕАКТОРА БРЕСТ-ОД-300 С ПОМОЩЬЮ WIMS-D5

А.И. Шафоростов, М.Л. Зарецкий

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: aleksey.ns91@hotmail.com

В работе изложены результаты нейтронно-физического моделирования быстрого реактора в программе Wims-d5. Приведены результаты, характеризующие изменение коэффициента размножения, распределение энерговыделения и выгорание нуклидов.

Реактор БРЕСТ-ОД-300 позволит более эффективно использовать природный уран за счет использования отработавшего и выдержанного топлива реакторов ВВЭР-1000. Применение свинцового теплоносителя и плотного нитридного топлива позволит достичь большой плотности потока и высокого показателя безопасности эксплуатации. Профилирование энерговыделения осуществляется применением ТВС с твэлами различного диаметра, но с одинаковым изотопным составом.

Расчетная модель твэл представляет собой цилиндрическую ячейку бесконечной высоты с зеркальными граничными условиями, состоящую из слоев различного материального состава.

Расчетная модель активной зоны, окруженной свинцовым отражателем, представляет собой гомогенную активную зону, состоящую из трех зон. Зоны различаются нуклидным составом из-за различного соотношения объемов загрузки топлива и теплоносителя.

Полученные данные об энергетическом спектре нейтронов оправдывают использование свинцового теплоносителя для создание реактора с очень жестким спектром нейтронов. Такой спектр нейтронов обеспечивает коэффициент воспроизводства $K_B \approx 1$ на протяжении всей кампании топлива. Следует учесть динамику изменения коэффициента размножения, т.к. в течение первых трех лет происходит интенсивное накопление Pu^{239} .

Произведенные расчеты подтверждают предполагаемые особенности реактора БРЕСТ-ОД-300 и дают оценочные значения нейтронно-физических параметров активной зоны.

Список литературы

1. А.Г. Наймушин, Ю.Б. Чертков. Нейтронно-физические расчеты активных зон ядерных энергетических установок: Лабораторный практикум. Томск.: НИ ТПУ, 2013. – 104 с.

Секция 3

Взаимодействие
ионизирующего
излучения с веществом

НЕЙТРОННЫЙ АБСОРБЦИОННЫЙ МЕТОД ЭКСПРЕССНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА СВЯЗУЮЩЕГО В ПРЕССПОРОШКЕ ДВУОКИСИ УРАНА ПЕРЕД ПРЕССОВАНИЕМ ТАБЛЕТОК ДЛЯ ТВЭЛ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

Ю.А. Волченко

г. Томск, ООО «НПП «Современные технологии и неразрушающий контроль»»
e-mail: volchenko_y@mail.ru

При производстве таблеток для ТВЭЛ ядерных реакторов по “мокрому” способу для определения усилия прессовальной установки необходимо экспрессно (не более 5 минут на одно измерение) измерять количество связующего в пробе пресспорошка объемом 1÷2 литра [1]. Классический нейтронный метод измерения влажности гомогенных материалов (контроль почво-грунтов, бункера-дозаторы) для правильной работы нейтронного зонда требует объем пробы материала не менее 1 м³. Именно поэтому он не мог быть использован для решения этой задачи. В открытой литературе отсутствовали сведения о теоретических и экспериментальных исследованиях переноса нейтронного излучения от внешнего источника быстрых нейтронов в пробах делящихся и неделяющихся материалов, геометрические размеры которых сравнимы с длиной свободного пробега нейтронов внешнего источника.

Выполненные нами теоретические и экспериментальные исследования переноса нейтронов в таких пробах различного химсостава, а также в защитно-замедлительных блоках из комбинации замедляющих и поглощающих нейтроны материалов позволили нам разработать методику проектирования нейтронных абсорбционных влагомеров для проб заданных геометрических размеров и произвольного химсостава. Она заключается в определении оптимальной энергии нейтронов внешнего источника для пробы заданных размеров, заданного химсостава и диапазона контроля количества связующего и подборе по этой энергии типа источника. [2].

По этой методике был разработан абсорбционный нейтронный влагомер НИ10ВШ, который обеспечивает за 5 минут определение количества связующего (90% поливинилового спирта + 10% воды) в пробе пресспорошка двуокиси урана объемом 1,3 литра в диапазоне от 1% вес. до 10% вес. с погрешностью ±0,25% вес. при доверительной вероятности 0,95. Влагомер НИ10ВШ был успешно использован Ульяновском металлургическом заводе (г. Усть-Каменогорск).

Литература

1. Атомная промышленность зарубежных стран./под ред. А.К. Круглова и Ю.В. Смирнова. – М:Атомиздат, 1981, с. 327.

2. Ю.А. Волченко. Нейтронный метод экспрессного контроля влажности проб неорганических материалов. – В кн.: Неразрушающий контроль и диагностика. Известия ТПУ - Томск, Издательство НТЛ, 1988, с. 60 ÷ 67.

АНАЛИЗ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ДОЗИМЕТРА ДРГЗ-04 ЗА ПРЕДЕЛАМИ РАБОЧИХ РЕЖИМОВ НА ИМПУЛЬСНОМ ПУЧКЕ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Г.К. Жаксыбаева, И.А. Милойчикова, С.Г. Стучебров

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: gulnur-1211@mail.ru

Актуальным вопросом в настоящее время является поиск методов оптимизации дозовых нагрузок на объекты исследования при проведении рентгенографических обследований. Синхронизацией импульсного рентгеновского источника с детектирующей частью можно добиться существенного снижения дозовых нагрузок. На базе международной лаборатории «Рентгеновская оптика» при кафедре прикладной физики Национального исследовательского Томского политехнического университета были созданы и апробированы макеты рентгенографических установок для проведения как двухмерных, так и трехмерных исследований. В качестве источника излучения используется импульсный рентгеновский генератор РАП-160-5.

Для применения полученных результатов в медицине необходимо провести дозиметрию импульсного рентгеновского источника. Несмотря на то, что детекторы накопительного типа, например, термолюминесцентные дозиметры, отвечают требованиям при проведении дозиметрии импульсного рентгеновского излучения, необходимо отметить времязатратность данного метода. В этой связи актуальной задачей является использование быстродействующего детектирующего оборудования.

В рамках данной работы была поставлена цель проверки работоспособности сцинтилляционного дозиметра ДРГЗ-04 на импульсном пучке рентгеновского излучения и анализ показаний данного дозиметра за пределами его рабочих режимов в низкоэнергетическом диапазоне рентгеновского излучения.

Экспериментальные параметры импульсной рентгеновской трубки: напряжение варьировалось от 40 до 60 кВ; ток варьировался от 0,6 до 2,0 мА. Контроль показаний дозиметра ДРГЗ-04 проводился с использованием термолюминесцентных дозиметров ДТЛ-02.

Значения дозы и мощности дозы, полученные с использованием дозиметра ДРГЗ-04 за пределами его рабочих режимов и дозиметров ДТЛ-02, находятся в хорошем согласии. Это говорит о возможности применения сцинтилляционного дозиметра ДРГЗ-04 при проведении дозиметрии импульсного рентгеновского генератора РАП-160-5 при данных параметрах рентгеновской трубки.

В свою очередь необходимо отметить, что для проведения более полной проверки работоспособности дозиметра ДРГЗ-04 необходимо использовать пучки импульсного рентгеновского излучения с мощностью дозы от 1 до 3000 мР/с.

КОГЕРЕНТНОЕ РЕНТГЕНОВСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ ИЗ МОНОКРИСТАЛЛА ВОЛЬФРАМА

В.Н. Забаев, Ю.Н. Адисцев, В.В. Каплин, С.И. Кузнецов, С.Р. Углов, В.В. Иванов

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: vnz@tpu.ru

Кристаллы с совершенной кристаллографической решеткой, например кремний, в настоящее время успешно применяются в качестве дефлекторов для вывода заряженных частиц (в том числе тяжелых ионов) из ускорителей на основе эффекта каналирования в изогнутых кристаллах. Эффективность вывода при использовании кристаллов с большим атомным номером, например вольфрама, значительно превышает достигнутую на легких кристаллах. Однако современные технологии изготовления кристаллов вольфрама большой толщины, необходимых для создания дефлекторов, не гарантируют совершенства и однородности кристаллической структуры вдоль траектории частицы.

В настоящей работе описываются экспериментальные и теоретические исследования рентгеновского излучения генерированного пучком электронов с энергией 500 МэВ на Томском синхротроне в совершенном монокристалле вольфрама с мозаичностью менее чем $80''$ [1].

Монокристалл вольфрама, использованный в данном эксперименте изготовлен по новейшей технологии методом зонной плавки с последующими шлифовкой и травлением и представляет собой блок $1,7 \times 10 \times 15 \text{ мм}^3$. В эксперименте кристалл ориентировался кристаллографической плоскостью (111) под углом Брэгга $\theta_B = 45^\circ$ по отношению к оси электронного пучка. Испущенные фотоны детектировались под углом $\theta_D = 2\theta_B = 90^\circ$.

Были измерены спектральные и угловые характеристики излучения. Экспериментальные результаты сравнивались с предсказаниями теоретической модели, которая учитывает вклады параметрического рентгеновского излучения (ПРИ) и дифрагированного переходного излучения (ДРПИ). Это сравнение продемонстрировало значительный вклад ДРПИ в общий поток излучения и наличие механизма интерференции между ПРИ и ДРПИ.

Список литературы

1. Zabaev V.N., Kaplin V.V., Kuznetsov S.I., Uglov S.R. X-Ray Transition Radiation of Electrons with Energy of 300 to 900 MeV in Periodic Multifoil Radiators // Physics of Particles and Nuclei.— 2014.— V. 2.— No. 45.— P. 508–515. DOI 10.1134/S1063779614020063

ВЛИЯНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ ИОНАМИ НА СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЕ СОСТОЯНИЯ ПОКРЫТИЯ TiCrN НА ПОВЕРХНОСТИ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

С.Б. Кислицин¹, А.И. Потекаев², В.В. Углов³, И.Д. Горлачев¹,
В.Д. Клопотов⁴, А.А. Клопотов^{2,5}

¹ г. Алматы, Казахстан, Институт ядерной физики

² г. Томск, Томский государственный университет

³ г. Минск, Беларусь, Белорусский государственный университет

⁴ г. Томск, Томский политехнический университет

⁵ г. Томск, Томский государственный архитектурно-строительный университет

e-mail: lopotov@tpu.ru

Разработка новых конструкционных материалов является актуальной проблемой при создании реакторов IV поколения. Эти материалы должны обладать набором разнообразных функциональных свойств: высокой механической прочностью; стабильностью структуры и свойств в зависимости от облучения; минимальной способностью к активации; стабильностью геометрических параметров изделий, высокой коррозионной стойкостью против топливных материалов и охлаждающих жидкостей. Разработка новых реакторных материалов проводится по разным направлениям. Одним из перспективных направлений является разработка покрытий, обладающих высокими физико-механическими свойствами для создания защиты основного материала от радиации и воздействия агрессивных сред при повышенных температурах.

В данной работе представлены результаты изучения влияния облучения альфа-частицами, ионами криптона и ксенона на структурно-фазовые состояния покрытия TiCrN, созданное дуговым методом осаждения в вакууме на углеродистую сталь. Используемые виды облучения имитируют накопление гелия за счет ядерных реакций при облучении нейтронами, а также осколками деления ядерного топлива. Исследуемые материалы облучались потоками ионов ${}^4\text{He}+1$ низкой энергией (22 кэВ) и ${}^4\text{He}+2$ (40 кэВ) и потоками ионов Xe+18 и Kr+14 с высокими энергиями 1,5 МэВ/нуклон. Флюенс потока ионов He составлял величину 1.0×10^{17} и для ионов Xe и Kr $5 \times 10^{14} \div 1.0 \times 10^{15}$ ион \times см⁻². Температура облучения не превышала 150 °С.

Рентгеноструктурные исследования с использованием CuK_α излучения необлученных TiCrN покрытий на стальной подложке позволили выявить только структурные линии от α -Fe с ОЦК структурой и с параметром решетки $a = 0,2868$ нм. Установлено, что облучение ионами гелия с энергиями 22 кэВ и 40 кэВ до флюенса 1×10^{17} ион/см² не изменило структурных линий фазы α -Fe и привело к увеличению фона на рентгенограммах и к появлению дополнительных слабых структурных рефлексов на углах $2\Theta = 37^\circ$ и 62° . Анализ дополнительных структурных рефлексов, проводился с учетом наличия соединений на тройных фазовых диаграммах, и не позволил их идентифицировать.

УПРАВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРАМИ ЖЕСТКОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ВНЕШНЕМ ТЕМПЕРАТУРНОМ ГРАДИЕНТЕ

В.Р. Кочарян^{1,2}, А.Г. Мкртчян¹, А.С. Гоголев², С.Г. Хлопузян¹, П.А. Григорян¹

¹ г. Ереван, Армения, Институт прикладных проблем физики НАН РА

² г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: Vahan2@yandex.ru

В работах [1, 2] было впервые обнаружено явление полной переборки рентгеновских лучей от направления прохождения к направлению отражения в монокристаллах кварца в геометрии Лауэ под влиянием температурного градиента или ультразвуковых колебаний. В работе [3] экспериментально и теоретически показано, что с помощью акустического поля и температурного градиента можно контролировать местоположение фокуса дифрагированного излучения в пространстве и времени, а также преобразовывать сферическую волну в плоскую волну.

С целью получения монохроматора и линзы с контролируемыми параметрами в диапазоне жесткого рентгеновского излучения (30-200 кэВ) рассмотрена дифракция рентгеновского излучения в геометрии Лауэ от монокристалла кварца под влиянием температурного градиента. Экспериментально рассмотрена зависимость интенсивности дифрагированного рентгеновского излучения 40 кэВ из отражающих атомных плоскостей (10-11) от величины температурного градиента. Эксперименты проводились на белом пучке анодного излучения Мо. Образцом было монокристалл кварца X-среза с толщиной 6 мм. Наблюдалось увеличение интенсивности отраженного пучка до 35 раз, одновременно наблюдались явления фокусировки отраженного пучка.

С увеличением величины температурного градиента фокус приближается к кристаллу, а фокусное пятно сужается в дифракционной плоскости.

Литература

1 Мкртчян А.Р., Навасардян М.А., Мирзоян В.К. //Письма в ЖТФ. т 8, В 11, с. 677, 1982.

2 Мкртчян А.Р., Навасардян М.А., Р.Г. Габрелян и т.д. //Письма в ЖТФ. т 9, В 11, с. 1181, 1983.

3 Mkrtchyan A.R., Navasardian M.A., Gabrielyan R.G., Kocharian L.A. and Kuzmin R.N. //Solid State Communications. Vol. 59, P. 147,1986.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА КАЛИБРОВКИ ТОМОГРАФИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ПО ИНДЕКСАМ ХАУНСФИЛДА

А. А. Красных, А.В. Батрагин, С.Г. Стучебров

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: angelina12021993@gmail.com

На кафедре Прикладной физики ФТИ ТПУ были разработаны и собраны компьютерные томографы на базе многоканального линейного газоразрядного и линейного полупроводникового GaAs детекторов [1]. Макеты являются прототипами и все еще усовершенствуются, поэтому некоторые из их параметров либо требуют более точного измерения, либо еще не измерены вовсе. Одним из важнейших параметров томографических систем является их контрастная чувствительность, характеризующая способность установки различать элементы исследуемого объекта с близкими значениями рентгеновской плотности. Не смотря на высокую значимость этого параметра, на описанных выше установках он еще должным образом не измерялся.

Целью работы является калибровка созданных томографических макетов по шкале Хаунсфилда, которая в дальнейшем позволит с их помощью определять плотности отдельных элементов исследуемых объектов.

Для поставленной цели использовался модуль калибровки по индексам Хаунсфилда комбинированного фантома для компьютерной томографии AAPM CT Performance Phantom Model 610 [2]. Модуль имеет пять цилиндров, изготовленных из материалов близких по рентгеновской плотности к воде и с точно определенными заранее индексами Хаунсфилда. На установках делались синопаммы элементов модуля в воздухе и воде, предназначенные для восстановления из них изучаемого слоя при помощи обратного преобразования Радона. Реконструкция слоев осуществлялась при помощи программного обеспечения NRecon [3] с применением специально разработанного алгоритма, учитывающего расходимость пучка рентгеновского излучения [1].

Полученные результаты позволили провести калибровку установок для определенных заданных параметров источника излучения и геометрий. Был разработан алгоритм калибровки используемых томографических установок по индексам Хаунсфилда при произвольных характеристиках рентгеновского пучка и выбранных геометриях.

Литература

1. Stuchebrov S. G. , Batranin A. V. , Vagner A. R. Setups for tomographic imaging with submillimetric spatial resolution // Radiation from Relativistic Electrons in Periodic Structures (RREPS-13): Book of Abstracts of X International Symposium, Erevan, September 23-27, 2013. - Tomsk: TPU Publishing House, 2013 - p. 133

2. Information on <http://www.cirsinc.com/products/all/31/aapm-ct-performance-phantom/?details=specs>

3. Control programs. Bruker microCT. URL: <http://www.skyscan.be/products/downloads.htm>. Дата обращения: 04.03.2014.

**ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ РАЗБРОСА РАДИАЦИОННОЙ РЕАКЦИИ
БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ ПРИ НЕЙТРОННОМ ОБЛУЧЕНИИ**

Т.В. Купырина, В.П. Шукайло, В.П. Пудов, О.В. Ткачѳв, С.М. Дубровских, А.Г. Березовский

ФГУП «РФЯЦ ВНИИТФ им. академ. Е.И. Забабахина»
e-mail: tanya.kupyrina@yandex.ru

В настоящее время актуален вопрос моделирования воздействия полей ионизирующего излучения на радиоэлектронную аппаратуру (РЭА).

Ключевым вопросом моделирования является определение точности, с которой разрабатываемые модели позволяют прогнозировать действие ионизирующего излучения на РЭА. Очевидно, что предельная минимальная погрешность моделирования определяется реальным разбросом радиационных параметров элементов.

В данной работе на примере 3-х типов кремниевых биполярных транзисторов, общим количеством 1200 шт., показано, что коэффициент радиационной чувствительности к нейтронному облучению, может быть описан нормальным распределением. При этом с доверительной вероятностью 0,95 данный коэффициент может различаться в 2...3 раза.

Данное обстоятельство ограничивает потребность в точности расчета, что говорит в пользу применения приближенных моделей радиационных эффектов.

ВИХРЕТОКОВЫЙ КОНТРОЛЬ МЕТАЛЛОВ В УСЛОВИЯХ ОДНОВРЕМЕННОГО РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ И НАВОДОРОЖИВАНИЯ

В.В. Ларионов, А.М. Лидер, Ю.С. Бордулев

г. Томск, Томский политехнический университет
e-mail: lvv@tpu.ru

Выполнены исследования, показывающие, что при использовании вихревых токов разной частоты можно фиксировать изменение фазового состава, диффузионные свойства и наводороживаемость металла. Введены новые параметры определения чувствительности вихретокового метода и показано, что послойное изменение структуры облученного металла фиксируется токами различной частоты по их глубине проникновения в металл. При облучении металлов, например, титана в поверхностном слое и в целом в металле происходят сложные структурные изменения. При насыщении титана водород неравномерно распределяется по объему металла, что вызвано неоднородностью структуры металла. К неоднородностям относятся дислокации, вдоль которых по длине происходит накопление водорода, энергетические ловушки, сегрегационные полости, где давление водорода достигает десятки тысяч атмосфер. В титане образуются гидриды, изменяются границы зерен, пористость материала, напряжения и динамические нагрузки. Следует отметить водородные технологии получения ультрамелкозернистых нано- и субмикроструктурных (СМК) материалов, которые существенно отличаются от крупнокристаллических (КК) материалов. При этом в условиях облучения электронами изменяется скорость выхода водорода из металлов. Одним из методов исследования структуры металлов является метод электропроводности на постоянных и вихревых токах [1]. Во многих технологических процессах существует проблема послойного определения содержания водорода в титане, несмотря на его высокую подвижность в матрице металла. Определение концентрации водорода в слоях, подвергаемых электронному воздействию, имеет не только прикладное, но и фундаментальное значение в свете возможных ядерных реакций, протекающих в твердом теле, насыщенном водородом и дейтерием. В настоящей статье представлены результаты исследований, связанные с превращениями титанового сплава, подвергнутого облучению электронным пучком, вихревыми токами разной частоты. Приведена схема экспериментальной установки, методика подготовки образцов и эксперимента, приборы для дополнительного анализа, сопровождающие вихретоковый метод.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Государственного задания "Наука" в рамках научного проекта № 1524, тема 0.1325. 2014.

Литература

1. Ларионов В.В., Лидер А. М., Известия вузов «Физика». – Т.56. – № 11/3. – С. 144–148.

РАСЧЕТ ЭВОЛЮЦИИ ПОТОКА ИОНОВ ${}^4\text{He}^+$ В ЖЕЛЕЗО-ИТТРЕВОМ ГРАНАТЕ В РЕЖИМЕ КАНАЛИРОВАНИЯ

В.М. Малютин

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: mvm@tpu.ru

Феррит-гранаты иттрия и редких земель представляют собой окислы с кубической структурой. Кристаллы имеют общую формулу $R_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$, в элементарной ячейке которых находится 160 атомов. На одну формульную единицу граната приходится три додекаэдрических, две октаэдрических и три тетраэдрических позиций. Осевое направление $\langle 111 \rangle$ в таких кристаллах является наиболее приоритетным для исследования потока заряженных частиц в режиме каналирования.

Рассмотрев особенности данного кристаллографического направления и применив классический подход к описанию взаимодействия быстрых ионов с атомами кристалла, была составлена программа численного расчета прохождения ионов в канале $\langle 111 \rangle$ $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$. При этом была использована модель бинарного столкновения налетающих ионов с атомами. Она более точно описывает рассеяние частицы на атомах кристалла в отличие от модели взаимодействия ионов с непрерывным потенциалом атомной цепочки. Для оптимизации расчетов был выделен «эффективный канал» из проекции кристаллической решетки граната на плоскость (111), который вследствие симметрии структуры кристалла был достаточен для рассмотрения в нем эволюции потока ионов.

В параметрах для расчетов задавался идеализированный (без энергетического и углового разброса) источник ионов ${}^4\text{He}^+$ с энергией 1,8 МэВ. В начале расчетов, т.е. на поверхности кристалла, поток из 10000 ионов равномерно распределялся по координатам в «эффективном канале». Для того чтобы получить результаты влияния на поток исключительно кристаллической структуры, в модели не учитывалось рассеяние на тепловых колебаниях атомов. Критерием выхода ионов из режима каналирования является сравнение угловых и пространственных параметров иона с критическим углом каналирования и минимальным прицельным параметром.

В результате расчетов были получены пространственные и угловые распределения потока и нормированные спектры деканалирования для различных начальных направлений потока по отношению к каналу. Из спектров были построены зависимости выхода деканалирования от угла падения потока ионов относительно кристаллографической оси $\langle 111 \rangle$. В них проявляются особенности, которые отсутствуют в ориентационных зависимостях для кристаллов с простой кубической решеткой (ГЦК, ОЦК, алмаз).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЗОВЫХ НАГРУЗОК ОТ ИМПУЛЬСНОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ГЕНЕРАТОРА РАП-160-5 В НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ДИАПАЗОНЕ

И.А. Милойчикова, Г.К. Жаксыбаева, С.Г. Стучебров

г. Томск, Томский политехнический университет
e-mail: ircha1988@mail.ru

В настоящее время одной из основных задач рентгенодиагностики является поиск методов снижения дозовой нагрузки на объекты. Одним из таких методов является использование импульсного источника рентгеновского излучения.

Так как в цикле работы детекторов часть времени необходима для обработки и передачи сигналов, то в этот момент регистрация излучения не происходит. Как следствие при использовании постоянных источников рентгеновского излучения возникает излишняя дозовая нагрузка на объект исследования. Исключение бесполезной дозовой нагрузки происходит при синхронизации импульсного рентгеновского источника с детектирующим оборудованием.

Макеты установок для рентгеновской визуализации данного типа были созданы на кафедре прикладной физики Национального исследовательского Томского политехнического университета. Источником излучения является импульсный рентгеновский генератор РАП-160-5.

В рамках применения данных макетов в медицинских целях необходимо иметь представление о дозовой нагрузке на объект исследования. В этой связи актуальной является задача проведения дозиметрии импульсного рентгеновского источника.

В свою очередь необходимо отметить то, что измерения дозовых нагрузок от импульсных источников имеют ряд сложностей. Требования к быстродействию регистрирующей аппаратуры обусловлены высокой частотой следования импульсов и быстрой сменой профиля интенсивности пучка. Применяемое дозиметрическое оборудование должно быть способно к работе с достаточно высокими мощностями доз, так как ток в импульсе в десятки раз больше интегральных значений. Всем этим требованиям отвечают детекторы накопительного типа.

В рамках данной работы проведена оценка дозовых нагрузок от импульсного рентгеновского генератора РАП-160-5 в низкоэнергетическом диапазоне. Параметры рентгеновской трубки: напряжение составляло 40 кВ; ток варьировался от 0,6 до 2,0 мА.

Для определения дозы и мощности дозы импульсного рентгеновского излучения использовались термолюминесцентные дозиметры ДТЛ-02, дозиметр-радиометр ДКС-96 и дозиметр ДРГЗ-04.

Результаты по определению дозовых нагрузок от импульсного рентгеновского источника РАП-160-5 полученные с помощью различного дозиметрического оборудования находятся в хорошем согласии.

НАКОПИТЕЛЬ ТЕПЛОВЫХ НЕЙТРОНОВ

А.Р. Мкртчян^{1,2}, А.Г. Мкртчян¹, В.Р. Кочарян^{1,2}, В.П. Кривобоков², А.Р. Вагнер²,
С.Б. Дабагов³

¹ г. Ереван, Армения, Институт прикладных проблем физики НАН РА

² г. Томск, Томский политехнический университет

³ INFN Lab Naz di Frascati

e-mail: malpic@sci.am

Впервые в работе [1] экспериментально при дифракции Лауэ геометрии, получена полная переброска пучков тепловых нейтронов из первичного направления в направлении отражения от отражающих атомных плоскостей (10 $\bar{1}1$) монокристалла кварца при наличии температурного градиента. В работе [2] теоретически рассмотрена задача дифракции нейтронного пучка в монокристаллах под воздействием акустических колебаний и температурного градиента в Лауэ геометрии. Получено хорошее соответствие между теоретическими расчетами и экспериментальными результатами.

В настоящей работе рассмотрен вопрос накопления тепловых нейтронов на основе полной переброски пучков тепловых нейтронов.

Детально рассмотрен вопрос параметров накапливающих пучков тепловых нейтронов (относительная максимальная интенсивность, вопрос фокусировки, угловое и энергетическое распределение получающих пучков). Например, для энергии нейтронов 0.01 эВ оценки показывают, что для монокристаллов толщиной 5мм от первичного пучка можно накапливать нейтроны с угловой расходимостью $\Delta\theta \approx 2'$ и энергетической шириной $\Delta E/E \approx 10^{-3}$, а их интенсивность увеличивать на 2÷3 порядка.

Литература

1. А.Р. Мкртчян, Л.А. Кочарян, М.А. Навасардян и др. Изв. АН Армянской ССР, Физика, т.21, вып. 5, сс. 287-289, 1986.

2. А.Р. Мкртчян, Р.Г. Габриелян, О.А. Унанян, А.Г. Бегларян. Изв. АН Армянской ССР, Физика, т.21, вып. 6, сс. 313-316, 1986.

ОПЕРАТИВНЫЙ И ИНФОРМАТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ ПРОИЗВОДСТВО УРАНА И ЗОЛОТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

А.М. Музафаров, Г.С. Саттаров, А.А. Кист

г. Навои, Навоийский горно-металлургический комбинат, Институт ядерной физики
Академии наук Республики Узбекистан
e-mail: mutal2991@mail.ru

В докладе рассмотрены возможности ядерно-физических методов исследований для оперативного и информативного контроля технологического производства урана и золота, так как они имеют ряд достоинств перед другими физическо-химическими методами по чувствительности и оперативности анализа образцов без предварительного разрушения и растворения образца.

К ним относятся: гамма-активационный анализ золота в геологических образцах; нейтронно-активационный анализ золото, урана и некоторых сопутствующих элементов (V, Sc, Se, In, Ag) с использованием ампульного ^{252}Cf - источника нейтронов в дискретном режиме и в непрерывном потоке пульпы и растворов; установление оптимального режима аппаратов с использованием «меченных атомов»; определение содержания урана в ионитах и золота в гравиоконцентратах методом гамма-абсорбции; определение формы нахождения элементов в жидкой фазе с использованием «ядерных фильтров»; изотопный анализ химконцентратов урана и закись-окись урана методом альфа и гамма-спектрометрии; элементный анализ примесей (Si, Fe, Mo, V, Ti, Zr) в закиси-окиси урана методом атомно-эмиссионного спектрального анализа; анализ элементного состава (Fe, As, Sb, U) с использованием рентгеноспектрального и энергодисперсного рентгенофлуоресцентного метода.

На основании оценки возможности ядерно-физических методов в горно-рудной промышленности налажены проведение: радиометрическая сортировка фосфоритов, рентгенорадиометрическая сортировка сульфидных золотосодержащих руд; установление объемно-локального распределение урана в условиях ПВ и золота в карьерах; рекультивация отработанных урановых карьеров и рудников.

В НГМК используется более 30 ядерно-физических методик определения (исследования): форм нахождения элементов в природных и сточных водах; изотопного состава естественных радионуклидов в природных и технологических пробах; плотности потока (эксхалации) радона с поверхности почвы; определения значений мощности естественного гамма-излучения в непрерывном режиме для контроля выброса радиоактивных аэрозолей в атмосферу; фракционного состава микровзвесей в воздухе (аэрозоли, парогазовая фаза); объемной активности радона (ОАР), долгоживущих альфа-нуклидов (ДАН) в воздухе рабочей зоны и в производственных помещениях.

ГЕНЕРАЦИЯ ПРОДОЛЬНО-ПОЛЯРИЗОВАННОГО ПУЧКА ПОЗИТРОНОВ В ГИБРИДНЫХ МИШЕНЯХ

Д.А. Нейман, А.П. Потылицын

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: Neyman@tpu.ru

Введение

Для генерации позитронного пучка широко используется зарекомендовавшая себя схема, основанная на применении достаточно толстой мишени-конвертера $\sim 0.5 \cdot L_{\text{rad}}$. В настоящем докладе мы предлагаем модернизированный метод получения продольно-поляризованного позитронного пучка в диапазоне релятивистских энергий ~ 100 МэВ, базируясь на применении схемы гибридной мишени [1].

Теоретическое обоснование предлагаемого метода генерации $e_{\text{long.pol.}}^+$.

Поток частиц в подобных мишенях испытывает существенно более слабое многократное рассеяние относительно начального направления пучка электронов, что приводит к меньшему разбросу позитронов по углам на выходе общей схемы. Данный эффект достигается путем разделения основной мишени на две составляющие, более легкая из которых находится на выходе мишени.

Уменьшение углового разброса импульсов частиц в мишени является положительным фактором применительно к двухступенчатой схеме [2]:

$$e_{\text{long.pol.}}^- \rightarrow \gamma_{\text{circ.pol.}} \rightarrow e^- e_{\text{long.pol.}}^+$$

Также это позволяет позитронам при одной и той же энергии испытывать меньше взаимодействий, нежели чем в материалах с большим Z , что должно сказываться на увеличении средней степени проекции поляризации пучка в целом на выходе из мишени. Однако, выход позитронов снижается.

Заключение

Преследуя сразу несколько целей, первая из которых это повышение проекции степени поляризации генерируемого пучка e^+ , а вторая – обеспечения, по возможности, максимального выхода частиц, были проведены серии виртуальных экспериментов, с привлечением специализированных программных средств, таких как GEANT4. В результате были получены кривые распределений зависимости проекции степени продольной поляризации на направление начального пучка, от соответствующей энергии частицы. Проведен детальный анализ и сравнение с имеющимися результатами ведущих научных лабораторий.

Список литературы

1 Uesugi Y., Akagi T. Chehab R. et al. Development of an intense positron source using a crystal-amorphous hybrid target for linear colliders // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B. 2014. Vol. 319. Pp. 17-23.

2 Potylitsyn A. P. Production of polarized positrons through interaction of longitudinally polarized electrons with thin targets // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A. 1997. Vol. 398. Pp. 395-398.

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРЕХОДНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ОПТИЧЕСКОМ ДИАПАЗОНЕ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПАРАМЕТРОВ ПУЧКА ЭЛЕКТРОНОВ ЭНЕРГИЕЙ ДО 10 МэВ.

А.И. Новокшонов, А.П. Потьлицын

г. Томск, Томский политехнический университет
e-mail: novokshonov@tpu.ru

В данной работе была рассмотрена возможность применения переходного излучения в оптическом диапазоне для диагностики параметров пучка электронов, ускоренных до энергии не больше 10 МэВ. Теоретические расчеты показали, что возможность такой диагностики пучка есть. Техника измерения заключается в снятии экспериментальной кривой интенсивности переходного излучения в зависимости от угла вылета, далее следует анализ этой кривой, которая должна иметь характерный вид в пределах энергии до 10 МэВ. В частности, картина распределения интенсивности излучения должна представлять собой два пика, угол между которыми составляет $2\gamma-1$. Эти два пика, при энергиях меньше 10 МэВ, имеют разные значения максимумов. Эта разница и играет большое значение в диагностике пучка.

ПОРТАТИВНЫЙ ГАММА-СПЕКТРОМЕТР

А.В. Огребо, А.С. Егиоя, А.В. Вуколов, А.С. Гоголев

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: ogreboandrey@yandex.ru

Лабораторией «Рентгеновской оптики» разработано миниатюрное устройство, способное подсчитывать гамма кванты высокой интенсивности и производить анализ зафиксированных энергий.

Излучение гамма квантов с энергией от сотни кэВ до нескольких МэВ и интенсивностью до 10^9 имп/мин регистрируется сцинтиллятором на основе ортогерманата висмута $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ (BGO), время высвечивания световой вспышки которого при комнатной температуре составляет 300 нс.

В представленном сцинтилляционном спектрометре ионизирующего излучения использован кремниевый фотоэлектронный умножитель, характеризующийся высоким коэффициентом усиления $k=106$ и квантовой эффективностью от 15 до 23% , имеет компактные размеры 6×6 мм², нечувствителен к воздействию магнитных полей, работает от низкого напряжения – 30В, обладает механической прочностью и невосприимчивостью к внешней засветке. Использование в конструкции счетчика-спектрометра делителя частоты обеспечивает скорость счета до 10^9 имп/с с погрешностью не более 2%, в режиме простого счетчика гамма-квантов. Предложенное устройство обладает миниатюрными размерами, не более 5 см³. На рис. 1 представлена блок схема сцинтилляционного счетчика-спектрометра ионизирующего излучения.

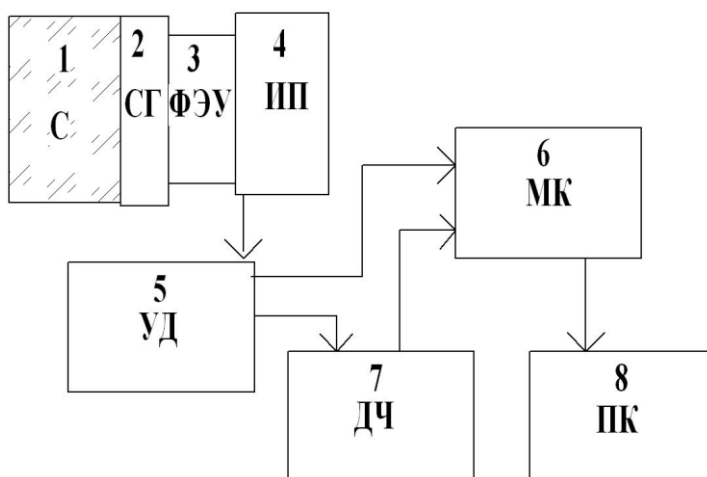


Рис.1 блок схема сцинтилляционного счетчика-спектрометра: С – сцинтиллятор; СГ – силиконовый герметик; ФЭУ – фотоэлектронный умножитель; УД – усилитель дискриминатор; ДЧ – делитель частоты; МК – микроконтроллер; ПК – персональный компьютер.

ПОЛУЧЕНИЕ СИНОГРАММ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ТОМОГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

М.А. Сиягина, С.Г. Стучебров

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: sin-masha@mail.ru

Томографические исследования, позволяющие послойно изучать внутреннюю структуру образцов, являются одними из наиболее эффективных неразрушающих методов на сегодняшний день. Наиболее распространенный томографический метод основан на восстановлении структуры слоя из синограммы при помощи обратного преобразования Радона.

Синограмма является графическим представлением поочередного сложения проекций одного слоя объекта, полученных под разными углами. Излучение, частично поглощаясь в объекте, регистрируется линейным детектором. Информация об интенсивности излучения преобразуется в графический вид – в полосу шириной в один пиксель. После получения такой строчки, объект исследования поворачивается на заданный угол, и процедура повторяется. Последовательное сложение таких строчек в двухмерное изображение образует синограмму.

В работе использовались две ранее созданные коллективом томографические установки [1]. В первой системе детектирующим устройством является многоканальный стриповый твердотельный детектор рентгеновского излучения GaAs-512-0.1 [2]. Во второй установке детектирующей частью является цифровой линейный газовый рентгеновский детектор ПРИЗ-1536 [3]. Источником излучения в обоих прототипах является импульсный рентгеновский аппарат РАП-160-5 [4].

Разрешение итогового изображения, восстановленного из синограммы, зависит от величины шага угла вращения объекта. Для определения оптимального шага необходимо по соответствующей формуле рассчитать оптимальное количество проекций для полного восстановления объема.

На установках были получены серии снимков объектов различной природы. На первой пространственное разрешение реконструированных изображений равно 5,4 пар линий/мм (92 мкм); на второй 2,3 пар линий/мм (222 мкм).

1 Стучебров С.Г., Батрагин А.В., Лукьяненко Е.В., Сиягина М.А. Установки-прототипы для томографической визуализации с субмиллиметровым пространственным разрешением // Известия вузов. Физика. - 2014 - Т. 57 - №. 2/2. - С. 78-82

2 Детектор рентгеновского излучения GaAs-512-0.1. Ведомость эксплуатационных документов ТКМА 427659.006ВЭ, Томск-2012г.

3 Руководство по эксплуатации: «Многоканальная ионизационная камера для рентгенографической установки сканирующего типа». – Новосибирск: ИЯФ СО РАН, 2006. – 10 с

4 Руководство по эксплуатации: «Аппарат рентгеновский переносной для промышленного применения». – Томск: Фотон, 2008. – 34 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ МЕТОДОМ ОБЪЕМНОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ ТОМОГРАФИИ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

А. А. Степаненко, А.В. Батрагин, С.Г. Стучебров

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: Sasha9208@rambler.ru

Одним из новых и перспективных направлений применения томографических методов является изучение внутренней структуры древесины. Такие исследования могут служить в целях автоматизации контроля качества пиломатериала при деревообработке, оценки качества готовых изделий из дерева, изучения структуры годовых колец, датировка деревянных элементов различного происхождения и многого другого.

Томографические методики получают все большее распространение при решении задач контроля качества древесины или готового пиломатериала. В этих целях применяются в основном установки, имеющие невысокое пространственное разрешение, рассчитанные на быстрый и не очень точный анализ образцов. Более интересной задачей является изучение структуры древесины с субмиллиметровым пространственным разрешением. Такие исследования могут позволить изучать динамику плотности структуры растения в рамках отдельного годичного кольца, что дает большие возможности, например, при построении корреляционных зависимостей с содержанием атмосферных компонент или солнечной активности в заданные субсезонные периоды.

Целью данного исследования является разработка методики исследования древесины с применением имеющейся установки, предназначенной для объемной рентгеновской томографии высокого разрешения. Методика должна позволять проводить исследования внутренней структуры древесины любых пород на образцах размером от нескольких кубических миллиметров до сотен кубических сантиметров, что позволит применять ее для широкого круга исследований. В рамках работы была создана методика исследования древесины, основанная на объемной рентгеновской томографии высокого разрешения. Были получены объемные снимки различных древесных образцов. Проведена дендрохронологическая датировка исследуемых объектов. Полученные результаты демонстрируют высокую эффективность метода и широкие возможности для его дальнейшего применения.

ДВУХФОТОННАЯ РЕНТГЕНОВСКАЯ АБСОРБЦИОМЕТРИЯ

Ю.М. Черепенников, А.С. Гоголев, А.В. Вуколов, Р.О. Резаев, С.Г. Стучебров

г. Томск, Томский политехнический университет
e-mail: che@scalpnet.ru

В работе предложен метод двухфотонной рентгеновской абсорбциометрии. Проведены теоретические исследования возможностей предложенного метода в аспекте определения компонентного состава потока многокомпонентной жидкости. Согласно результатам моделирования предел обнаружения может составить величину ниже 0,25%, что на порядок превосходит все известные аналоги [1, 2].

На протяжении нескольких десятилетий одной из важнейших технических проблем нефтегазовой промышленности в мире является измерение количества и параметров добываемой скважинной продукции в реальном времени без разделения фаз, не используя движущиеся детали и не управляя процессом вручную. Результаты измерений компонентного состава, газа, нефти и воды на этапе добычи позволяют оценивать экономическую эффективность операций по оптимизации работы скважин, характеризуют состояние разрабатываемого участка недр, являются основой для налоговых расчетов между государством и нефтедобывающим предприятием. В свете постоянного роста цен на нефть повышаются требования к точности измерений её количества и параметров. Развитие средств аналитического оборудования и вычислительной техники открывает качественно новые возможности для решения стоящих перед производством технологических задач.

Литература

1. A.M. Scheers and W.F.J. Slijkerman Multiphase flow measurement using multiple energy gamma ray absorption (MEGRA) composition measurement // SPE publication 36593, Oct. 6, 1996
2. Патент US 20120087467 A1, МПК G01N 23/223 опубл. 12.04.2012

Секция 4

Радиационная
безопасность и
нераспространение
ядерных материалов

RADIATION MONITORING SYSTEM

D.A. Tatarnikov, A.V. Godovykh

Tomsk, Tomsk Polytechnic University

e-mail: den2276@yandex.ru

Mobile monitoring systems are one of the main systems for surveillance for nuclear materials of any types and any sources. Such systems can provide strong and reliable safety for the country or any local places. They are using to several purposes:

- Environmental: Lost Sources, Contamination
- Emergency Response: Nuclear Incident Response Teams
- Security: Customs, Military
- Geophysical, Uranium, Gas & Oil Exploration and so on.

The primary function of such systems is to equip any vehicle (motor vehicle, helicopters and so on) with necessary components for the specific systems and do constant and periodic monitoring of controlled territory.

The idea of our project was to make our own radiation detection system with some several unique features, and make the system more independent for their components, highly scalable and flexible platform. We develop programs for collecting and displaying the gamma data on the plot from all of the connected detectors to the system and record it for further post-processing, and displaying it to user as a breadcrumb on the map.

Radiation Detection system (RDS) is a standalone mobile radiation detection system for monitoring gamma-ray and x-ray emissions from any source from a motor vehicle, helicopters or fixed location that provides real-time search, surveillance and data recording. A global positioning system (GPS) records the exact position of the detected radiation.

The main differences between our platforms and others are the following:

- Unlimited number of controlled detectors. You can add any number of detectors that you want, and how many slots you have got on your router.
- Independent from detector type (OSPREY, digibase-E or any others). For now, we have support only for Osprey detectors [1], but due to highly scalable structure of the RDS software that we developed, we can add support for any type of detectors.
- Independent for GPS-receiver. You can use any GPS-receiver [2] that you want. The main condition that such devices should support COM interface and NMEA-0183 protocol.

REFERENCES

1. Osprey™ Universal Digital MCA Tube Base. User's Manual. – 2011
2. NAISS Mobile Radiation Monitoring System. Software user's manual. (2011) Canberra Industries, Inc. – ORTEC Part No. 931022.

ФОРМИРОВАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ЯДЕРНОГО ОБЪЕКТА

А.В. Буковецкий, Б.П. Степанов

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: antaresbav@tpu.ru

С целью предотвращения несанкционированных действий в отношении ядерных материалов (ЯМ), ядерных установок (ЯУ), пунктов хранения ядерных материалов (ПХ ЯМ) и других предметов физической защиты (ПФЗ) на ядерном объекте (ЯО) создаётся система физической защиты (СФЗ). Принципы построения СФЗ ЯО направлены на достижение её эффективности, которая определяется способностью СФЗ противостоять действиям нарушителей в отношении ЯМ, ЯУ, ПХ ЯМ и других ПФЗ с учетом перечня угроз и модели нарушителя для конкретного ЯО, определенных на этапе проведения анализа уязвимости (АУ). Одним из основных показателей проектируемой или существующей СФЗ ЯО является её показатель эффективности. Показатель эффективности СФЗ вычисляется в ходе проведения оценки эффективности (ОЭ) СФЗ ЯО в соответствии с существующими методическими рекомендациями и на основе перечня уязвимых мест, внешних и внутренних угроз и модели нарушителя, определённых при проведении АУ ЯО.

В настоящее время при проведении ОЭ СФЗ ЯО используются два метода получения временных показателей преодоления рубежей охраны: метод экспертных оценок и проведение учений. Метод экспертных оценок имеет большую погрешность, т.к. напрямую зависит от субъективного мнения и компетентности эксперта. Проведение учений является сложным в организации, трудоёмким и длительным процессом, требующим подключения большого числа человеческих и материальных ресурсов, но позволяющим охватить лишь небольшую выборку событий с различными начальными условиями. Проводимые исследования направлены на создание аналитической модели нарушителя на базе многофакторного анализа психофизиологических и физических свойств человеческого организма, возможных уровней оснащённости нарушителя и преодолеваемых им рубежей охраны конкретного ЯО.

Использование аналитической модели нарушителя совместно с применяемой на ЯО методикой проведения ОЭ СФЗ ЯО позволит с большой достоверностью, без привлечения большого числа ресурсов и в короткие сроки определять временные показатели преодоления рубежей охраны ЯО, что приведёт к увеличению точности при определении показателя эффективности СФЗ ЯО.

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ

Е.А. Власенко

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: vlasenko_zhene@mail.ru

Задача обеспечения физической защищенности ядерных объектов год от года обретает всё большую актуальность. Особое значение имеет возможность объективной оценки эффективности систем физической защиты (СФЗ) с целью дальнейшего их совершенствования. Существуют два основных подхода к оценке эффективности СФЗ.

Первый из них — качественный. Суть его заключается в определении и последующей проверке выполнения обязательных требований к СФЗ. Как правило, оценка эффективности СФЗ в данном случае заключается в проведении плановых и внеплановых проверок состояния СФЗ, результаты которых затем оцениваются экспертным методом. Указанный подход не позволяет учесть ряд существенных факторов, таких как правильность настройки технических средств, правильность действий сил охраны. Кроме того, полное выполнение требований нормативных документов не исключает возможность успешного совершения несанкционированных действий нарушителем ввиду несовершенства нормативной базы и сложности СФЗ как организационно-технической системы.

Второй подход — количественный. В данном подходе показателем эффективности является число, выражающее вероятность пресечения несанкционированных действий. Значительный объем вычислений, сложность описания объектов и маршрутов движения нарушителя на реальных предприятиях — основные недостатки количественного подхода.

Методика проведения оценки эффективности, применяемая в Госкорпорации «Росатом», базируется на количественном подходе. Однако качественный подход находит своё отражение в объектовом и ведомственном контроле состояния СФЗ.

Список литературы

1. Панин, О.А. Проблемы оценки эффективности функционирования систем физической защиты объектов /О.А. Панин// Журнал «БДИ». - 2007. - № 3. - С. 26.
2. Garcia M.L. Vulnerability assessment of physical protection systems / Mary Lynn Garcia – Burlington, MA, USA: Elsevier Butterworh-Heinemann, 2006. - 382 стр.
3. Системы физической защиты ядерно-опасных объектов. Методические рекомендации по оценке эффективности. - М.: Министерство Российской Федерации по атомной энергии, 2004.

НАИБОЛЕЕ ОПАСНЫЕ ЭТАПЫ ЯТЦ, РИСКИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ

О.И. Катаева

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: o.i.kataeva@gmail.com

Целью настоящей работы является рассмотрение наиболее уязвимых с точки зрения распространения этапов ЯТЦ и обзор созданных мировым сообществом инструментов, которые уменьшают риски несанкционированных действий.

Со стороны режима нераспространения наибольший риск несут те звенья ЯТЦ, которые могут предоставить возможность наработки высокообогащенного урана (ВОУ) или выделения, плутония под прикрытием разработки и реализации мирной атомной программы. Такими звеньями являются, прежде всего, обогащение урана и химическая переработка топлива с выделением плутония.

Противоречивая особенность технологии обогащения урана заключается в том, что она может использоваться и в целях наработки низкообогащенного урана для АЭС и для производства оружейного ВОУ, причем переход от первого ко второму осуществляется достаточно легко. Технологии по обогащению урана существуют в некоторых странах, таких как Россия, США, Франция, Германия, Голландия, Англия, Пакистан, Бразилия, Иран. Случай с Ираном (обогащение до 20%) показал, что возможна незаконная наработка ядерного материала, не смотря на действующие обязательства в рамках Соглашения с МАГАТЭ о всеобъемлющих гарантиях.

Также особый интерес представляет химическая переработка отработавшего ядерного топлива. Здесь появляется возможность создания примитивного взрывного устройства малой мощности.

Для уменьшения угрозы распространения был создан Договор о нераспространении ядерного оружия и разработанная в его рамках система гарантий МАГАТЭ (документ INFCIRC – 153), которая обеспечивает контроль за непереклещением значимых количеств расщепляющихся материалов на немирные цели. Кроме того важную роль играет Группа Ядерных Поставщиков. Цель данной организации: пресечение нелегального экспорта ядерных материалов, оборудования и технологий. Имеются и другие инструменты, уменьшающие риски распространения.

Необходимо отметить, что все эти меры работают не на опережение, а идут вслед за событиями. Примеры тому — создание Группы ядерных поставщиков, как реакция на производство оружейного плутония в Индии и последовавшее за этим проведение ядерного испытания;

Поэтому сегодня требуются новые подходы к укреплению режима ядерного нераспространения

Список литературы

1.А. Павлов, «Центрифужное обогащение и проблемы ядерного нераспространения», Ядерный Клуб, №2, 3, 2010.

2.<http://www.iaea.org/>

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРОВЕДЕНИЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ

А.В. Никиенко

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: nikienko_a@sibmail.com

Расчёт показателей эффективности проектируемых и существующих систем физической защиты (СФЗ) является одной из важных задач службы безопасности ядерных объектов, так как он позволяет сохранить «принцип адекватности» при построении СФЗ и выбрать оптимальное отношение показателей «цена/качество». Применяемая в настоящее время методика расчёта показателей эффективности СФЗ имеет отдельные недостатки, связанные, в том числе, с неточностью расчётов при совершении несанкционированного действия в отношении ядерного материала внутренним нарушителем, в частности, невозможность учесть такие факторы как достаточность различных наборов инструментов для совершения акции нарушителя; технологические особенности ядерного материала (его самозащищённость (активность), способы хранения и т.д.), выполнение «правила двух лиц» и другие.

Работа по проведению оценки эффективности СФЗ требует проведения большого количества однообразных вычислений, что приводит к необходимости автоматизации этого процесса и к разработке специализированного программного обеспечения. Несмотря на наличие различных программных инструментов, используемых для проведения оценки эффективности СФЗ ядерных объектов и позволяющих провести оценку аналитическим методом или с использованием метода имитационного моделирования, остаётся актуальным вопрос о повышении точности расчётов с учётом географических и технологических особенностей объекта. Поэтому одной из задач дальнейшей работы является создание программного продукта, в основу которого будет положен математический аппарат, разработанный для методики и учитывающий указанные выше недостатки.

Список литературы

1. «Правила физической защиты ядерных материалов, ядерных установок и пунктов хранения ядерных материалов», утвержденные постановлением Правительства Российской Федерации от 19 июля 2007 года № 456;
2. Математическая модель комплекса инженерно-технических средств системы физической защиты охраны объекта / И.С. Полянский, И.И. Беседин, Б.Л. Панин / Академия ФСО России - 2013;
3. Основы проектирования систем физической защиты ядерных объектов / Б.П. Степанов, А.В. Годовых / издательство ТПУ - 2009.

КУЛЬТУРА ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

М.В. Перминова

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: masha199303@gmail.com

Начало двадцать первого века, стало решающими в понимании безопасности нации, страны и мира в целом. События 11 сентября 2001 года в США и серия террористических актов в России показали, что нет предела терроризму. Таким образом, введя понятие «Культура ядерной безопасности», которое стало одной из наиболее актуальных проблем в области ядерной энергетики, человечество может оградить себя от этой угрозы.

Основной целью данного исследования является анализ требований по культуре ядерной безопасности, которым должен соответствовать настоящий инженер, работающий в области ядерной энергетики и какую обязанность и ответственность он несет в плане обеспечения безопасности своей работы.

Данная работа включает в себя следующие задачи:

- определение понятия культура ядерной безопасности;
- выделение основ лежащие в данном понятии, которые подразумевают соблюдение норм и правил режима безопасности, правильное использование технических средств защиты, степень мотивации персонала и степень осознания ответственности за выполнение своей работы;
- актуальность и важность данной проблемы, а также описаны решения проблем вытекающих из недостаточного уровня культуры ядерной безопасности в наши дни;
- анализ факторов влияющих на культуру ядерной безопасности;
- исследование путей достижения максимального уровня культуры ядерной безопасности.

Таким образом, установлено, что концепция культуры безопасности вытекает из определения процесса безопасности и отражает эффективность каждого его элемента в отдельности и всего процесса в целом.

Список литературы

1. Хрипунов И., Холмс Дж. Культура ядерной безопасности: глобальная концепция и пример России (2004). Электронный ресурс: http://www.armscontrol.ru/pubs/sec_cul_rus.pdf Дата обращения: 20.05.2014 г.
2. Машин В.А. Современные основы концепции культуры ядерной безопасности. (2014). Электронный ресурс: <http://mashinva.narod.ru/arch/PSY42.pdf> Дата обращения: 20.05.2014 г.
3. МАГАТЭ Кодекс поведения по обеспечению безопасности и сохранности радиоактивных источников (2004). Электронный ресурс: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/pdf/code-04.pdf Дата обращения: 20.05.2014 г.

ИЗРАИЛЬ: «ЯДЕРНОЕ ОРУЖИЕ В ПОДВАЛЕ»

Н.А Серикова

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: Snats14@mail.ru

В последние годы ситуация в сфере нераспространения ядерного оружия существенно осложнилась, поскольку техническими возможностями его создания обладает уже ряд стран, включая и те, которые стремятся приобрести "ядерный" статус. Этот факт объективно ставит распространение ядерного оружия в число основных угроз стратегической стабильности и международной безопасности в XXI веке. Поэтому контроль и анализ развития ядерной программы в стране является актуальной задачей.

Целью данной работы являлся анализ открытых материалов авторитетных зарубежных экспертов, посвященных этой теме, в том числе отчеты американского исследовательского центра Global Security, и последующая оценка «ядерной неоднозначности» Израиля.

Так, по оценкам зарубежных экспертов Израиль является четвертой ядерной державой мира. Пожалуй, ни одна тема об Израиле не окутана таким туманом тайн и недомолвок, как вопрос обладания Израилем ядерным оружием. В своих заявлениях израильские официальные лица никогда не подтверждают, но и не отрицают наличие у Израиля ядерного оружия.[3] Израильская комиссия по атомной энергетике – одна из самых засекреченных организаций. Израиль является членом МАГАТЭ, но не присоединился к Договору о нераспространении ядерного оружия, не ратифицировал Конвенцию о физической защите ядерного материала и не участвует в международных соглашениях о контроле над ядерным экспортом. [2] Но по различным оценкам в 2006 году в арсенале Израиля имелось около 200 ядерных зарядов. А в статье двух экспертов в области распространения ядерного оружия, опубликованной в начале сентября 2013 года, утверждается, что Израиль имеет в своем распоряжении около 80 ядерных боезарядов, располагая при этом расщепляющимися материалами, необходимыми для производства от 115 до 190 боеголовок.[1]

Проведенная оценка показала о возможности производства Израилем ядерного оружия собственными силами и, с большой долей вероятности, о наличии на вооружении данного вида оружия.

Литература

1 Новый вызов после "холодной войны": распространение оружия массового уничтожения. <http://svr.gov.ru/material/2-13-6.html>

2 Путеводитель по Израилю: Оружие Массового уничтожения. <http://guide-israel.ru/>

3 В.И. Есин, Ядерная политика Израиля. Электронный журнал " Россия и Америка в XXI веке " №2, 2013

ВЛИЯНИЕ НОВЫХ СТРАН, ВХОДЯЩИХ В ТАМОЖЕННЫЙ СОЮЗ ЕврАзЭС НА СИСТЕМУ ЭКСПОРТНОГО КОНТРОЛЯ РОССИИ

Е.В. Толстикова

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: kolyckaa@yahoo.com

На сегодняшний день каждое государство имеет свою систему экспортного контроля, которая направлена на взаимодействие со всеми странами. Таможенный союз (ТС) ЕврАзЭС был создан с целью создания единой таможенной территории, в пределах которой не будут применяться таможенные пошлины и ограничения экономического характера, будет существовать единая нормативная документация во всех сферах взаимодействия. Уже сейчас Таможенный союз - одно из самых больших формирований подобного рода в мире и вопреки многим прогнозам за неполные 3 года функционирования он уже доказал свою жизнеспособность. В скором будущем интеграционные процессы в рамках ТС ЕврАзЭС должны выйти на качественно новый уровень - создание единого экономического пространства. Кроме того высока вероятность интеграционного объединения, которое повлияет на весь механизм работы ЕврАзЭС в целом и на системы экспортного контроля каждой из стран-участниц в отдельности, так как таможенный вопрос является одной из основных составляющих системы экспортного контроля любой страны. В данной работе рассмотрены перспективы такого роста Таможенного союза. Наиболее вероятным и соответствующим логике процессов интеграции на постсоветском пространстве направлением расширения Таможенного союза является вхождение в него стран ЕврАзЭС, которые еще не являются членами Таможенного союза, - Таджикистана и Киргизии. Являясь действующими членами ЕврАзЭС, Киргизия и Таджикистан имеют возможность активно наблюдать и изнутри следить за положением дел в Таможенном союзе. Однако необходимость вхождения в ТС этих двух экономик остается дискуссионной. Также возможными участниками Таможенного союза могут быть страны-наблюдатели - Молдова и Армения. В данном вопросе существует еще больше дискуссионных моментов, которые так же отражены в работе.

Список литературы

1. Сайт Таможенного союза ЕврАзЭС [элект. ресурс]/- Режим доступа: <http://tsouz.ru/AboutETS/Pages/default.aspx> (дата обращения 12/05/2014)
2. Возможность расширения Таможенного союза до Японии [элект. ресурс]/- Режим доступа: <http://m.pravda.ru/economics/rules/globalcooperation/21-10-2013/1178959-japan-0/>-(дата обращения 12/05/2014)

Секция 5

Физико-химические
технологии

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗОТОПНЫХ ЭФФЕКТОВ В СВОЙСТВАХ ПЕРХЛОРАТА ЛИТИЯ

Д.В. Акимов, Н.Б. Егоров, И.И. Жерин, Т.П. Морозова, Д.Ю. Тугушева

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: akimov@tpu.ru

Свойства солей щелочных металлов, имеющих природный изотопный состав, изучены достаточно подробно. Изучению влияния изотопного замещения в солях щелочных металлов на их свойства до сих пор уделялось недостаточно внимания. Однако в связи с поиском новых соединений с регулируемыми свойствами для электрохимических устройств проявляется повышенный интерес к солям щелочных металлов с изотопно-измененным составом.

Известно, что перхлорат лития LiClO_4 , растворенный в органических средах или полимерной матрице, не взаимодействует с литием и характеризуется высоким значением потенциала электрохимического разложения. Таким образом, композиционные твердые электролиты на основе LiClO_4 могут оказаться перспективными материалами для использования в твердотельных электрохимических ячейках. Кроме этого LiClO_4 может служить более удобной модельной системой для исследования влияния кристаллохимических факторов, в частности, размера катиона на проводимость. Поэтому синтез, исследование физико-химических свойств LiClO_4 и установление зависимостей и взаимосвязей, позволяющих регулировать эти свойства, имеет значительный научный интерес.

Целью данной работы является исследование влияния изотопного замещения ${}^6\text{Li}$ и ${}^7\text{Li}$ в перхлорате лития LiClO_4 на его структурные, термические и колебательные свойства.

Для синтеза LiClO_4 использовали LiOH , обогащенные по ${}^7\text{Li}$ (99,99 %) и по ${}^6\text{Li}$ (90,5 %), которые растворяли в хлорной кислоте. Рентгеноструктурные исследования проводились при комнатной температуре на дифрактометре D8 DISCOVER ($\text{CuK}\alpha$ -излучение, $\lambda = 1,54056 \text{ \AA}$). Определенные различия в объемах элементарных ячеек между ${}^6\text{LiClO}_4$ и ${}^7\text{LiClO}_4$ составили ~0,3 %.

Дифференциально-сканирующий анализ образцов LiClO_4 проводили на калориметре DSC Q2000. Из анализа кривых ДСК следует, что для образцов ${}^6\text{LiClO}_4$ и ${}^7\text{LiClO}_4$ наблюдается разница в 1,5 °С для эндотермического эффекта, относящегося к плавлению LiClO_4 .

Спектры КР получали на ИК-Фурье спектрометре Nicolet 6700 с приставкой комбинационного рассеяния в диапазоне от 100 до 4000 cm^{-1} при комнатной температуре. В спектрах образцов присутствуют колебания ClO_4^{2-} иона – симметричное (ν_1), дважды вырожденное деформационное (ν_2), два трижды вырожденных антисимметричных (ν_3) и два трижды вырожденных (ν_4). Положения линий колебаний для ${}^7\text{LiClO}_4$ сдвинуты в низкоэнергетическую сторону, а линии, соответствующие колебаниям ${}^6\text{LiClO}_4$, имеют высокоэнергетический сдвиг по отношению к спектру ${}^{\text{nat}}\text{LiClO}_4$.

Авторы благодарят сотрудников Научно-аналитического центра ТПУ за съемку и расшифровку кривых ДСК образцов LiClO_4 .

СЕРНОКИСЛОТНОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПРИСУТСТВИИ БИФТОРИДА АММОНИЯ

Д.В. Акимов, А.Н. Дьяченко, Н.Б. Егоров, А.Д. Киселев, К.В. Обмуч

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: akimov@tpu.ru

Монацитовый концентрат является промышленным сырьем для получения редкоземельных элементов цериевой группы и тория. Для переработки монацитового концентрата в основном применяют два способа его разложения при нагревании с использованием серной кислоты или гидроксида натрия. Оба способа имеют промышленное применение, однако, когда целью производства является получение товарных редкоземельных продуктов, то отдают предпочтение вскрытию с использованием щелочи. Основным преимуществом щелочного метода заключается в отделении фосфора на первой стадии процесса в виде фосфата натрия.

Целью данной работы является разработка способа вскрытия монацитового концентрата серной кислотой в присутствии бифторида аммония, позволяющего отделить фосфор от смеси редкоземельных и радиоактивных элементов.

В работе использовали H_2SO_4 (ч.д.а.), NH_4HF_2 (ч.д.а.), NH_4OH (ч.д.а.) и монацитовый концентрат Туганского месторождения. H_2SO_4 использовали разбавленную в объемном соотношении 1:1. Диапазон размера частиц монацитового концентрата после измельчения составлял от 1 до 10 мкм. Полученный таким образом порошок монацитового концентрата далее использовался без классификации.

При вскрытии монацитового концентрата H_2SO_4 (1:1) без добавки NH_4HF_2 степень извлечения суммы РЗЭ увеличивается до соотношения Т:Ж равного 1:6 и составляет 12,3 %. Дальнейшее повышение количества H_2SO_4 мало влияет на повышение степени извлечения суммы РЗЭ. В случае выщелачивающего раствора, содержащего 6 мл H_2SO_4 (1:1) и 4 г NH_4HF_2 максимальная степень извлечения суммы РЗЭ составила 42,3 %. Полуколичественный анализ, проведенный с использованием рентгено-флуоресцентного метода показал, что не менее 97 % суммы РЗЭ, 70 % тория и весь уран подверглись вскрытию и перешли в раствор.

Согласно данным рентгенофазового анализа в спеке, образующемся при нагревании монацитового концентрата со смесью H_2SO_4 и NH_4HF_2 в течение 1 часа при температуре 160 °С присутствуют фазы $Zr_3(PO_4)_4$, $(NH_4)_2SO_4$, NH_4PF_6 , $Th(SO_4)_2$ и $Nd_2(SO_4)_3 \cdot (NH_4)_2SO_4$. Нагрев спека до температуры 300 °С приводит к удалению NH_4HF_2 и разложению некоторых продуктов выщелачивания. В спеке обнаружены фазы $Nd_2O_2SO_4$, $Pr_2O_2SO_4$ и $(LaO)_2SO_4$ и $Zr_3(PO_4)_4$.

Образующиеся газообразные продукты термического разложения спека улавливали растворами NH_4OH . Элементный анализ показал значительное содержание фосфора в абсорбционном растворе, что указывает на разложение NH_4PF_6 и возможность отделения фосфора от смеси РЗЭ и радиоактивных элементов.

СОКРАЩЕНИЕ ОБЪЕМОВ СРЕДНЕ- И НИЗКОАКТИВНЫХ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ НА ФГУП «ГХК»

Г.А. Апальков, И.Г. Ефремов, С.И. Смирнов, А.Ю. Жабин

г. Железнодорожск, ФГУП «Горно-химический комбинат»

e-mail: glebaldo@mail.ru

В настоящее время важной задачей ФГУП «ГХК» является обеспечение экологической безопасности вновь вводимых, действующих и выводимых из эксплуатации производств для устойчивого развития предприятия при осуществлении деятельности в области использования атомной энергии.

В результате производственной деятельности на ФГУП «ГХК» образуются значительные количества радиоактивных отходов, в частности ежегодно около 78-80 тыс. м³ жидких загрязненных радионуклидами отходов (ЖРО). Снизить вероятность попадания токсичных и долгоживущих радионуклидов (¹³⁷Cs, ⁶⁰Co) в окружающую среду возможно путем перевода радионуклидов в ТРО, снижая при этом активность жидких отходов до уровня нерадиоактивных технологических продуктов, что обеспечит их дальнейшее использование в различных технологических операциях.

Образующиеся при эксплуатации радиохимических производств, обслуживании энергетических установок, проведении дезактивационных работ и прочих операций жидкие радиоактивные отходы имеют сложный радионуклидный и химический состав и содержат ЭДТА, трилон Б, щавелевую и лимонную кислоты, соли сульфокислот (сульфонол), ПАВ и т.п., которые образуют с радионуклидами прочные комплексы и коллоиды различного (в том числе переменного) состава, затрудняющие дальнейшую сорбционную, ионообменную очистку ЖРО. Таким образом, полнота деструкции указанных компонентов определяет степень очистки жидких радиоактивных отходов от радионуклидов.

Среди технологий, позволяющих решить задачу деструкции комплексобразующих компонентов ЖРО, минимизировать энерго- и ресурсозатраты, количество вторичных отходов, гетерогенные каталитические процессы являются одними из перспективных. Разработан и предложен к внедрению технологически пригодный способ очистки САО и НАО, представляющий собой цепочку коагуляционно-осадительных операций с ЖРО, прошедшими стадию каталитической окислительной деструкции комплексобразующих компонентов, позволяющий перевести значительные количества ЖРО в класс нерадиоактивных отходов и решить проблему долгосрочного обеспечения безопасности при обращении с радиоактивными отходами и ядерными материалами на ФГУП «ГХК».

После успешной апробации разработанного способа в ходе переработки реальных САО и НАО ФГУП «ГХК», в настоящее время ведутся работы по созданию пилотного стенда переработки ЖРО на площадке предприятия и подготовка исходных данных для промышленной реализации разработанного способа в 2015-2016г.

ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВСКРЫТИЯ БЕРИЛЛИЙСОДЕРЖАЩИХ ФЛОТОКОНЦЕНТРАТОВ В ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

Б. Ж. Аринов, В. В. Савчук, С. Г. Цораева, А. Б. Аринов

г. Усть-Каменогорск, Республика Казахстан,
АО «Ульбинский металлургический завод»
e-mail: ArinovBG@ulba.kz

В АО «УМЗ» впервые исследован способ переработки бериллийсодержащего флотоконцентрата в рудотермической печи в режиме восстановительной плавки. Целью проводимых исследований является изучение и экспериментальное опробование нового способа переработки бериллийсодержащего сырья в рудотермической печи в режиме восстановительной плавки с получением плава повышенного качества по химическому составу. В качестве восстановителя используется твердый углеродный материал - графит. Данный способ можно отнести к карботермическому способу плавления шихты флотоконцентратов.

Технологическая направленность исследований заключается в «очистке» от примесных металлов (Fe, Mn, Cr, Pb, Zn), содержащихся в флотоконцентрате, прямо в «голове» технологического процесса получения гидроксида бериллия, т.е. на операции термической обработки со щелочными флюсами в рудотермической печи с оценкой качества первого полупродукта гидрометаллургии – плава с последующей его сульфатизацией.

Результаты исследований показали снижение содержания примесей в плаве при проведении процесса карботермической плавки. Снижение примесей в «карботермическом» плаве составило: железа на 30%; хрома на 80%; марганца на 25%; свинца на 65%; цинка на 85%. Кроме того, происходит обесфторивание флотоконцентрата до 10 %.

Таким образом, лабораторные исследования подтверждают возможность очистки получаемого плава от металлических примесей при введении в шихту восстановителя в виде графита. При этом также наблюдается и снижение содержания фтора в плаве за счет частичного восстановления кремния и образования летучего соединения SiF₄.

Дальнейшие исследования должны быть продолжены в направлении поиска оптимального экономически приемлемого углеродного восстановителя, определения количественных соотношений между рудной шихтой и восстановителем, определения возможности и условий для более полного удаления фтора из получаемого гранулята, изучение влияния качественных показателей гранулята на технологические параметры процесса дальнейшей переработки и характеристики получаемых из него полупродуктов гидрометаллургии бериллия.

ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ ПУЗЫРЬКОВЫХ ГАЗОЖИДКОСТНЫХ СРЕД ПОВЫШЕННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ

Б.В. Бошнятов

г. Москва, ФГБУН Институт прикладной механики Российской Академии наук,

ИПРИМ РАН

e-mail: bosbosh@mail.ru

Пузырьковые газожидкостные среды находят широкое применение в технологических процессах атомной энергетики и промышленности. В ряде случаев такую среду можно рассматривать как гомогенную, приписывая ей эффективные значения физических величин, усредненных по объемам много большим, чем масштаб структурных неоднородностей среды. Для дисперсных сред малой концентрации, когда взаимодействием дисперсных частиц можно пренебречь, эта проблема была решена в классических работах Максвелла (электро- и теплопроводность, 1873) и Эйнштейна (вязкость, 1906). Для более концентрированных сред необходимо учитывать взаимное влияние дисперсных частиц друг на друга. Для этой цели использовались различные теоретические методы и подходы [1,2], однако до сих пор проблему нельзя считать окончательно решенной.

В работе, используя метод физической аналогии и решение задачи о взаимодействии фаз в гидродинамической постановке [3,4], получена теоретическая формула для расчета электро- и теплопроводности монодисперсной пузырьковой среды в зависимости от объемной концентрации пузырьков с учетом их взаимного влияния. Сравнение с многочисленными экспериментами [5] показало, что формула дает погрешность менее 0,5 % в диапазоне концентраций от $0 < c < 0,52$.

Работа выполнена при частичной поддержке в рамках Программы повышения конкурентоспособности ТГУ.

Литература

1. Jeffrey D. J. Conduction through a random suspension of spheres // Proc. R. Soc. Lond. A. 1973. V. 335. P. 355-367

2. Felderhof B.U. Effective transport properties of composites of spheres // Physica A 207. 1994. P.13-18.

3. Гуськов О. Б., Бошнятов Б. В. Гидродинамическое взаимодействие сферических частиц в потоке невязкой жидкости // Докл. РАН. 2011. Т.438. № 5. С.626-628.

4. Гуськов О. Б., Бошнятов Б. В. Взаимодействие фаз и присоединенная масса дисперсных частиц в потенциальных потоках жидкости // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Механика жидкости и газа. 2011. №4 (3). С.740-741.

5. Feitosa K., Marze S., Saint-Jalmes A. and Durian D.J. Electrical conductivity of dispersions: from dry foams to dilute suspensions // Journal of Physics: Condensed Matter. 17. 2005. P. 6301–6305

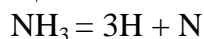
О РЕАКЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ NH_3 И UF_6

О.Б. Громов, А.А. Быков

г. Москва, ОАО «Ведущий НИИ химической технологии»

e-mail: gromov@vniiht.ru

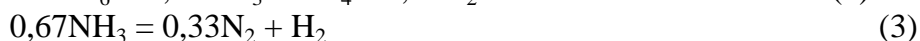
В атомной технике газообразный NH_3 часто используют в качестве восстанавливающего реагента, полагая, что восстановительным агентом служит выделяющийся водород, в том числе атомарный, при разложении аммиака при повышенных температурах [1-4]. Рассмотрены вероятные механизмы восстановления UF_6 . На основании проведенных термодинамических расчётов взаимодействия UF_6 и NH_3 сделан вывод, что восстановление урана в данной системе будет происходить преимущественно за счёт собственно NH_3 , а не за счёт образующегося атомарного водорода, как считалось ранее. Термодинамические расчёты показывают [5], что для получения атомарного водорода по реакции:



требуется температура не менее 4000К, а разложение NH_3 при температуре 1073К [4] может протекать лишь по реакции:



По величине энергии Гиббса определены константы равновесия конкурирующих реакций:



При $T = 1100 \text{ K}$: $\lg K_{p(2)} = 17,78$ и $\lg K_{p(3)} = 4,57$

Из чего следует, что реакция (3) при температуре 1100К (режим пламенного реактора [6]) практически не будет иметь значения, так как

$$K_{p(2)} \gg K_{p(3)}$$

и UF_6 будет в первую очередь вступать в реакцию с NH_3 , не дожидаясь его разложения по реакции (3). Таким образом, при температурах до 1100К фактическим восстановителем U(VI) до U(IV) является собственно NH_3 .

Показано также, что калориметрическая, теоретическая и действительная температуры реакции взаимодействия UF_6 и NH_3 численно равны $\sim 0 \text{ K}$, то есть UF_6 и NH_3 взаимодействуют при любой температуре.

Литература

1. Данилов С.В., Овчаров А.В. и Малов С.А. «Технико-экономический анализ технологических схем заводов компании COMURHEX». Отчёт ООО «IBR». - М.: Изд. IBR, 2011.
2. Данилов С.В., Овчаров А.В., Маширев В.П. и др. «Конверсионные технологии предприятий группы AREVA в Malvesi и Pierrelatte». Отчёт ООО «IBR». - М.: Изд. IBR, 2012.
3. Галкин Н.П., Судариков Б.Н., Зайцев В.А. Атомная энергия, т. 6, с. 530, 1960.
4. Косынкин В.Д. Кандидатская диссертация. Фонд ОАО «ВНИИХТ», г. Москва, 1964.
5. Карапетьянц М.Х. «Введение в теорию химических процессов». - М.: Высшая школа, 1975.
6. Грунский А.В. Кандидатская диссертация. Фонд РХТУ им. Д.И.Менделеева, г. Москва, 2002.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕСУБЛИМАЦИИ ФТОРИСТОГО ВОДОРОДА ИЗ ГАЗОВОЙ СМЕСИ НА СТЕНКИ ЕМКОСТИ-ОСАДИТЕЛЯ

М. И. Дурновцев, А. Ю. Крайнов, И. М. Васенин, С. М. Губанов, М. В. Чуканов

г. Томск, Томский государственный университет, ОАО «Сибирский химический комбинат»

e-mail: maxxd@inbox.ru

С целью сокращения издержек на получение холодного воздуха с температурой 193 К, используемого для охлаждения промежуточных емкостей, на Заводе разделения изотопов ОАО «СХК» совместно с ООО «Русьэнергомонтаж» и ОАО «НПО Гелиймаш» была спроектирована, изготовлена и успешно испытана воздушно-холодильная машина ВХМ-0,54/0,6. Воздушно-холодильная машина ВХМ-0,54/0,6 изготовлена на базе турбодетандерного агрегата с применением для осушки воздуха промышленной установки комплексной очистки на базе цеолитов.

При проведении испытаний ВХМ-0,54/0,6 была достигнута температура 113 К при стабильной работе турбодетандерного агрегата. В связи с чем, было предложено заменить охлаждение емкостей-осадителей, предназначенных для десублимации из потока смеси газов фтороводорода, с жидкого азота на холодный воздух, генерируемый ВХМ-0,54/0,6.

В данной работе представлена физико-математическая модель процесса десублимации фтороводорода из газовой смеси с воздухом в емкости-осадителе.

На основании данной модели проведено численное моделирование процесса десублимации фтороводорода из газовой смеси с воздухом в емкости-осадителе при охлаждении ее жидким азотом до температуры 77 К и холодным воздухом до температуры 113 К.

Результаты расчетов показывают, что температура фтороводорода в емкости-осадителе, как в случае охлаждения жидким азотом, так и в случае охлаждения холодным воздухом достигает температуры стенки емкости в первой трети емкости. При этом расчетная концентрация фтороводорода достигает значений соответствующих давлению насыщенных паров.

Согласно расчетам концентрация фтороводорода в случае охлаждения емкости-осадителя жидким азотом до температуры 77 К составит $1,5 \cdot 10^{-10}$ кмоль/м³, в случае охлаждения холодным воздухом до температуры 113 К $1,04 \cdot 10^{-6}$ кмоль/м³ [1].

Литература

1. Рысс И.Г. Химия фтора и его неорганических фторидов. – М.: Химия, 1956. – 719 с.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОХЛАЖДЕНИЯ ЕМКостей ДЛЯ ДЕСУБЛИМАЦИИ ПАРОВ ФТОРИСТОГО ВОДОРОДА

М. И. Дурновцев, А. Ю. Крайнов, С. М. Губанов

г. Томск, Томский государственный университет, ОАО «Сибирский химический комбинат»

e-mail: maxxd@inbox.ru

Для десублимации фтороводорода из газовой смеси с воздухом, в производстве используются две последовательно включенных по ходу газа специальные емкости-осадители, охлаждаемые жидким азотом до температуры 77 К.

Для проведения оценки возможности применения для охлаждения емкостей холодного воздуха с температурой 113 К, необходимо провести численное моделирование процессов теплообмена между потоками холодного воздуха, стенкой емкости и стенками трубопроводов коммуникаций подачи холодного воздуха к емкостям.

В данной работе представлена физико-математическая модель воздушного охлаждения емкостей-осадителей для десублимации фтористого водорода из смеси газов отборного потока очистительного каскада диффузионных машин. Модель основана на уравнениях газовой динамики для моделирования движения охлажденного воздуха в трубопроводе и уравнениях теплопроводности для моделирования переноса тепла в стенках трубопровода и стенках емкости-осадителя.

Проведено численное моделирование охлаждения двух последовательно установленных емкостей-осадителей потоком холодного воздуха от источника холодного воздуха с параметрами, соответствующими производительности воздушной холодильной машины ВХМ-0,54/0,6.

Определены параметры воздушного теплообменника обеспечивающие эффективное охлаждение емкости.

Результаты расчетов показали, что при использовании холодильной машины ВХМ-0,54/0,6 температура каждой емкости однородна, отличие температуры первой и второй емкости по ходу течения охлаждающего воздуха не превышает 1 градуса Цельсия.

РАЗВИТИЕ МЕТОДА ЭКСТРАКЦИОННО-ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОЯТ

А.С. Дьяченко, И.Г. Ефремов, С.И. Смирнов

г. Железногорск, ФГУП «Горно-химический комбинат»

e-mail: Sage2006@sibmail.com

Современное развитие радиохимической технологии переработки ОЯТ предусматривает внедрение инновационных процессов. Изучение в настоящее время возможности применения экстракционно-хроматографической схемы переработки ОЯТ является одним из инновационных направлений исследований. В данной экстракционной технологии предусматривается для очистки экстракта урана от ПД и ТПЭ использование метода жидкостной хроматографии. Ранее была показана высокая эффективность очистки экстракта реального ОЯТ от цезия, европия, нептуния и америция данным методом. В настоящее время проводятся исследования по очистке экстрактов ОЯТ от технеция и молибдена.

Предварительное опробование метода экстракционно-жидкостной хроматографии по очистке экстрактов ОЯТ от технеция и молибдена было проведено на модельных органических растворах, содержащих 250 мг/л молибдена и 20 мг/л технеция. В качестве наполнителя колонны использовали силикагель марки АСКГ, в качестве неподвижной жидкой фазы - растворы азотной кислоты в диапазоне концентраций 0,5÷10 моль/л. Скорость пропускания органического потока составляла 3 К.О./ч.

Эксперименты показали, что очистка модельных растворов от молибдена и технеция наблюдается во всем диапазоне концентрации азотной кислоты. Зависимости степени очистки экстракта от скорости пропускания в диапазоне 1-5 К.О./ч не выявлено. Установлена линейная зависимость изменения концентрации элементов в органической фазе от количества колонных объемов, пропущенных через слой сорбента, при этом коэффициент пропорциональности уменьшается при увеличении кислотности неподвижной водной фазы.

В результате проведенных работ показана принципиальная возможность использования данного подхода к очистке экстрактов регенерированного урана от технологически - «проблемных» элементов.

Дальнейшие работы направлены на поиск оптимального состава водной фазы с целью увеличения полноты выделения обозначенных элементов и минимизации отходной части.

Список литературы:

1. Конференции молодых атомщиков Сибири «Перспективные направления развития атомной отрасли», г.Томск 4-6.10.11 г., «Проверка способа экстракционной переработки ОЯТ ВВЭР-1000 с использованием метода сорбционно-сепарационной очистки экстрагента.»

ПРИМЕНЕНИЕ ЩЕЛОЧНОЙ ПЕРКОЛЯЦИИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ОЯТ ВВЭР-1000 К РАСТВОРЕНИЮ

А.С. Дьяченко, И.Г. Ефремов, С.И. Смирнов

г. Железногорск, ФГУП «Горно-химический комбинат»

e-mail: Sage2006@sibmail.com

Выщелачивание продуктов деления (ПД) и трансплутониевых элементов (ТПЭ) из облученного ядерного топлива (ОЯТ), без растворения макрокомпонентов (процесс перколяции) является одним из перспективных методов для внедрения в головные операции переработки ОЯТ.

Предыдущие¹ исследования показали принципиальную возможность использования данного процесса для очистки ОЯТ от молибдена и технеция, однако значения очистки исходного материала были низкими: в раствор удалось выделить около 30 % технеция и около 8% молибдена от исходного содержания.

Целью дальнейших исследований в данном направлении является оптимизация параметров процесса перколяции. В экспериментах использовали порошок ОЯТ ВВЭР-1000, полученный путем газотермического окисления UO_2 до U_3O_8 . Размер частиц ОЯТ составил менее 38 мкм при степени окисления 98 %. Процесс перколяции проводили в две последовательные стадии: перекисная обработка, затем щелочная. В ходе опытов апробировали различные методы перемешивания (вихревая мешалка, ультразвук, противоток в колонне), различные температурные режимы и различные соотношения Т:Ж.

В результате проведенных работ определено, что максимальный выход молибдена и технеция в раствор (до 25,5 % молибдена и до 91,5 % технеция от их содержания в исходном топливе) наблюдается при последовательной обработке волоксирированного топлива растворами пероксида водорода и гидроксида натрия. Отмечено, что изменение в широком диапазоне значений температуры при проведении процесса перколяции не влияет на выход ПД и ТПЭ в раствор. Проведение процесса перколяции в совместном пероксидно-щелочном растворе приводило к повышенному выходу в раствор рециклируемого урана. Перехода плутония в растворы не наблюдали.

Полученные результаты² подтвердили перспективность использования процесса при переработке ОЯТ и требуют дополнительных исследований как самого процесса перколяции, так и возможности его использования в планируемой инновационной схеме переработки.

Список литературы

1. Научно-практическая конференция «Молодежь ЯТЦ», г. Железногорск, 29 - 31.10.13г. «Перспектива внедрения процесса перколяции в технологии переработки ОЯТ»;
2. «Определение возможности щелочной перколяции волоксирированного ОЯТ», Смирнов С.И., Поляков И.Е., Дьяченко А.С. и др., отчет о НИОКР – 19с. - Инв. №24/1301 от 20.11.2013.

ФТОРОАММОНИЙНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КОНВЕРСИИ ОГФУ

А.Н. Дьяченко, Р.И. Крайденко

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: atom@tpu.ru

В ТПУ разработан и запатентован способ комплексной переработки обеднённого гексафторида урана (ОГФУ), который возможно внедрить в существующую систему сублиматных производств.

Фторид аммония предлагается получать в результате водноаммиачной конверсии отвального гексафторида урана.

Аммиачный гидролиз ОГФУ выглядит перспективным вследствие возможности использования полученного фторида аммония в качестве фторирующего агента при переработке партий свежей закиси-окиси урана. Возможно организовать производство тетрафторида урана методом фторирования закиси-окиси урана парами фторида аммония, с последующим дофторированием тетрафторида до гексафторида.

Рассматривается возможность получения гексафторида урана с минимизацией расхода элементного фтора. Технология не предполагает новых конструктивных аппаратурных решений и может быть реализована на существующих аппаратурно-технологических мощностях.

При восстановлении и фторировании парами фторида аммония уменьшается взрывоопасность производства.

Производство ГФУ с помощью фторида аммония позволяет вовлечь в передел ОГФУ, снизив тем самым потребности в БФВ и исходном плавиковом шпате на 66%.

1. Существующие объёмы производства HF и F₂ позволят утроить выпуск ГФУ.

2. Схема основана на стандартном аппаратурном оформлении.

3. Фторирование парами NH₃*HF более безопасно по экологии и взрывоопасности чем водородное восстановление и гидрофторирование БФВ.

4. Мокрая технология гидролиза ОГФУ может быть включена в систему газоочистки после Аппарата комбинированного типа для улавливания фторсодержащих газов.

Литература

Патент РФ №2456243 «Способ получения тетрафторида урана». Приоритет от 11.01.2011 г. Дьяченко А.Н., Крайденко Р.И.

МОДИФИЦИРОВАНИЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ НИОБИЯ ИТТРИЕМ

Д.В. Попов, Г.А. Гайнцев

г. Усть-Каменогорск, Казахстан, АО «Ульбинский металлургический завод»

e-mail: glebaldo@mail.ru

Одной из наиболее актуальных задач металлургии ниобия в настоящее время является создание материала, который мог бы длительное время эксплуатироваться в условиях больших тепловых нагрузок и обладал при этом всем набором физических химических и механических свойств, присущему чистому ниобию. Возможность замены тантала на ниобий в изделиях ядерной энергетики и радиоэлектронной промышленности также ограничена, во многих случаях, высокими температурами эксплуатации этих изделий. Решающим фактором разрушения изделий в этих случаях является температура начала собирательной рекристаллизации, которую можно отнести к одному из свойств металлов и сплавов. Температура, при которой начинается собирательная рекристаллизация, зависит от степени деформации и состава сплава или чистоты металла.

Повысить температуру начала собирательной рекристаллизации металла, не прибегая к созданию сплавов и сохранив чистоту металла, а, следовательно, сохранив необходимые свойства, возможно при помощи введения модификаторов.

Процесс модифицирования кристаллической структуры ниобия, которому посвящена статья, имеет несколько отличные от классической металлургии физические основы. В качестве металла-модификатора структуры ниобия был использован иттрий – металл из ряда редкоземельных элементов, которые, как известно, имеют малую растворимость в ниобии – десятые и сотые доли процента. В процессе кристаллизации иттрия, вследствие малой растворимости в ниобии, концентрируется по границам зерен. Применяя специальные циклы термомеханической обработки можно добиться равномерного перераспределения иттрия по границам образующихся зерен.

В результате проведенных исследований получены образцы ниобия с модифицированной кристаллической структурой. Проведены исследования физико-механических свойств и изучена микроструктура при разных температурах термообработки этих образцов. Установлена зависимость температуры начала собирательной рекристаллизации от содержания иттрия.

ГЛУБОКОЕ ОБЕЗЖИРИВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ ТОЧНОЙ МЕХАНИКИ ЖИДКИМ ДИОКСИДОМ УГЛЕРОДА

А.Ю. Рагулин, С.В.Подойницын

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: khv_ragulin@mail.ru

При давлении 74 атм и температуре 34°С диоксид углерода переходит в жидкое или сверхкритическое состояние и приобретает очень необычные свойства, а именно: высокая растворяющая способность множества органических веществ, высокая диффузионная способность и очень низкая вязкость. CO₂ не горюч, не токсичен, доступен, не загрязняет окружающую среду.

Проведены экспериментальные исследования по очистке деталей подшипников (обоймы, кольца, сепараторы). Детали помещаются в проток жидкого CO₂, выдерживаются определенное время и извлекаются из отмывочного реактора. Детали после отмывки соответствуют ТУ завода. Области применения СКФ чрезвычайно широки.

Перспективно применение СКФ для извлечение драгоценных металлов.

В реактор с рудой, подают сверхкритический CO₂ с органическим экстрагентом. Флюид без труда проходит через размолотую руду, ион металла соединяется с лигандом (экстрагентом), образуя комплекс и комплекс переходит в CO₂. При уменьшение давления CO₂ отлетает и в приемной емкости получаем металлорганический комплекс, с которым можно работать дальше.

Прессование топлива. Можно предположить более плотную упаковку на единицу объема. Экспериментальных исследований не проводилось.

Литература

1. Д.А. Леменновский, В.Н. Баграташвили. Сверхкритические среды. Новые химические реакции и технологии. «Химия», №10,1999.

БИОИНДИКАЦИЯ ОБЛАСТИ ВЫПАДЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ ТОЧЕЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Н.К. Рыжакова¹, А.Л. Борисенко², Е.А. Покровская¹, Д.В. Кабанов¹, В.О. Бабичева¹

¹ г. Томск, Томский политехнический университет

² г. Томск, Томский государственный университет

e-mail: nkryzh@tpu.ru

При оценке экологической обстановки местности, где расположены промышленные предприятия или ТЭЦ, особый интерес представляет определение размеров области выпадения тяжелых металлов (ТМ) вследствие их высокой токсичности и способности накапливаться в организме человека. Используемая в настоящее время методика определения зоны влияния предприятий ОНД-86[1] для решения данной задачи непригодна из-за низкой концентрации ТМ в атмосферном воздухе и отсутствия ПДК по некоторым металлам.

В последние десятилетия для оценок содержания ТМ в атмосферном воздухе широко используют метод мхов-биоиндикаторов [2,3]. Уровень загрязнения оценивают путем сравнения концентраций ТМ, накопленных во мхах за время экспозиции, с их природным содержанием, которое измеряется в фоновых образцах. В этом случае время экспозиции составляет от одного года до нескольких лет, а область выпадения ТМ объективно определяется расстояниями, на которых концентрации химических элементов в образцах мха убывают до фоновых значений.

В исследованиях использован трехлетний прирост мха, который отбирали в зоне влияния ТЭЦ-5 г. Новосибирска. Пробоотбор проводили в соответствии с розой ветров в северо-восточном направлении от ТЭЦ-5 на расстояниях 1...5 км. В ходе исследования подготовлено и измерено нейтронно-активационным методом 38 проб мха, в которых определено содержание следующих элементов: Ва, Hf, Eu, Fe, Yb, Co, La, Lu, As, Nd, Rb, Sm, Sc, Sr, Sb, Cr, Cs, Ce, Zn. На основе полученных результатов измерений для разных тяжелых металлов и данных о повторяемости ветра в семи основных направлениях определены размеры области выпадения ТМ, которые в северо-восточном направлении составляют 8...20 км, в противоположном направлении - 3...10 км, в юго-восточном - 1...2 км.

Список литературы

1. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. - Л.: Гидрометеиздат, 1997.

2. Рыжакова Н.К., Борисенко А.Л., Меркулов В.Г., Рогова Н.С. Контроль состояния атмосферы с помощью мхов-биоиндикаторов // Оптика атмосферы и океана, 2009 – т. 22, – №1. с. 101 – 104.

3. Coskun M., Cayir A., Coskun M., Kilic O. (2011): Heavy metal deposition in moss samples from east and south Marmara region, Turkey. Environmental Monitoring and Assessment, 174 (1-4): 219-227.

ФТОРИДНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОКСИДОВ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

А.И. Соловьёв, А.Я. Сваровский, А.Л. Калашников, В.М. Малютина,
А.С. Ситников, О.Л. Васильева

г. Томск, Томский Атомный Центр
e-mail: tomskatom@mail.ru

Для нужд российской промышленности редкоземельные элементы требуются не только в виде оксидов, но в виде металлов и их сплавов, а также, фторидов, как полупродуктов для их производства. Данная работа посвящена исследованию процессов фторирования смеси оксидов редкоземельных элементов (РЗЭ) цериевой подгруппы элементарным фтором.

Термодинамические исследования показали, что все без исключения оксиды РЗЭ должны полностью фторироваться элементарным фтором при любых температурах выше комнатной, о чем свидетельствуют высокие отрицательные величины энергии Гиббса (от -2073 до -758 кДж / моль).

Кинетические исследования проводились в условиях исключаяющих внешнее диффузионное торможение и локальные перегревы. В качестве фторирующего реагента использовали фтор, полученный в среднетемпературном электролизёре СТЭ-10.

Установлено, что фторирование начинается при 160°C . При температурах выше 240°C процесс переходит в область горения, т.е. в диффузионную область. Получено семейство кинетических кривых, которые удовлетворительно описываются уравнением сжимающейся сферы.

Вычисленная кажущаяся энергия активации процесса составляет $64,0$ кДж / моль.

В неподвижном слое при загрузках $15 - 20$ кг исходной смеси РЗЭ было наработано до 50 кг смеси безводных фторидов РЗЭ. Этот продукт по содержанию кислорода и других примесей превосходил аналогичный серийный продукт, выпускавшийся промышленностью и соответствовавший ТУ-95-290-74.

Из этого продукта методом кальциетермического восстановления в “холодном” тигле был получен монолитный слиток мишметалла массой $9,5$ кг, с содержанием кислорода и других примесей не более $0,01\%$ масс. каждой. Получены, также, с применением смеси фторидов РЗЭ, в качестве ингредиента, образцы легкоплавкого фторидного стекла для фиксации радиоактивных отходов.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ В ОРГАНИЗАЦИЯХ

Н.А. Чулков

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: Chulkov45@mail.ru

Различные организации проявляют все большую озабоченность достижением и демонстрацией приверженности принципам улучшения профессионального здоровья и безопасности путем управления соответствующими рисками, которые согласуются с Политикой организаций в области здоровья и безопасности. Они так поступают в контексте ужесточающихся требований национальных законодательств, которые способствуют улучшению методов здоровья и безопасности.

Многие организации проводят "проверки" или "аудиты" для оценки их деятельности в области здоровья и безопасности самостоятельно, однако, гарантии, что ее деятельность не только соответствует, но и будет продолжать соответствовать законодательным требованиям и требованиям государственной политики. Чтобы быть эффективными, они (меры) должны проводиться в пределах структурированной системы управления, которая интегрирована с системой управления организацией.

Стандарты системы оценки менеджмента здоровья и безопасности OHSAS обеспечивают управление охраной здоровья и безопасностью и предоставляют организациям элементы эффективного управления, которые могут быть объединены с другими требованиями систем управления, и помочь организациям достигать поставленных целей как в области здоровья и безопасности, так и поставленных экономических целей.

В настоящее время в России реорганизуется государственный подход к оценке условий труда, при этом затрагиваются интересы, как работодателей, так и работников. Для предприятий атомной отрасли России внедрение этих механизмов может привести к экономическим рискам эффективности деятельности.

Система управления позволит организации развиваться в рамках политики охраны здоровья и безопасности, устанавливать цели и процессы, чтобы достигнуть взятых обязательств, нашедших отражение в политике государства, принять необходимые меры для улучшения работы системы и демонстрировать соответствие системы требованиям стандарта системы оценки менеджмента здоровья и безопасности (OHSAS).

ПЛОТНОСТЬ ИСХОДНОЙ ШИХТЫ ПРИ ИММОБИЛИЗАЦИИ РАО

С.С. Чурсин, Д.С. Исаченко, М.С. Кузнецов, А.О. Семенов

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: chursinss@tpu.ru

В ближайшем будущем очень остро встанет вопрос о эффективной утилизации радиоактивных отходов и веществ. Связано это с быстрыми темпами роста использования ядерной энергетики, как основного источника энергии, побочным продуктом которой являются радиоактивные отходы. В свете выше сказанного необходима разработка новой эффективной методики утилизации радиоактивных отходов.

Одним из альтернативных методов порошковой металлургии является самораспространяющийся высокотемпературный синтез, который обладает рядом преимуществ перед традиционными методами переработки радиоактивных отходов таких как остекловывание и цементирование. Этот метод позволяет повысить экономичность переработки РАО с повышением надежности захоронения и уменьшения объемов захоронения.

Разработка полного цикла иммобилизации радиоактивных отходов в минералоподобные и керамические матрицы весьма наукоемкий процесс, который требует большой экспериментальной и расчетно-теоретической базы.

Одним из преимуществ, как упоминалось ранее, является уменьшение объемов захоронения радиоактивных отходов, в связи с этим необходимо увеличивать плотность исходной шихты при осуществлении самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Однако данный метод имеет ряд ограничений по плотности исходной шихты в связи с возможным термомеханическим разрушением во время синтеза из-за значительного удельного энерговыхода реакции, протекающей в волне синтеза. Получается с одной стороны необходимо получить максимально плотный образец, с другой стороны есть ограничивающий фактор. Поэтому необходимо удовлетворить обоим этим условиям и найти оптимальный параметр плотности исходной шихты.

В ходе проведенных экспериментов получены зависимости плотностей исходной шихты от прикладываемого давления прессования шихты. А так же получены экспериментальные данные о допустимых пределах плотностей исходной шихты при получении керамических иммобилизационных матриц.

Список литературы

1. А.С. Рогачев. Горение для синтеза материалов: введение в структурную макрокинетику. – Москва: Физматлит, 2013. – 399 с.
2. Г. А. Петров и др. Инновационные энергосберегающие технологии переработки радиоактивных отходов / под ред. А. Г. Мержанова. – М.: Книжный мир, 2012. – 304 с.

Секция 6

Ядерная медицина

Секция 6 Ядерная медицина

УСТРОЙСТВА ДЛЯ НЕЙТРОН-ЗАХВАТНОЙ ТЕРАПИИ ОПУХОЛЕЙ НА ЯДЕРНОМ РЕАКТОРЕ ИРТ МИФИ

П.В. Ижевский¹, И.Н.Шейно¹, В.Ф.Хохлов¹, В.К.Сахаров², А.А.Портнов²

¹ г. Москва, ГНЦ Федеральный Медицинский Биофизический Центр имени А.И.Бурназяна ФМБА России

² г. Москва, Национальный Исследовательский Ядерный Университет - МИФИ
e-mail: izhevski@rambler.ru

Технология лучевой терапии рака – нейтрон-захватная терапия (НЗТ) позволяет избирательно воздействовать излучением на опухоль. НЗТ - бинарная технология, использующая туморотропные препараты, содержащие нуклиды ^{10}B или ^{157}Gd . При облучении их тепловыми нейтронами возникает короткопробежное вторичное излучение, губительное для опухолевых тканей.

Создание в России базы для предклинических и клинических исследований в области НЗТ является актуальной задачей, имеющей огромное медико-социальное значение. Первая в России экспериментальная установка для НЗТ создана на касательном канале ГЭК-4 реактора ИРТ МИФИ. На выходе канала достигнута плотность потока тепловых нейтронов в пучке ($\varphi_{\text{тепл.}} \approx 0.7 \times 10^9 \text{ н/см}^2 \text{ с}$), достаточная для лечения опухолей, расположенных на глубине до ~ 3 см, а также для экстракорпорального облучения пораженных опухолью органов. На выходе пучка создан облучательный бокс с необходимым оборудованием для работы с животными.

Предклинические испытания технологии НЗТ, проведенные на собаках со спонтанными злокачественными новообразованиями с использованием ^{10}B содержащего препарата – борфенилаланин и Gd содержащего препарата «Дипентаст», показали высокую эффективность этого метода лечения. Первичный очаг после процедуры НЗТ, как правило, подвергается полной регрессии. При первых стадиях заболевания удалось достичь полного излечения. Общее состояние животных после облучения потоком нейтронов, включая побочные эффекты, были удовлетворительным в течение всего срока наблюдений за животными.

Первые успешные результаты лечения методом НЗТ вызвали значительный энтузиазм врачей-онкологов. Поэтому для внедрения технологии НЗТ злокачественных опухолей в клиническую практику разработан проект специализированной облучательной базы НЗТ на базе тепловой колонны ядерного реактора ИРТ МИФИ (канал ГЭК-1). Проведена реконструкция канала ГЭК-1, которая позволила достичь плотности потока эпитепловых ($0,5 \text{ эВ} < E < 10 \text{ кэВ}$) нейтронов до величины $\varphi_{\text{эпи.}} \approx 1.0 \times 10^9 \text{ н/см}^2 \text{ с}$, что позволяет обрабатывать опухоли, расположенные на глубине до 7-8 см.

Создаваемую медицинскую облучательную базу планируется использовать для лечения больных со злокачественными опухолями практически недоступных для традиционных методов лечения.

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВОГО АУСКУЛЬТОМЕТРА В ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

Р.К. Кусаинов, Н.Д. Тургунова, А.Н. Алейник

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: rinat.k.kus@mail.ru

Во всем мире онкологическая заболеваемость растет, рак назывался "болезнью XX века", он стал и "болезнью XXI века". Одним из распространённых заболеваний является лимфогранулематоз Ходжкена. Она часто поражает легочную ткань и лимфатические узлы средостения. При проведении сеанса лучевой терапии в этом случае, излучение может захватить область сердца, что может привести к осложнениям. Поэтому существует необходимость в контроле состояния пациента во время лучевой терапии. Наиболее часто применяемым прибором для выявления патологий сердца является акустический стетоскоп. Однако ему присущи определенные недостатки. Интерпретация результатов зависит от опыта и умения врача. В связи с этим, в последнее время является актуальным вопрос о внедрении в медицину электронных (цифровых) стетоскопов.

На кафедре ПФ ФТИ ТПУ разработан макет цифрового аускультметра.

Устройство работает следующим образом. Звук с тела захватывается акустической головкой и передается электретному микрофону. Микрофон преобразует звук в электрический сигнал и дальше в блоке усиления и фильтрации нужный диапазон частот отрезается и усиливается. Дальше сигнал оцифровывается и передается на компьютер. Для обработки сигнала используется быстрое преобразование Фурье. Программа для компьютера разработана в среде C++Builder

С помощью макета прибора была получена фонокардиограмма. Полученная фонокардиограмма весьма точно передает жизнедеятельность здорового сердца: на ней ясно представлены основные тоны. Воспроизводимый звук отличается усилением нижних частот. Эксперимент по проверке работоспособности прибора показал, что разработанный макет электронного аускультметра надежно различает и воспроизводит физиологические звуки сердца. Данный прибор облегчит работу врача при проведении диагностики и лечения.

ПРИМЕНЕНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ОКСИМЕТРА В ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

Н.И. Мартемянова, Н.Д. Тургунова, А.Н. Алейник

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: raindrops-on-the-river@yandex.ru

При лечении раковых опухолей с помощью радиотерапии и химиотерапии возникает резистентность тканей опухоли к этим видам лечения вследствие недостаточного снабжения их кислородом. Чтобы не проводить лишние, малоэффективные сеансы терапии необходимо отслеживать степень насыщения кислородом опухоли в ходе лечения.

Применение неинвазивной техники, такой как импульсная оксиметрия, дает возможность проведения постоянных измерений в большинстве клинических случаев [1-3].

На кафедре ПФ ФТИ ТПУ разработан макет импульсного оксиметра на отражение в диагностических целях.

Прибор состоит из оптического преобразователя, приемной части и системы сбора и обработки данных. Основным управляющим элементом является микроконтроллер Atmega16. Сигнал обрабатывается 10-разрядным АЦП. Каждый светодиод управляется через мультиплексор.

Для улучшения отношения сигнал/шум необходима фильтрация. В качестве фильтра использовано сглаживание с движущимся окном. Такой фильтр легко осуществляется с помощью макросов.

Проверка прибора производилась с помощью добровольца. Измерения с задержкой дыхания показали уменьшение насыщения кислорода в крови.

Из показаний прибора видно, что он в явном виде может выделять пульс. Предварительные результаты показывают, что прибор обладает хорошей разрешающей способностью и высокой надежностью.

Список литературы

1. K.Miyasaka, T. Aoyagi. Pulse oximetry: Its invention, contribution to medicine, and future tasks //Anesthesia and Analgesia. 2002. V.94. P.1-3.
2. Naoto Kakuta Yukio Yamada Keisuke Matsushita, Kazuo Aoki. Fundamental Study of Reflectance Pulse Oximetry // Optical Review . 2003. V.10(5) . P.482-487.
3. J.G.Webster. Design of Pulse Oximeters. //Institute of Physics Publishing 1997. P.124-143.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОПОРАЦИИ КАК АЛЬТЕРНАТИВА ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

Н.Д. Тургунова¹, М.Р. Мухамедов², А.Н. Алейник¹, Бабаев Р.Г¹, Н.И. Карпович¹

¹г. Томск, Томский политехнический университет

²г. Томск, НИИ Онкологии СО РАМН

e-mail: ousa@rambler.ru

Лучевая терапия – один из стандартных методов лечения рака – является местным лечением, которое позволяет не удалять пораженный участок и сохранить орган. Прежние способы лечения в зависимости от формы пораженного участка подвергали сильному лучевому воздействию не только раковое образование, но и окружающие здоровые ткани, повреждая их и порождая побочные эффекты. Помимо этого, в связи с особой чувствительностью к облучению, печени, почек и других органов, лучевая терапия опухоли вблизи этих органов не всегда возможна. Вследствие этого идет постоянный поиск новых методов лечения, которые могли бы значительно улучшить существующие. Наиболее перспективным из них является электропорация.

Электропорация - это процесс, заключающийся в приложении к тканям электрического поля, в результате чего в клетках ткани возникают поры, через которые легко поступают химические реагенты, применяемые в химиотерапии

Для исследования механизмов электропорации и проведения клинических испытаний в НИИ онкологии СО РАМН (г.Томск), на кафедре Прикладной физики, Физико-технического института, Томского политехнического университета разработан макет электропоратора.

Аппробация прибора была проведена в ветеринарной клинике Томского сельскохозяйственного техникума. У собаки была опухоль на стенке влагалища. После первого удаления с помощью хирургического вмешательства, опухоль через два месяца выросла заново в большем размере. Затем опухоль была удалена хирургическим путем, а ее основание обработано с запасом с помощью электрохимиотерапии. Спустя 4 месяца на месте опухоли остался едва заметный шрам.

Секция 7

Производство и
разделение изотопов,
плазменные и
ионообменные
технологии

**Секция 7 Производство и разделение изотопов, плазменные и
ионообменные технологии**

APPLIANCE OF REVERSE OSMOSIS FOR PHARMACOLOGY WATER TREATMENT

A.S. Drogalev, A.P. Vergun, V.S. Balashkov

Tomsk, Tomsk Polytechnic University

e-mail: drogalev@tpu.ru

Reverse osmosis (RO) is an effective method for the municipal wastewater reclamation since it helps to remove a wide range of organic pollutants, bacteria and viruses, dissolved organic matter, and inorganic salts.

Reverse osmosis membranes restrain majority of dissolved salts, organic materials, viruses and bacteria and admit water.

There are number of theories on membrane transporting processes.

Diffusion theory: In theory, water molecules and salt ions spread through membrane but ions have significantly lower diffusion coefficient.

Capillary theory: water passes through a membrane as a capillary system. In addition, there is water inside the capillary in bound state. This state creates hydrogen bonds with atoms on surface. Movement connected with old bonds destruction and creation of new once. Since ions cannot create hydrogen bonds, they can't move through capillary that way.

There are water lay on surface of hydrophilic membranes (the surface of membrane becomes easy wet) due to adsorption. If the pore diameter is not more than double thickness of such a layer, ions of dissolved materials cannot pass through it.

On the whole, all these ideas are true and help to understand deeper observing mechanisms.

Usually, ultraviolet light (UV) uses as a bactericide. The UV sources in pharmaceutical water purification systems are low or medium pressure mercury vapour lamps.

Radiation with a wavelength of 240-260 nm has the greatest bactericidal action with a peak at 265nm. It damages DNA and RNA polymerase at low doses preventing replication. For most Pharmacological applications, UV chambers and lamps need to be designed to provide a sufficient dosage of UV to achieve a 6log10 reduction of typical pathogenic contaminants.

Radiation at shorter wavelengths (185 nm) is effective for the oxidation of organics. The UV breaks large organic molecules into smaller ionised components, which can then be removed by a downstream continuous electrodeionisation. 185 nm UV is also used to destroy excess chlorine or ozone.

REFERENCES

Wintgens, T.; Melin, T.; Schafer, A.; Khan, S.; Muston, M.; Bixio, D.; Thoeye, C. The role of membrane processes in municipal wastewater reclamation and reuse. *Desalination*, №187, pp.71–282, 2006.

Wert, E. C.; Rosario-Ortiz, F. L.; Snyder, S. A. Using ultraviolet absorbance and color to assess pharmaceutical oxidation during ozonation of wastewater. *Environ. Sci. Technol.* №43 (16), pp.4858–4863, 2009.

Sanchez-Polo, M.; Lopez-Penalver, J.; Prados-Joya, G.; Ferro-García, M. A.; Rivera-Utrilla, J. Gamma irradiation of pharmaceutical compounds, nitroimidazoles, as a new alternative for water treatment. *Water Res.*, №43, pp.4028–4036, 2009.

IONS SEPARATION UNDER EXTERNAL PERIODIC ELECTRIC FIELD ACTION ON SALTS SOLUTIONS IN POLAR DIELECTRIC LIQUIDS

Igor V. Shamanin^{a,1*}, Mishik A. Kazaryan^{b,2}, Ivan V. Lomov^{a,3}, Dmitry F. Sid'ko^{a,4}

^a. Tomsk, National Research Tomsk Polytechnic University

^b. Moscow, P.N. Lebedev Physical Institute of the Russian Academy of Sciences
e-mail: ¹shiva@tpu.ru, ²kazar@sci.lebedev.ru, ³lomov@tpu.ru, ⁴1991Sidko@mail.ru

The aim of study is to demonstrate that separation of solvated ions in solution of mix of salts under the action of external periodic electric field happens because of around ions there are formed clusters consisting of molecules of solvent and the sizes of such clusters have dimensions $\sim 0.1 \mu\text{m}$. In investigations the sizes of clusters theoretically were defined and experimentally value of frequency of external electric field which action excites the effect of separation of the solvated ions was defined. Experiments were done in the Technical Physics chair of the National Research Tomsk Polytechnic University.

At theoretical determination of the dimensions of clusters Poisson's equation was solved and was considered that polar molecules of solvent are oriented under the action of electric field of an ion. The chemical composition of samples of solutions was determined by means of the X-ray excited fluorescent radiation analysis method. Theoretical estimates and results of experiments confirmed the assumption that clusters which are formed around ions in solutions have the dimensions $\sim 0.1 \mu\text{m}$.

Results of investigation testify that placing of volume distributed electric charge of ion in dielectric liquid is accompanied by formation of the supramolecular particles, which we called "clusters", linear sizes of which is significantly more than first and second radiuses of solvation (~ 1 Angstrom) and reach size $\sim 0.1 \mu\text{m}$. At such sizes inertial properties of clusters and their natural frequencies give the chance to operate their movement by means of action of external electric field on solution.

References

- 1 Kazaryan MA, Lomov IV, Shamanin IV. Electro-physics of structured solutions of salts in liquid polar dielectrics. Moscow: Fizmatlit, 2011. (in Russian)
- 2 Ebert G. Short handbook on physics. Moscow: Fizmatgiz, 1963. (in Russian)
- 3 Nevolin VK. Physical principles of scanning-tunnelling nanotechnology. Electronic industry. 1993; 10:8-15. (in Russian)
- 4 Shamanin IV, Kazaryan MA. The use of electrical induced selective drift of solvated ions in solutions phenomena in technologies. International Journal of Research in Physical Chemistry. 2012; 2(4):40-44.

НЕСТАЦИОНАРНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ГИБКИХ СИСТЕМАХ ИЗОТОПНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ

В.С. Балашков, А.П. Вергун, А.С. Дрогалев

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: balashkov@tpu.ru

Значительно меньше изучены условия работы каскадов при газофазных процессах и каскадов включающих обменные колонны при возникновении флуктуаций параметров. Между тем они имеют место и оказывают существенное влияние на отбор обогащенного продукта. Кроме того вопросы, связанные с управлением каскада, с разработкой автоматических систем управления, также требуют изучения параметры поведения каскада в условиях изменения его параметров.

Рассмотрен вопрос о влиянии колебаний потока фаз на обогащение и производительность при двухфазном разделении. Колебания потоков приводят к снижению степени разделения q , а если последняя фиксирована, то к снижению производительности. Исследование влияний колебаний связано с определенными математическими трудностями и значительным объемом вычислений, поэтому ограничиваются лишь анализом основных уравнений.

Составив математическую модель описывающую процесс изотопного разделения и отвечающую требованиям адекватности. Возможно ее использование для организации работы гибкой производственной системы (ГПС) и оптимизации работы каскада. ГПС — это система, допускающая иерархическую организацию с комплексно-автоматизированным производственным процессом, работа всех компонентов которой (технологического оборудования, транспортных и складских средств, погрузочно-разгрузочных устройств, мест комплектации, средств измерения и контроля и т. п.) координируется как единое целое системой управления, обеспечивающей быстрое изменение программ функционирования элементов при смене объектов производства.

ГПС кардинально повышают производительность труда и объемы производства, расширяют номенклатуру и сокращают сроки обновления продукции. Высокая степень автоматизации в ГПС сокращает количество рабочих, занятых в производстве, и улучшает условия труда. ГПС включает основное и вспомогательное технологическое оборудование, автоматизированные транспортно-накопительные системы, робототехнологические комплексы (РТК), средства вычислительной техники.

Результаты исследований в рассматриваемом направлении являются научной базой для решения задач повышения эффективности разделительных процессов, определения оптимальных условий их проведения с учетом требований экологии и безопасности.

Литература

1. Баранов В.Ю. «Изотопы, свойства, получение, применение» - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005
2. Власов В.А., Вергун А.П., Орлов А.А. «Разделительные процессы с применением ионообменных материалов» - Томск: ТПУ, 2002
3. Так же при написании работы использовался ресурс интернета

ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ ИЗОТОПОВ ТИТАНА В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Е.В. Беспала¹, М. Тихий², П. Кудрна², Р. Перекрёстов²

^a. г. Томск, Томский политехнический университет

^b. Prague, Czech Republic, Charles University in Prague
e-mail: bespala_evgeny@mail.ru

Область применения стабильных изотопов постоянно расширяется. Однако масштабное использование изотопно-обогащенных материалов затруднено в силу высокой себестоимости таких смесей. Поэтому исследования, направленные на поиск и разработку инновационных методов сепарации изотопов, являются актуальными.

Одним из перспективных способов получения стабильных изотопов является плазмохимическое разделение. В работе [1] показано, что плазмохимические процессы в смеси изотопов углерода и кислорода во внешнем магнитном поле селективны по изотопам. При величине магнитного поля 0.2 Тл наблюдалось увеличение концентрации ^{13}C в монооксиде углерода с 1.1% до 1.4%.

Нами исследуется процесс селективного по изотопам плазменного окисления титана во внешнем магнитном поле. Из пяти стабильных изотопов титана два имеют парамагнитные ядра (^{47}Ti , ^{49}Ti). Во внешнем магнитном поле спины валентных электронов атомов и неспаренных электронов свободных радикалов прецессируют с частотами, характерными для каждого изотопа. При образовании химической связи выполняется закона сохранения спина. Поэтому при неполном окислении титана в магнитном поле в условиях низкотемпературной плазмы TiO_2 будет иметь изотопный состав, отличный от природного.

Для исследования процесса использовалась экспериментальная установка, в которой создавался тлеющий разряд. Источником паров титана служил полый катод, через который в камеру подавались плазмообразующий газ и кислород. Изменение концентрации паров титана в вакуумной камере осуществлялось путем изменения постоянного тока, протекающего через катод. Магнитное поле 0,2 Тл создавали тремя магнитами, помещенными в плазменный реактор.

Плазмохимический реактор снабжен патрубком для отбора пробы, соединенный непосредственно с масс-спектрометром HIDED EQP 500 непрерывного изотопного анализа. Исследования проводили при различных значениях силы тока, величины магнитного поля, температуры атомарных частиц. Экспериментально определен режим, обеспечивающий максимальное отклонение изотопного состава TiO_2 от природного.

Литература

1. Myshkin V.F., Khan V.A., Izhoikin D.A., Ushakov I.A. Isotope effects of plasma chemical carbon oxidation in a magnetic field // Natural Science Vol.5, №.1, P.57-61 (2013) doi:10.4236/ns.2013.51010

ОСНОВЫ СПИНОВОЙ СЕПАРАЦИИ ИЗОТОПОВ УГЛЕРОДА В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Д.А. Ижойкин, В.Ф. Мышкин, И.А. Ушаков

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: izhoykinda@tpu.ru

Установлено, что при плазменном окислении углерода в магнитном поле 1,2 Тл содержание изотопа ^{13}C в угарном газе возрастает с 1,1% до 1,8% [1, 2]. Проводилось моделирование плазменного окисления изотопов углерода в магнитном поле с учетом Больцмановского распределения реагентов.

В кинетике плазмохимических реакций учитывают дискретную структуру уровней энергий молекул и атомов и их функцию распределения, а также переходы между энергетическими состояниями, каналы химических реакций. При этом система уравнений химической кинетики заменяется на систему уравнений Паули. Каждое уравнение этой системы связывает скорость изменения концентрации реагентов в i -м уровне энергии с концентрациями этих молекул во всех возможных энергетических состояниях, с вероятностями перехода между состояниями, с частотой столкновения частиц и со скоростью возбуждения этих уровней [3].

Перераспределение изотопов углерода в плазменных процессах окисления обусловлено сочетанием для одного изотопа углерода совокупности частот: столкновений С и О при тепловом движении; прецессии спина валентных электронов О и С; столкновений радикалов с парамагнитными частицами без образования молекулы; столкновений атомов С между собой и с частицами сажи; столкновений радикалов С и О с химически не активными частицами с диамагнитным или парамагнитным ядром, а также скорости поперечной релаксации спинов радикалов.

При температурах менее 3600К диссоциация O_2 незначительна. Энергия активации окисления С молекулярным O_2 составляет 16,71 кДж/моль. Окисление С атомарным О не требует активации. Химически не активные частицы в низкотемпературной плазме формируют распределение спинов по их фазам прецессии. Окисление паров С в магнитном поле селективно по изотопам, а СО – нет. Моделирование показало, что теоретический коэффициент разделения превышает экспериментальный на порядок.

Литература

1. Мышкин В.Ф., Ижойкин Д.А., Ушаков И.А. Оценка изотопных эффектов при плазмохимическом окислении углерода в магнитном поле // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2013. – Т. 56, № 4/2. – С. 205–207.
2. Myshkin V.F., Izhoikin D.A., Ushakov I.A., Shvetsov V.F. Physical and Chemical Processes Research of Isotope Separation in Plasma under Magnetic Field // Advanced Materials Research. – 2014. – Vol. 880. – P. 128–133.
3. Словецкий Д.И. Механизм химических реакций в неравновесной плазме, М.: «Наука», 1980. - 313 с.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РЕАКТОРА ДЛЯ ПЛАЗМЕННОЙ УТИЛИЗАЦИИ ГОРЮЧИХ ВОДНО-ОРГАНИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ОЯТ¹

А.А. Каренгин, А.Г. Каренгин

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: Karengin@tpu.ru

Переработка ОЯТ с целью извлечения из него урана и плутония с последующим превращением в МОКС-топливо для изготовления ТВЭЛов - важное звено создаваемого российского замкнутого ЯТЦ [1].

В последние годы экстракцию плутония и урана из растворов ОЯТ осуществляют трибутилфосфатом с использованием разбавителя гексахлорбутадиена, которые с течением времени теряют свою эффективность и превращаются в горючие отходы (ГОП ОЯТ).

Оставшиеся после первого экстракционного цикла без урана и плутония отходы переработки ОЯТ (ОП ОЯТ) представляют собой слабоконцентрированные растворы металлов, имеющие следующий модельный состав [2]: HNO_3 – 18,0%, H_2O – 81,43%, Fe – 0,07%, Mo – 0,1%, Nd – 0,11%, Y – 0,06%, Zr – 0,058%, Na – 0,04%, Ce – 0,039%, Cs – 0,036%, Co – 0,031%, Sr – 0,026%.

По действующей технологии ОП ОЯТ выпариваются и после добавления химических реагентов (силикатов, фосфатов и др.) направляются на операцию остекловывания с последующим захоронением [3]. Эта технология многостадийна, требует значительных энерго- и трудозатрат, химических реагентов и времени.

В связи с этим представляет интерес процесс утилизации таких отходов в условиях воздушной плазмы в виде диспергированных горючих водно-органических композиций, имеющих адиабатическую температуру горения не менее 1200°C и обеспечивающих его эффективную и экологически безопасную утилизацию.

В результате проведенных расчётов определены и рекомендованы для практической реализации оптимальные по составу водно-органические композиции на основе ОП ОЯТ и ГОП ОЯТ, а также режимы их плазменной утилизации в воздушной плазме.

Список литературы

1. Скачек М.А. Обращение с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами АЭС.-М.: Издательский дом МЭИ, 2007.- 448 с.

2. Пантелеев Ю.А., Александрук А.М., Никитина С.А., Макарова Т.П., Петров Е.Р., Богородицкий А.Б., Григорьева М.Г. Аналитические методы определения компонентов жидких радиоактивных отходов. – Л.: Труды Радиевого института им. В. Г. Хлопина, 2007. – Т. XII. – С. 124-147.

¹Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках реализации государственного задания Минобрнауки России на 2014-2016 годы по теме «Исследование и оптимизация процессов плазменной переработки отходов замкнутого ядерного топливного цикла» (Код темы № 2031)

ПЛАЗМЕННАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ НА ОСНОВЕ СОВОЛОВ

А.С. Касейнова, А.Г. Каренгин

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: kerim_ai_90@mail.ru

В последние 30 лет уделяется повышенное внимание группе стойких органических загрязнителей (СОЗ), которые воздействуют на среду обитания на чрезвычайно низком уровне. Среди СОЗов полихлорированные бифенилы (ПХБ), входящие в состав трансформаторных масел на основе соволов, являются одними из самых распространенных [1]. Опасность ПХБ долгое время недооценивалась. Действительно, по своему острому токсикологическому воздействию, ПХБ идентичны другим веществам, относимым к четвертому классу опасности. О том, насколько опасны эти вещества, стало понятно после того, как их производство было запрещено во многих странах. Синтез ПХБ, как и других ароматических полихлорированных соединений приводит к образованию самых опасных из известных человечеству химических веществ. Но и на этом не ограничивается опасность ПХБ, среди них имеются 12 конгенов, воздействие которых на организм в 1997 году Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) было признано аналогичным воздействию диоксинов [2].

Традиционные методы утилизации и обезвреживания таких отходов (в основном, термические) приводят к образованию различных токсичных органических соединений (диоксины и др.).

Цель работы – расчет и оптимизация процесса плазменной утилизации отработанных масел на основе ПХБ.

Эффективная и экологически безопасная утилизация ПХБ может быть достигнута в условиях низкотемпературной плазмы в виде оптимальных по составу горючих водно-органических композиций, имеющих адиабатическую температуру горения $T_{ад} \geq 1200^\circ\text{C}$.

Сравнительный анализ полученных графических зависимостей показывает, что наиболее эффективно в воздушной плазме осуществляется процесс плазменной утилизации отработанных масел в виде рекомендованных расчетных оптимальных по составу водно-органических композиций:

- состав ВОК: (50% Вода : 50% ПХБ);
- массовое отношение фаз: (50% Воздух : 50% ВОК);
- интервал рабочих температур 1500 ± 100 К.

Литература

- 1.Юфит С.С. Яды вокруг нас. Цикл лекций. Москва: Джеймс, 2001.
- 2.Polychlorinated biphenyls. Mammalian and Environmental Toxicology. (Ed. S.Safe). Springer-Verlag, Berlin, 2008.

НЕЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ АРГОНОВОЙ ПЛАЗМЫ ФАКЕЛЬНОГО РАЗРЯДА

Ю.Ю. Луценко, И.А. Мискун, Е.П. Зеленецкая

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: luts@mail.ru

В работе [1] было установлено отсутствие затухания первых трёх гармоник электромагнитного поля факельного разряда, горящего в среде аргона. В то же время при увеличении частоты электромагнитной волны, распространяющейся вдоль канала разряда, её затухание должно возрасти. Для объяснения полученных экспериментальных результатов было высказано предположение о наличии в плазме разряда параметрического взаимодействия между собственными колебаниями плазмы разряда и внешним электромагнитным полем.

В настоящей работе рассмотрено влияние основной частоты горения разряда и концентрации электронов плазмы разряда на процесс распространения вдоль оси разряда частотных составляющих его электромагнитного поля.

Измерения проводились емкостным зондом, сигнал с которого подавался на вход спектроанализатора. Исследуемый разряд имел мощность 0,5...1,0 кВт. Частота электромагнитного поля составляла 37 МГц. При изменении частоты горения разряда на 3...4 % наблюдался переход от выраженного затухания к выраженному росту четвертой гармоники радиальной компоненты электрического поля. Показано, что полученные результаты не могут быть объяснены отражением электромагнитной волны в конце канала разряда.

Проведены измерения распределения гармоник электромагнитного поля факельного разряда, горящего в аргоне, при добавлении в плазмообразующий газ воздуха. Установлено избирательное влияние на процесс распространения четвертой гармоники электрического поля величины концентрации воздуха, и соответственно концентрации электронов разрядной плазмы.

Проведена оценка концентрации электронов исследуемого разряда на основе измеренных величин электронной и газовой температур. Расчёт концентрации электронов проводился по формуле Саха для двухтемпературной плазмы.

Литература

1. Lutsenko Yu.Yu., Vlasov V.A. The electromagnetic field characteristics of the high frequency torch discharge // Czechoslovak Journal of Physics. – 2006. - vol.56, Suppl.B, - pp. B925 – B931.

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАЗМЫ ФАКЕЛЬНОГО РАЗРЯДА, ГОРЯЩЕГО В ВОЗДУШНО-АРГОНОВОЙ СМЕСИ

Ю.Ю. Луценко, И.А. Мискун

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: luts@mail.ru

Для проведения плазмохимических процессов в последнее время часто используется воздух и газы, входящие в его состав. Подобный выбор обусловлен дешевизной получения таких газовых смесей.

Аргоновая плазма факельного разряда характеризуется существенным отрывом электронной температуры от газовой температуры. Данный отрыв температур обусловлен низкой эффективностью процесса передачи энергии от электронов атомам за счёт упругих столкновений. В молекулярных газах отрыв температур практически отсутствует вследствие преобладания неупругих столкновений электронов с молекулами.

В настоящей работе проведены исследования характеристик аргоновой плазмы факельного разряда при добавлении в неё воздуха. Проведены измерения электронной и газовой температур аргоновой плазмы факельного разряда при различном содержании в ней воздуха. Электронная температура определялась по относительной интенсивности линий меди. Атомы меди попадали в плазму за счёт испарения поверхности высоковольтного электрода. Определение газовой температуры осуществлялось по относительной интенсивности вращательных линий полосы 3064Å молекулы гидроксидла. Установлено, что отношение электронной температуры к газовой температуре при добавлении 30% воздуха в аргон меняется на 20%. Следовательно, влияние молекулярного газа на характеристики разряда, горящего в одноатомном газе не столь существенно, как это предполагалось в работе [1].

На основе измеренных значений электронной и газовой температур проведена оценка удельной электропроводности плазмы разряда. Проведён расчёт длины канала разряда в зависимости от концентрации воздуха в плазмообразующем газе. Сопоставление расчётных результатов длины канала разряда с измеренными экспериментальными значениями показало их удовлетворительное совпадение.

Литература

1. Тихомиров И.А., Власов В.А., Луценко Ю.Ю. Физика и электрофизика высокочастотного факельного разряда и плазмотрона на его основе. – М.: Энергоатомиздат, 2002. – 196 с.

ПРОЦЕСС ИЗОТОПНОГО ОБМЕНА ВО ВНЕШНЕМ ПОСТОЯННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

В. С. Нейман, В.Ф. Мышкин, В.А. Хан, И.С. Семченко

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: gos100@tpu.ru

Обменные методы разделения изотопов используются в промышленных масштабах. В связи с перспективами расширения сферы применения изотопов является актуальным увеличение эффективности метода.

Известны несколько теоретических подходов к описанию процесса изотопного обмена. Применение первого порядка термодинамической теории возмущений к перераспределению стабильных изотопов позволяет выражать β -фактор через кинетическую энергию и разность масс изотопов [1].

$$\ln \beta = \frac{M^* - M}{M^*} \left(\frac{E_K}{zRT} - \frac{3}{2} \right),$$

где E_K - кинетическая энергия (на один моль) колебаний; M - масса изотопа.

Выражение для β -фактора может быть записано в виде [2].

$$\ln \beta = \frac{1}{n} \sum_i^n d_i \ln \left\{ \frac{u'_i \exp(-0,5u'_i)}{u_i \exp(-0,5u_i)} \cdot \frac{1 - \exp(-0,5u'_i)}{1 - \exp(-0,5u_i)} \right\},$$

где $u_i = \nu_i hc/kT$ - приведенная частота колебания ν_i , см^{-1} , d_i - кратность вырождения Зеемановских уровней.

Здесь верхние штрихи относятся к изотопным формам, содержащим большее число тяжелых изотопов замещаемого атома, а символы без штриха — формам, имеющим большее число легких изотопов,

Известно, что во внешнем магнитном поле происходит расщепление вырожденных электронных уровней на Зеемановские состояния и перераспределение Больцмановского распределения по возбужденным электронным состояниям. Каждому возбужденному состоянию соответствуют свой колебательный спектр. Поэтому в магнитном поле происходит изменение β -факторов взаимодействующих фаз вещества

$$\ln \beta = \left(n + \sum_{i,j} (d_{ij} - 1) \right)^{-1} \sum_i^{n + \sum d_{ij}} \ln \left\{ \frac{u'_i \exp(-0,5u'_i)}{u_i \exp(-0,5u_i)} \cdot \frac{1 - \exp(-0,5u'_i)}{1 - \exp(-0,5u_i)} \right\}.$$

Очевидно, что изменение β -фактора тем значительнее, чем больше величина внешнего магнитного поля, приводящего к более значительной перестройке колебательного спектра. В докладе экспериментальные результаты изотопного обмена обсуждаются в рамках указанного подхода.

Литература

1. Polyakov V.B., Kharlashina N.N. The use of heat capacity data to calculate carbon isotope fractionation between graphite, diamond, and carbon dioxide: A new approach // Geochim. Cosmochim. Acta, 1995. - 59, P. 2561–2572.

2. Жаворонков Н.М., Князев Д.А., Ивлев А.А. и др. Термодинамика реакций изотопного обмена // Успехи химии, 1980. – Т. XLIX. – Вып.3. – С. 385-419.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОДИАЛИЗА В ПОСТОЯННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

С.В. Перминов, В.Ф. Мышкин, И.А. Ушаков, Е.А. Баранов

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: gos100@tpu.ru

Потребление воды во всем мире постоянно возрастает. При подготовке воды широко используются электродиализные технологии. Увеличение производительности электродиализа путем увеличения напряжения питания сопровождается явлениями, уменьшающими эффективность этого процесса: поляризация водной матрицы, формирование слоя объемного заряда, электролиз раствора на электродах, уменьшение проводимости мембраны. Электродиализ также может быть использован для получения чистых веществ. Для интенсификации электродиализа актуально исследование процессов, способствующих нейтрализации негативных процессов.

Широко известна магнитная обработка воды для противодействия выпадению солей жесткости на внутренних поверхностях труб. Нами изучается влияние внешнего постоянного магнитного поля на электродиализ и протекающие при этом процессы. Было показано, что в магнитном поле 1 Тл электродиализный ток возрастает на 9% [1]. Влияние магнитного поля на разные факторы, действующие отрицательно, может иметь резонансный характер. Для максимального увеличения эффективности электродиализа необходимо определить факторы, изменяющиеся наиболее сильно в магнитном поле, а также необходимую для этого величину магнитного поля.

В докладе обсуждаются результаты экспериментального исследования влияния постоянного магнитного поля на: электролиз водного раствора NaCl, ионного обмена в смоле КУ-2, селективность извлечения ионов щелочных металлов, импульсную электропроводность ионообменных мембран. Экспериментальные результаты обсуждаются с использованием таких явлений, как прецессия спина электрона и взаимодействия частично заряженных концевых участков молекул с магнитным полем.

Установлено, что магнитное поле влияет на электролиз водных растворов и на время защитного действия слоя ионообменной смолы. Влияния магнитного поля различной ориентации относительно градиента концентрации на диффузию неорганических солей в водных растворах не обнаружено.

С помощью импульсного напряжения определены постоянные времени формирования и исчезновения слоя объемного заряда возле мембран электродиализной ячейки, а также оценено влияние продольного магнитного поля на собственную проводимость мембран.

Литература

1. Мышкин В.Ф., Хан В.А., Перминов С.В. и др. Способ интенсификации электродиализа / Сб.тр. Всеросс. научн. конф. «Полифункциональные химические материалы и технологии», Т.2. – Томск: ТГУ, 2013. – С. 55-56.

ПЛАЗМЕННАЯ УТИЛИЗАЦИЯ СУЛЬФАТНОГО ЛИГНИНА В ВИДЕ ГОРЮЧИХ ВОДНО-ОРГАНИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИЙ

К.Г. Пиунова, А.Г. Каренгин

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: piunova93@mail.ru

Лигнин наиболее трудноутилизируемый отход, который образуется при химической переработке древесины на целлюлозно-бумажных и гидролизных предприятиях [1].

По данным Международного института лигнина (International Lignin Institute) ежегодно в мире образуется около 70 млн. т. технических лигнинов, но используется на промышленные, сельскохозяйственные и другие цели не более 2%. Остальное сжигается в энергетических установках или захоранивается в могильниках [1].

В настоящее время отсутствуют исчерпывающие технические решения по утилизации сульфатного лигнина, хотя обзор научной литературы последних лет свидетельствует о возрастающем интересе исследователей к этому сырьевому ресурсу.

В связи с этим представляет интерес проведение утилизации таких отходов в условиях воздушной плазмы в виде диспергированных горючих водно-органических композиций, имеющих адиабатическую температуру горения не менее 1200°C и обеспечивающих его эффективную и экологически безопасную утилизацию.

В результате проведенных расчётов определены и рекомендованы для практической реализации оптимальные по составу водно-органические композиции на основе сульфатного лигнина и режимы их плазменной утилизации в воздушной плазме.

С учетом полученных рекомендаций проведены экспериментальные исследования процесса утилизации сульфатного лигнина в воздушной плазме ВЧФ-разряда в виде диспергированных горючих водно-органических композиций.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при создании технологии плазменной утилизации сульфатного и других технических лигнинов.

Список литературы

1. Сарканена К.В., Людвиг К.Х. Лигнины. – М.: «Лесная промышленность», 1975. – 632 с.

2. Богданов А.В., Русецкая Г.Д., Миронов А.П., Иванова М.А. Комплексная переработка отходов производств целлюлозно-бумажной промышленности. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2000.- 227с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ОЯТ В ВОЗДУШНОЙ ПЛАЗМЕ²

О.Д. Подгорная, А.Г. Каренгин, А.А. Каренгин

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: shahmatovaol@tpu.ru

Основой технологии переработки ОЯТ радиохимических заводов является ПУРЕКС-процесс, обеспечивающий высокую степень извлечения урана и плутония с высокой степенью очистки от продуктов деления [1].

После первого экстракционного цикла оставшиеся без урана и плутония отходы переработки отработавшего ядерного топлива (ОП ОЯТ) в виде слабоконцентрированных водно-солевых растворов имеют следующий элементный состав [2]: HNO_3 – 18,0%, H_2O – 81,43%, Fe – 0,07%, Mo – 0,1%, Nd – 0,11%, Y – 0,06%, Zr – 0,058%, Na – 0,04%, Ce – 0,039%, Cs – 0,036%, Co – 0,031%, Sr – 0,026%.

По действующей технологии ОП ОЯТ после выпаривания и добавления химических реагентов (силикаты, фосфаты, бораты и др.) остекловываются или цементируются с последующим захоронением. Эта технология многостадийна, экологически небезопасна, требует значительных энергозатрат и химических реагентов.

Существенное снижение энергозатрат на процесс утилизации ОП ОЯТ может быть достигнуто при их прямой плазменной переработке в виде оптимальных по составу диспергированных горючих водно-органических композиций, имеющих адиабатическую температуру горения не менее 1200⁰С.

В данной работе представлены результаты моделирования процесса плазменной утилизации ОП ОЯТ в воздушной плазме в виде оптимальных по составу горючих водно-органических композиций, обладающих высокой взаимной растворимостью.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при создании технологии плазменной утилизации отходов переработки ОЯТ и других жидких радиоактивных отходов.

Список литературы

1. Скачек М.А. Обращение с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами АЭС. М.: Изд. дом МЭИ, 2007. -448 с.

2. Пантелеев Ю.А., Александрук А.М., Никитина С.А., Макарова Т.П., Петров Е.Р., Богородицкий А.Б., Григорьева М.Г. Аналитические методы определения компонентов жидких радиоактивных отходов. – Л.: Труды Радиевого института им. В. Г. Хлопина, 2007. – Т. XII. – С. 124-147.

²Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках реализации государственного задания Минобрнауки России на 2014-2016 годы по теме «Исследование и оптимизация процессов плазменной переработки отходов замкнутого ядерного топливного цикла» (Код темы № 2031)

КОМПЛЕКС РАБОТ ПО КОНТРОЛЮ ХИМИЧЕСКОГО И ИЗОТОПНОГО СОСТАВОВ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО БОРА, ОБОГАЩЕННОГО ИЗОТОПОМ БОР-10

Е.Е. Поповцев, А.И. Скориков, В.Г. Басков

г. Лесной, ФГУП «Комбинат «Электрохиприбор»

e-mail: egor_popovcev@mail.ru

Бор кристаллический, обогащенный изотопом бор-10 применяется в ядерной энергетике, новой технике и для научно-исследовательских работ.

В нормативных документах изложена методика определения атомной доли изотопа бор-10 относительно суммы изотопов бора на масс-спектрометре МИ 1201 при ионизации паров рабочего вещества методом электронного удара. Существенным недостатком данной методики является фракционирование изотопов бора при испарении и значительная дисперсия масс-спектрометра в диапазоне массовых чисел [9...12], что приводит к изменению изотопного состава образца во времени и увеличению погрешности измерений.

Методика определения массовых долей примесей, изложенная в нормативных документах, заключается в разбавлении пробы угольным порошком в отношении 1:1 с использованием в качестве носителя карбоната лития. Основным недостатком является регистрация спектра на фотопластинку. При данном способе регистрации увеличивается время проведения анализа и ухудшаются метрологические характеристики.

В представленной работе реализуется способ измерения изотопного состава бора методом термоионной эмиссии на масс-спектрометре МИ 1201 Т с применением высокотемпературной реакции разложения тетрабората натрия для уменьшения влияния эффекта фракционирования и освоен метод оптико-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой для определения массовых долей примесей в кристаллическом боре, представлен ряд экспериментов и результаты аттестации стандартных образцов предприятия.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ИЗОТОПНООБОГАЩЕННЫХ ПРИМЕСЕЙ В
ИЗОТОПНООБОГАЩЕННЫХ ПРЕПАРАТАХ, ПОЛУЧЕННЫХ НА
УСТАНОВКЕ СУ-20

Е.Е. Поповцев, А.И. Скориков, В.Г. Басков, А.В. Кидямкин, У.М. Марочкина

г. Лесной, ФГУП «Комбинат «Электрохимприбор»

e-mail: egor_popovcev@mail.ru

Комбинат «Электрохимприбор» является одним из основных производителей и поставщиков стабильных изотопов. Контроль содержания примесей является неотъемлемой частью технологического процесса разделения изотопов и осуществляется в Центральной лаборатории комбината.

При электромагнитном разделении в каждый из приемных карманов приходят ионы не только получаемого элемента, но и соседних элементов, что приводит к разбавлению обогащаемого изотопа изобарами других элементов.

В качестве примера рассмотрим обогащение иттербия по изотопу Yb-176. В случае обогащения иттербия по изотопу 176 вместе с ним обогащается лютеций по изотопу 176 из примеси, находящейся в рабочем веществе. У лютеция два изотопа и только одна масса (Lu-175) не имеет наложений для измерения методом масс-спектрометрии. Если учесть эти факторы, то при измененном изотопном составе лютеция методом масс-спектрометрии сложно определить содержание лютеция в иттербии, поскольку 176 масса лютеция не может быть определена из 175 массы по изотопному соотношению, характерному для природного лютеция.

На данный момент не существует масс-спектрометра, имеющего достаточной разрешающей способности для разделения при анализе изобар лютеция и иттербия. В методе оптико-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой детектирование происходит не по массам, а по длинам волн, характерным для каждого химического элемента. Поэтому совместное использование масс-спектрометрических и оптико-эмиссионных методов позволяет решить задачу корректного определения содержания лютеция в иттербии.

В представленной работе реализуется способ измерения массовой доли лютеция в препаратах иттербия методом ИСП-ОЭС, представлен ряд экспериментов и результаты измерений изотопнообогащенных партий иттербия-176.

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА СЕЛЕКТИВНОСТЬ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИОНОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

К.М. Рамазанова, В.Ф. Мышкин

г. Томск, Томский политехнический университет
e-mail: r_kuralai@inbox.ru

Основным источником загрязнения водоемов является хозяйственная деятельность человека. Например, смыв химических удобрений с сельскохозяйственных угодий, сброс неочищенных сточных вод промышленных предприятий. Поэтому актуальна разработка инновационных методов очистки воды.

Для обессоливания природных вод и технологических растворов широко используются мембранные методы, например, электродиализ. Эффективность обессоливания воды методом электродиализа зависит главным образом от электропроводности, ионной селективности и срока службы ионитовых мембран [1].

Недостатки метода электродиализа - ограничение по предельной плотности тока, а также поляризация растворов, разрушение электродов и выделение газов на электродах (электролиз) [2]. Поляризация мембран может приводить к осаждению солей на их поверхности.

При внесении ячейки в магнитное поле достаточно быстро проявляется действие магнитного поля. Из анализа литературы видно, что при воздействии постоянного магнитного поля на воду происходит изменение её структуры, рН, поверхностного натяжения.

Цель работы - оценить селективное действие магнитного поля на процессы при электродиализном извлечении ионов щелочных металлов.

Для исследований была собрана экспериментальная установка, содержащая источник постоянного тока, электродиализную ячейку, электронный осциллограф, миллиамперметр. Использовались 2 постоянных магнита с остаточной намагниченностью 1,2 Тл и размерами 3×5 см, устанавливаемых вертикально по длинной стороне. Использовали графитовые электроды.

Установлено, что при напряжении питания 4 В и площади мембраны XX см² ток доходит до 150 мА. В магнитном поле ток несколько увеличивается. Спектральный анализ показал, что ионный состав раствора в катодной ячейке отличается от состава исходного раствора. В докладе приводится анализ физико-химических процессов в магнитном поле.

Литература

1. С.В. Шишкина, А.В. Дюков. Электродиализ в комплексной переработке ртутьсодержащих сточных вод хлорного производства // Материалы научной школы [Электронный ресурс]. - 2012. - Режим доступа: <http://nu.kemtip.ru/stories/docs/archiv/009.pdf>. - Загл. с экрана.

2. Дорофеева Л.И. Разделение и очистка веществ мембранными, обменными и электрохимическими методами // Томск: Изд-во ТПУ, 2008. - 111 с.

**ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМЕННО-ПУЧКОВОГО РАЗРЯДА
НА ИМИТАЦИОННОМ СТЕНДЕ С ПОМОЩЬЮ
ОДИНОЧНОГО ЗОНДА ЛЕНГМЮРА**

Р.Р. Ролланулы

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: f91.ruslan@gmail.com

В данной работе отработана методика получения плазменного пучка в плазменно-пучковой установке, с помощью которой будут проводиться испытания кандидатных для токамака материалов.

Актуальностью данной работы является обеспечение возможности предварительных испытаний отдельных диагностических систем КТМ; методик определения параметров плазмы.

В настоящей работе представлены результаты отработки методик получения и определения параметров плазменно-пучкового разряда на имитационном стенде. Параметры плазменно-пучкового разряда определялись с помощью одиночного зонда Ленгмюра. Для определения температуры и плотности плазмы по данному методу были выполнены следующие операции:

- снимались ВАХ зонда в диапазоне напряжений от -200 В до +200 В, на котором достигается ионный ток насыщения, ограниченный площадью приемной поверхности электрода зонда и электронное насыщение, где имеется крутой участок с плавающим потенциалом;

- определялся ионный ток насыщения и потенциал плазмы;

- определялись электронная температура и плотность плазмы

Отработана методика получения плазменно-пучкового разряда на имитационном стенде, с помощью, которой будут проводиться испытания кандидатных материалов для токамака КТМ.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАЗМЕННОЙ УТИЛИЗАЦИИ И ИММОБИЛИЗАЦИИ ИЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БАССЕЙНОВ-ХРАНИЛИЩ ЖРО³

Н.В. Тундешев, А.Г. Каренгин, И.Ю. Новоселов

г. Томск, Томский политехнический университет
e-mail: Tundeshev93@mail.ru

Только в России накоплено около 400 млн. т. ЖРО, в том числе более 700 тыс. т на ФГУП «Горно-химический комбинат», которые, размещены в бассейнах-хранилищах. На дне этих хранилищ образовались донные иловые отложения (ИЛО), основными компонентами в которых являются железо (3÷17%), кремний (2,8÷8,5%), кальций (0,2÷3,2%), магний (1÷2,8%), натрий (0,7÷1,9%), фосфор (0,1÷0,9%) и др. Содержание урана в ИЛО не превышает 10-3%, а плутония - 10-4% [1].

По действующей технологии эти отходы после добавления химических реагентов (силикаты, фосфаты, бораты и др.) остекловываются или цементируются с последующим захоронением. Эта технология многостадийна, экологически небезопасна, требует значительных энергозатрат и химических реагентов.

Существенное снижение энергозатрат может быть достигнуто при плазменной утилизации ИЛО в виде оптимальных по составу диспергированных горючих водно-органических композиций (ВОК) с получением твердых дисперсных продуктов (простые и сложные оксиды металлов), включающих магнитную окись железа. Это позволит после «мокрой» очистки отходящих газов использовать магнитную сепарацию для их эффективного извлечения и последующей плазменной иммобилизации в расплавах хлоридов металлов, стойких к радиационному облучению. Это приведет к существенному снижению стоимости утилизации и иммобилизации ИЛО за счет сокращения количества операций, объема емкостного оборудования, затрат химических реагентов, энерго- и трудозатрат, а также даёт возможность извлечения из хранящихся отходов ценных и благородных металлов.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при создании технологии плазменной иммобилизации отходов переработки отработавшего ядерного топлива в расплавах хлоридов металлов, стойких к радиационному облучению, которая даёт возможность извлечения из хранящихся отходов образующихся со временем ценных и благородных металлов.

Литература

1. Отчет о НИР ФГУП «ГХК» №24/978 от 16.11.2011 «Проведение лабораторных исследований по обращению с донными отложениями бассейна А».

³Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках реализации государственного задания Минобрнауки России на 2014-2016 годы по теме «Исследование и оптимизация процессов плазменной переработки отходов замкнутого ядерного топливного цикла» (Код темы № 2031)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УТИЛИЗАЦИЯ ГОРЮЧИХ ОТХОДОВ
ПЕРЕРАБОТКИ ЗАМКНУТОГО ЯТЦ
В ВОЗДУШНОЙ ПЛАЗМЕ ВЧФ-РАЗРЯДА⁴

Н.В. Тундешев, А.Г. Каренгин, И.Ю. Новоселов

г. Томск, Томский политехнический университет
e-mail: Tundeshev93@mail.ru

Госкорпорация «Росатом» первой в мире приступила к созданию российского замкнутого ЯТЦ, который предусматривает поставку с АЭС отработавшего ядерного топлива (ОЯТ), его выдержку и переработку, извлечение Pu-239 и U-238, производство на их основе МОКС-топлива и его поставку на АЭС. Концепция ЗЯТЦ также предусматривает утилизацию образующихся радиоактивных отходов, обеспечивающих их длительное хранение и последующее использование.

Основой технологии переработки ОЯТ радиохимических заводов является ПУРЕКС-процесс, обеспечивающий высокую степень извлечения урана и плутония с высокой степенью их очистки от продуктов деления.

При этом в качестве экстрагента для извлечения урана и плутония применяют трибутилфосфат (ТБФ) с различными разбавителями (керосин, очищенные углеводороды, четыреххлористый углерод, гексахлорбутадиен и др.). Под действием радиоактивного облучения, обусловленного высоким содержанием в растворе продуктов деления, плутония и трансплутониевых элементов, экстрагент с течением времени теряет свою эффективность и превращается в горючие отходы переработки ОЯТ.

В данной работе представлены результаты моделирования процесса плазменной утилизации ГОП ОЯТ в воздушной плазме в виде оптимальных по составу горючих водно-органических композиций.

С учётом полученных результатов могут быть рекомендованы для практической реализации процесса плазменной утилизации ГОП ОЯТ в воздушной плазме следующие режимы:

- интервал рабочих температур (1200±100) К;
- состав ВОК (50% Вода : 17,5% ТБФ : 32,5 ГХБД);
- массовое отношение фаз (65% воздух : 35% ВОК).

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при создании промышленных установок для плазменной утилизации отходов переработки ОЯТ и других жидких радиоактивных отходов.

Список литературы

1.Скачек М.А. Обращение с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами АЭС. М.: Изд. дом МЭИ, 2007.-448 с.

⁴ Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках реализации государственного задания Минобрнауки России на 2014-2016 годы по теме «Исследование и оптимизация процессов плазменной переработки отходов замкнутого ядерного топливного цикла» (Код темы № 2031)

ПЛАЗМЕННАЯ ПЕРЕРАБОТКА УГОЛЬНЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ

Б.К. Тургали

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: slonbekki@mail.ru

На Шубаркольском угольном месторождении, расположенном в Карагандинской области Республики Казахстан, ежегодная добыча угля достигает 6 млн.т., а разведанные запасы составляют более 1,5 млрд. т.

В процессе обогащения на тонну угля образуется 0,15÷0,35 т угольных отходов (УГО), которые содержат целый ряд ценных металлов [1]: Се - 15,4 г/т., La - 5,3 г/т., Sc - 2,8 г/т., Cs - 1,45 г/т., Hf - 0,73 г/т., Rb - 0,48г/т.

Эффективная переработка таких отходов может быть достигнута в условиях низкотемпературной плазмы в виде оптимальных по составу горючих водно-органических композиций (ВОК), имеющих адиабатической температурой горения $T_{ад} \geq 1200$ °С [2].

В работе представлены результаты расчетов показателей горения различных ВОК на основе угольных отходов и определены оптимальные составы горючих ВОК, имеющих $T_{ад} \geq 1200$ °С.

С использованием лицензионной программы TEPRA проведены расчеты равновесных составов газообразных и конденсированных продуктов плазменной утилизации угольных отходов в виде оптимальных по составу ВОК.

С учетом полученных результатов могут быть рекомендованы для практической реализации следующие оптимальные режимы плазменной утилизации угольных отходов:

- состав ВОК: (67% Вода : 30,6% УГО : 2,4%, Мехпримеси;
- массовое соотношение фаз: (74% воздух : 26% ВОК);
- интервал рабочих температур (1500±100 К).

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при разработке эффективной технологии плазменной переработки угольных отходов с целью извлечения ценных металлов.

Список литературы

1. С.И. Арбузов, В.В. Ершов, А.А. Поцелуев, Л.П. Рихванов. Редкие элементы в углях Кузнецкого бассейна. – Кемерово, 1999. – 248.
2. Моссэ А. Б., Савченко Г. Э., Власов В. А., Каренгин А. Г., Каренгин А. А., Левашов А. С. Плазменная установка для переработки отходов: Варианты исполнения и технологического использования // Инженерно-физический журнал. - 2013 - Т. 86 - №. 3. - С. 611-619.

Секция 8

Фундаментальные
вопросы атомной науки
и техники

DIVERGENT SERIES SUMMATION TECHNIQUE APPLIED TO MOLECULAR VIBRATIONAL ENERGY LEVELS CALCULATION

A.N. Duchko

Tomsk, Tomsk Polytechnic University

e-mail: andrey.duchko@gmail.com

The Rayleigh–Schrödinger perturbation theory is applied to energy levels calculation of the HD¹⁶O molecule excited vibrational states. The calculations are carried out for the vibrational states that correspond to three- to seven-fold vibrational excitations. Since the perturbation series diverge in the case of strong resonance interactions and their approximations by the Padé and Padé–Hermite methods do not yield sufficiently correct results as shown in our previous works [1], a calculation technique modifying the zero-order approximation is applied. The zero-order Hamiltonian is modified by shifting the vibrational frequencies, which decreases the mixing of states. The new Rayleigh–Schrödinger series can be summed using the quadratic Padé–Hermite approximation method.

REFERENCES

1. Bykov A.D., Kalinin K.V., Duchko A.N. Calculation of vibrational HDO energy levels: analysis of perturbation theory series, Optics and spectroscopy, 2013. Vol. 114. No 3. pp. 359-367.

SPACE FRACTIONAL FISHER-KOLMOGOROV-PETROVSKII-PISKUNOV EQUATION WITH ANOMALOUS DIFFUSION¹

A.A. Prozorov

Tomsk, Tomsk Polytechnic University

e-mail: prozorov_a_a@mail.ru

Analytical solutions are constructed for the nonlocal space fractional Fisher-Kolmogorov-Petrovskii-Piskunov equation with anomalous diffusion.

$$u_t(x, t) = Du_\alpha(x, t) + au(x, t) - \chi u(x, t) \int_{-l}^l b_\gamma(x-y)u(y, t)dy,$$

Such solutions allow us to describe quasi-steady state patterns. Special attention is given to the role of fractional derivative [1]. The resulting solutions spread faster than the classical solutions and may exhibit asymmetry, depending on the fractional derivative used. The phenomenon of pattern formation was studied using a number of models based on generalized Fisher-Kolmogorov-Petrovskii-Piskunov equations taking into account nonlocal interaction effects [2]. We have focused on a special type of pattern formation with anomalous diffusion. Main conclusion of the work: the lower the order of the fractional derivative, the greater the displacement of the center and stronger the deviation from the steady state.

This solution is spatially homogeneous and monotonically depending on time. By analogy with previous studies, we have assumed that the patterns above can be described as large time perturbations of this exact solution. The large time asymptotics are constructed explicitly, to within $O(1/T^2)$, in the class of functions which tend to the above exact solution as $T \rightarrow \infty$. Thereby, the exact solution can be regarded as an attractor of the constructed class of asymptotic solutions and, hence, of the corresponding concentrated patterns. As the patterns evolve monotonically without qualitative changes to some steady-state, these asymptotic solutions describe approximately the quasi-steady-state patterns.

The approach used allows to gain information on the most essential characteristics of patterns and to apply the methods developed for 1D problems to multidimensional problems. The resulting solution:

$$u(x, t) = \frac{\beta_{00}e^{at}}{1 + \frac{\chi b_0 \beta_{00}}{a}(e^{at} - 1)} + \frac{1}{T} \sum_{j=-\infty}^{\infty} \frac{\beta_{1l} e^{\tilde{a}_j t} e^{ij\pi x/l}}{\left[1 + \frac{\chi \lambda_0 \beta_{00}}{a}(e^{at} - 1)\right]^{(b_j + b_0)/b_0}}, \quad \tilde{a}_j = \left(D \left(\frac{ij\pi}{l} \right)^\alpha + a \right).$$

REFERENCES

1 Samko, S.; Kilbas, A.A.; and Marichev Fractional Integrals and Derivatives: Theory and Applications, Gordon and Breach Science, 1993.

2 Fisher R. A. The wave of advance of advantageous genes // Annual Eugenics. V. 7. P. 255 (1937)

¹ The work is performed as a part of state task "Nauka".

ЕВРОПЕЙСКИЙ ОПЦИОН ПРОДАЖИ ЛУКБЭК С ПЛАВАЮЩИМ СТРАЙКОМ

У.В. Андреева, Н.С. Дёмин, С.В. Рожкова

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: andreevauv@sibmail.com

Рассмотрение задачи проводится на стохастическом базисе $(\Omega, F, F = (F_t)_{t \geq 0}, P)$ [1-2]. На финансовом рынке обращаются рисковые (акции) и безрисковые (банковский счет) активы, текущие цены которых S_t и B_t в течение интервала времени $t \in [0, T]$ определяются уравнениями $dS_t = S_t(\mu dt + \sigma dW_t)$, $dB_t = rB_t dt$, где W_t - стандартный винеровский процесс, $\sigma > 0$, $r > 0$, $S_0 > 0$, $B_0 > 0$, решения которых имеют вид $S_t(\mu) = S_0 \exp\{((\mu - (\sigma^2/2))t + \sigma W_t)\}$, $B_t = B_0 \exp\{rt\}$. Считаем, что текущее значение капитала инвестора определяется в виде $X_t = \beta_t B_t + \gamma_t S_t$, где $\pi_t = (\beta_t, \gamma_t)$ пара F_t - измеримых процессов, составляющая портфель ценных бумаг инвестора. За обладание акцией происходят выплаты дивидендов в соответствии с процессом D_t со скоростью $\delta \gamma_t S_t$, пропорциональной рисковому части капитала с коэффициентом δ , $0 \leq \delta < r$.

Цель управления портфелем – достижение равенства $X_T = f_T(S)$, где $f(\cdot)$ – платежная функция. На основе диффузионной модели (B, S) -финансового рынка с выплатой дивидендов по рисковому активу рассматривается экзотический опцион продажи, основанный на экстремальном значении цены рисковому активу с платежной функцией вида $f_T(S) = \max_{0 \leq t \leq T} S_t - S_T$, где в качестве спотовой цены рассматривается конечное значение рисковому активу S_T , а в качестве страйковой цены – S_T^{\max} (floating strike lookback put option [3]).

Получены формулы, определяющие стоимость опциона $P_T = X_0$, а также эволюцию во времени капитала и портфеля. Исследованы свойства решения и рассмотрено использование экзотических опционов для снижения коммерческих и финансовых рисков на промышленных предприятиях.

Литература

1. Ширяев А.Н. (1998) Основы стохастической финансовой математики. – М: Фазис. – 1998. 544 с.
2. Ширяев А.Н., Кабанов Ю.М., Крамков Д.О., Мельников А.В. К теории расчетов опционов Европейского и Американского типов. II. Непрерывное время // Теория вероятностей и ее применения. 1994. Т. 39. вып. 1. С. 80 – 129.
3. Buchen P., Konstandatos O. A new method of pricing lookback options // Mathematical Finance. 2005. V. 15. № 2. P. 245 – 259.

О ВАРИАЦИОННЫХ МЕТОДАХ ДЛЯ КЛАССОВ ФУНКЦИЙ,
ПРЕДСТАВИМЫХ ИНТЕГРАЛАМИ СТИЛТЬЕСА

Л.М. Бер

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: berlm@tpu.ru

Г.М. Голузин, Н.А. Лебедев, И.А. Александров разработали для классов функций, представимых с помощью интегралов Стильтьеса основы для вариационного метода, позволяющие решать многие экстремальные задачи.

Для класса S функций голоморфных в единичном круге E со значениями в единичном круге проводится сравнение результатов, получающихся применением вариационных формул Г.М. Голузина [1] и вариационных формул Н.А. Лебедева и И.А. Александрова [2].

В том и другом случае указывается семейство функций, зависящих от конечного числа вещественных параметров, содержащее экстремальные функции. Их выделение составляет содержание задачи нахождения минимума функции конечного числа переменных. Оценка числа вещественных параметров производится по оценке точек роста производящей функции в интеграле Стильтьеса.

Теорема. В классе S имеет место вариационная формула

$$f_h(z) = f(z) + hz(1 + f(z))^2.$$

$$\cdot \frac{d}{dz} \left[\sum_{k=1}^m (A_k L(z, z_k))(H(z) - H(z_k)) + \bar{A}_k L\left(z, \frac{1}{z_k}\right) \left(H(z) - H\left(\frac{1}{z_k}\right) \right) \right] + iAH(z) + o(h)$$

где $z \in E$, z_k , $k = 1, \dots, m$, $m = 1, 2, \dots$ – точки из круга E ; A_k , \bar{A}_k – произвольные постоянные, A – вещественная постоянная; $L(z, z_k) = \frac{z + z_k}{z - z_k}$, $H(z) = \frac{1 + f(z)}{1 - f(z)}$, h^{-1}

$o(h) \rightarrow 0$ при $h \rightarrow 0$ равномерно внутри E .

По виду варьированной функции определяется, что $\mu_f(t)$ – ступенчатая функция и для конкретного функционала находится вид функции доставляющей экстремум.

Эти утверждения распространяются на все классы функций, представимые интегралом Стильтьеса, как для круга, так и для кольца.

Список литературы

1. Г.М. Голузин. Геометрическая теория функций комплексного переменного. М.: Наука, 1966.

2. Н.А. Лебедев, И.А. Александров. К методу вариаций в классах функций, представимых с помощью интегралов Стильтьеса// Труды Математического института АН СССР, 1968. Т.94, С.79–89.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗРУШЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Ю.И. Галанов

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: galanovi@tpu.ru

Методом имитационного моделирования исследовалось разрушение объектов, состоящих из отдельных элементов, под действием импульсного периодического возбуждения ионизирующего излучения (ИИ). Предполагается, что в течение периода τ воздействия деструктирующего фактора каждый из элементов может независимо друг от друга разрушиться с вероятностью p или сохраниться без изменения с вероятностью $q=1-p$. При указанных предположениях число

элементов, оставшихся после i -го цикла, представляется в виде $N_{i+1} = N_i - \sum_{i=1}^{N_i} I(p)$,

где $I(p)$ – индикатор события. Показано, что на ранних стадиях разрушение объектов носит экспоненциальный характер, а на заключительной – распределение времени жизни объекта подчиняется закону с функцией распределения

$$F(x, \lambda, \mu) = \exp\left(-\exp\left(-\frac{x-\mu}{\lambda}\right)\right).$$

Для учета влияния дозы облучения вводилась зависящая от времени воздействия вероятность разрушения элемента $p_i = \alpha + \beta \cdot i$. Данная модель соответствует линейно-квадратичной модели выживаемости раковых клеток [1]. Закон распределения времени жизни объекта при этом остаётся прежний.

Неоднородность пучка ИИ во времени моделируется пуассоновским потоком. Введение неоднородности приводит к изменению закона распределения времени жизни объекта: имеет место смесь нормального распределения и распределения максимального значения.

Влияние мощности дозы учитывалось введением дополнительного пуассоновского потока редких событий, физическим аналогом которых может служить, например, перекрытие треков. Данный фактор приводит к увеличению доли нормальной составляющей времени жизни объекта.

Список литературы

1. Павлов А.С., Фадеева М.А., Карякина Н.Ф. и др. Линейно-квадратичная модель в расчётах изоэффективных доз, в оценке противоопухолевого эффекта и лучевых осложнений при лучевой терапии злокачественных опухолей: пособие для врачей. – М., 2005. – 67 с.

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЯДЕР ЭЛЕМЕНТОВ ВЕЩЕСТВА

А.В. Градобоев

г. Томск, Юргинский технологический институт Томского политехнического университета
e-mail: gradoboev1@mail.ru

Ранее в [1-3] на основании анализа закономерностей строения атомов, закономерностей изменения их свойств было показано, что Периодическая система атомов элементов Вещества (далее ПСАЭВ) конечна и содержит 172 элемента, которые распределены по 12 периодам, объединенным VII классом, при этом выделено 4 семейства элементов. Представленные доказательства конечности ПСАЭВ позволили разработать Периодическую систему ядер элементов Вещества (далее ПСЯЭВ) [4].

ПСЯЭВ содержит базовые ядра 172 элементов, которые распределены по 12 периодам и 4 классам (суперлегкие, легкие, тяжелые и супертяжелые ядра). Все ядра разделены на 5 семейств, каждое из которых характеризуется собственной структурой ядра (a-, b-, c-, g- и h-ядра).

Представлен анализ изменения нуклонного состава ядер для различных семейств как внутри периодов, так и при переходе от периода к периоду, на основании которого получены оценки нуклонного и изотопного состава неизвестных к настоящему времени 54 элементов. Полученные оценки достаточно хорошо согласуются с выполненными ранее оценками нуклонного состава ядер атомов неизвестных элементов, которые были получены по закономерностям, установленным для ПСАЭВ.

Установлены соотношения, которые описывают распределение ядер и их изотопов по периодам и классам предложенной Системы и фактически являются математической записью закона о периодичности свойств ядер.

Литература

1. Градобоев А.В., Матвеев В.С. Закономерности строения элементов и конечность Периодической системы Д.И. Менделеева – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 183с.

2. Градобоев А., Матвеев В., Периодическая система атомов элементов: конечность и перспективы развития - LAP LAMBERT Academic Publishing. – 2012, 292с.

3. Gradoboev A.V., Matveev V.S. / J. Chem. Chem. Eng. 7 (2013) 275-281.

4. Градобоев А.В. Закономерности строения Вещества – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 260с.

БАРЬЕРНЫЙ ОПЦИОН ПРОДАЖИ НА АКЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Е.Ю. Данилюк, С.В. Рожкова

г. Томск, Томский политехнический университет
e-mail: daniluc_elenas@sibmail.com; rozhkova@tpu.ru

Определение теоретической стоимости опциона Европейского стиля с помощью математической модели ценообразования Блэка-Шоулза является важным фактором успешной торговли на рынке дериватива и рынке лежащего в его основе базового актива. Одним из интересных и привлекательных с точки зрения страхования биржевых рисков видов производных инструментов выступает барьерный опцион, принадлежащий к классу экзотических вторичных ценных бумаг.

Предлагаемая работа отражает результаты полного исследования Европейских опционов продажи, выплаты по которым зависят от того, достигла ли цена базового актива (в нашем случае базовым активом выбрана акция) оговоренного в контракте уровня за определенный период времени или нет. Соответствующий ценовой уровень может рассматриваться как барьер, который либо «включает» опцион, либо «выключает». Излагается вывод и доказательство формул рациональной (справедливой) цены двухбарьерного опциона продажи, представляющего собой стандартный put-опцион с дополнительными условиями-барьерами, при этом учитывается взаимное расположение параметров контракта. Записываются выражения для текущих значений минимального портфеля ценных бумаг (хеджирующей стратегии) и обеспечивающего хедж капитала. Устанавливается природа зависимости стоимости опциона от характеристик договора, дается графическое подтверждение и экономическая интерпретация полученных свойств решения.

Проводится апробация решения на данных по акциям ОАО «Межрегиональная распределительная сетевая компания Сибири» (МРСК Сибири).

Список литературы

1. Буренин А.Н. Форварды, фьючерсы, опционы, экзотические и погодные производные. – М.: НТО, 2011. – 465 с.
2. Кожин К. Все об экзотических опционах // Рынок ценных бумаг. – 2002. – № 2 (16). – С. 61–64.
3. Халл Д.К. Опционы, фьючерсы и другие производные финансовые инструменты. – М.: Вильямс, 2007. – 1052 с.
4. Melnikov A.V., Volkov S.N., Nechaev M.L. Mathematics of financial obligations (Translations of Mathematical Monographs). Providence, Rhode Island: American Mathematical Society, 2002. – V. 212. – 194 p.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОДА НА ЯЗЫКЕ
ПРОГРАММИРОВАНИЯ WOLFRAM ДЛЯ РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК
ПОЛЯРИЗАЦИОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Е.В. Корноухова, Д.А. Шкитов

г. Томск, Томский политехнический университет
e-mail: winterhof@sibmail.com

Поляризованное излучение на сегодняшний день имеет большое практическое применение в различных областях физики, таких как физика ускорителей, сверхвысокочастотной электронике, генерации интенсивного ТГц излучения и других. Существует несколько широко используемых методов расчёта характеристик поляризованного излучения, таких как метод псевдофотонов, метод изображений и метод поверхностных токов. В данной работе будет применён сравнительно недавно разработанный метод – обобщенный метод поверхностных токов [1, 2], в настоящее время используемый гораздо реже. Он, как и другие методы, позволяет проводить численные и аналитические расчеты различных характеристик переходного и дифракционного излучения, но при этом является развитием вышеназванных методов, разработанных ранее, и применимый для более широкого класса задач и геометрий взаимодействия заряженных частиц и мишени. Данный метод является универсальным методом для расчета характеристик поляризованного излучения для случая идеальной проводимости мишени.

Целью данной работы является разработка программного кода на языке программирования Wolfram [3] для получения информации о характеристиках излучения с учетом влияния реальных параметров эксперимента, таких как: характеристики детектора, геометрия мишени, размеры сгустка и других. При разработке за основу была взята математическая модель, реализованная на базе обобщенного метода поверхностных токов. Данный код будет являться инструментом для дальнейшего изучения возможностей применения поляризованного излучения.

Список литературы

1. D.V. Karlovets, A.P. Potylitsyn. Generalized surface current method in the macroscopic theory of diffraction radiation // Physics Letters A 373 (2009) 1988–1996
2. A.G. Shkvarunets, R.B. Fiorito. Vector electromagnetic theory of transition and diffraction radiation with application to the measurement of longitudinal bunch size // PRSTAB 11 (2008) 012801
3. <http://www.wolfram.com/mathematica/>

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛАСТИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ ГЦК МЕТАЛЛОВ В ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ

С.А. Лапин, М.Е. Семёнов

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: sme@tpu.ru

Компьютерное моделирование позволяет выявить влияние приложенных воздействий, их комбинаций на пластическое поведение металлов (Al, Cu, Ni) с гранцентрированной кубической (ГЦК) структурой до проведения физического эксперимента.

В докладе будет представлено программное обеспечение «Slip Plasticity of Face-Centered Cubic (SPFCC)» [1], предназначенное для проведения компьютерного моделирования пластической деформации для различных приложенных воздействий. В текущей версии программы доступны следующие типы воздействий: деформация с постоянной скоростью деформирования, при постоянном приложенном напряжении и при постоянной нагрузке в условиях растяжения и сжатия. С помощью программы исследователь может сформировать сложные условия воздействия, которые будут изменяться в процессе вычислений. Например, при достижении определенной степени деформации изменяется (увеличивается или уменьшается) температура и скорость деформирования. При этом изменяющиеся условия могут приводить как к росту пластической деформации, так и ее уменьшению или нивелировать друг друга.

Математическая модель, реализованная в программе SPFCC, представляет собой систему обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) балансового типа. В систему ОДУ включены следующие переменные: плотности сдвигообразующих дислокаций, дислокаций в дипольных конфигураций межузельного и вакансионного типов, а также концентрации межузельных атомов, моно- и бивакансий.

Выявление особенностей пластического поведения на дислокационном уровне позволит решать фундаментальные задачи – прогноз прочностных и пластических свойств ГЦК-металлов.

В докладе будут приведены результаты моделирования кривых деформационного упрочнения для ГЦК-металлов в условиях постоянной скоростью деформирования при мгновенно изменяющейся температуре и скорости деформации.

Список литературы

1. Данейко О.И. и др. Влияние температуры и скорости на эволюцию дислокационной структуры дисперсно-упрочненного материала с ГЦК-матрицей // Изв. вузов. Физика. – 2011. – Т. 54. – № 9. – С. 35-41.

КВАДРАТУРНЫЕ ФОРМУЛЫ С ВНЕШНИМИ УЗЛАМИ

И. В. Кoryтов

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: korytov@tpu.ru

Рассматриваются квадратурные формулы, точные на многочленах степени m , построенные интегрированием интерполяционного многочлена

$$\int_a^b f(x)dx \approx \sum_{k=0}^m c_k f(x_k).$$

В общем случае узлы могут располагаться за пределами отрезка интегрирования. На подынтегральную функцию при этом налагается требование быть определенной в этих узлах. Если задачу поставить таким образом, чтобы известными были узлы, то коэффициенты можно единственным образом получить из системы линейных алгебраических уравнений

$$\sum_{k=0}^m c_k x_k^\alpha = \frac{b^{\alpha+1} - a^{\alpha+1}}{\alpha + 1}, \alpha = 0, \dots, m.$$

Это возможно, поскольку матрицы таких систем являются квадратными матрицами Вандермонда. Точность интегрирования на многочленах заданной степени сохраняется, даже если все узлы будут внешними по отношению к отрезку интегрирования, однако на индивидуальных функциях погрешность в этом случае может превышать значение интеграла.

Оценить погрешность классическим способом можно, если узлы являются равноотстоящими и внутренними: $x_0 = a$, $x_k \in (a, b)$, $k = 1, \dots, m - 1$, $x_m = b$. Такие формулы относятся к типу Ньютона – Котеса, их погрешность оценивается для класса непрерывно дифференцируемых на отрезке (a, b) . Если же узлы равноотстоящие, но $x_0 = a$, $x_1 = b$, $x_k \notin (a, b)$, $k = 2, \dots, m$, то оценка погрешности на классе непрерывно дифференцируемых функций будет затруднительной. Указанный вариант расположения узлов, частично выходящих за пределы отрезка интегрирования, не единственный: они могут быть сдвинуты влево до $(m - 1)$ раз на длину отрезка. В этом случае применение методов функционального анализа с рассмотрением основной функции как свертки ядра усреднения с функцией, от которой требуется найти приближенное значение интеграла. Такое действие обеспечивает, с одной стороны равенство новой и исходной функций в рассматриваемых точках, с другой стороны, принадлежность новой функции пространству Соболева. Погрешность при этом рассматривается как функционал над такой функцией.

В работе приводится вывод нормы функционала погрешности. Норма выступает константой, представляющей данную квадратурную формулу. Константа является неулучшаемой для всего класса основных функций.

ЭТИКА, БЕЗОПАСНОСТЬ И ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРОВ-АТОМЩИКОВ

А.Д. Московченко

г. Томск, Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники
e-mail: maled@sibmail.com

В XXI веке наряду с глобальной безопасностью (выживание), все большую значимость приобретают вопросы глобальной справедливости (этические): что я могу знать и должен делать, чтобы мыслить и работать по совести и справедливости.

Кантовский императив до сих пор не стал инструментом в решении насущных задач как в области науки и техники, так и в области образования. Причины: 1) разобщенность научно-технических, философских, технологических направлений; 2) не осмыслена онтология человеческой нравственности.

Академик В.А. Легасов высказал ряд продуктивных системно-методологических идей: 1) профессиональная подготовка атомной инженерии должна быть пронизана всем комплексом гуманитарных дисциплин; 2) атомная инженерия нуждается в новой философии и методологии безопасности ядерной энергетики, основанной на концепции «приемлемого» риска и исключающая ведомственные интересы.

Разрешение второй причины лежит в плоскости русского космического движения, особенно связанного с творчеством В.И. Вернадского. В своих работах я провожу мысль о том, что онтологические (биопсихофизические) основы нравственного поведения человека скрыты в биосферно-техносферических (автотрофно-гетеротрофных) механизмах природных и социальных систем.

В таком случае наряду с профессиональной подготовкой инженеров-атомщиков необходимо учитывать как планетарно-автотрофные представления о будущем человечества, так и индивидуально-биопсихо-физические качества специалиста.

Все усиливающееся автотрофное технологическое движение требует профессионалов автотрофного плана, которое глубоко пережили нравственные проблемы «Общего Дела» планеты Земля на благо всего человечества.

Список литературы

1. Кант И. Критика способности суждения. Л., 2006.
2. Легасов В.А. Химия. Энергетика. Безопасность. М., 2007.
3. Московченко А.Д. Философия для технических вузов. М., 2012.

ФИЛЬТРАЦИЯ В ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ С ПАМЯТЬЮ ПРИ НАЛИЧИИ АНОМАЛЬНЫХ ПОМЕХ

С.В. Рожкова, О.В. Рожкова

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: rova@tpu.ru

Теория калмановской фильтрации [1] является основой конструирования современных систем управления, навигации, передачи и переработки информации, обработки траекторных изменений [2]. Потребности практики со временем потребовали развития данного направления на случай неточного задания математической модели либо нарушения нормального режима функционирования системы [3]. В рамках развития этой проблемы в работе [4] рассматривается задача оценивания вектора состояния системы калмановского типа для случая, когда: 1) канал наблюдения обладает памятью относительно значений вектора состояния, что имеет место, например, при наличии инерционных измерителей либо при наличии задержек в каналах передачи информации [5]; 2) в канале наблюдения, кроме регулярных, действуют аномальные помехи, причем в общем случае не по всем компонентам вектора наблюдений, считая при этом, что $t \geq \tau_1$, то есть аномальная помеха начинает действовать, когда в наблюдениях накопилась память максимальной кратности N ; 3) аномальная помеха является нестационарной, математическое ожидание которой является неизвестной функцией времени.

В данной работе рассматривается частный случай, когда в наблюдениях присутствует память кратности $N = 1$.

Список литературы

1. Kalman R.E., Bucy R.S. New results in linear filtering and prediction theory // J. Basic Eng. – 1961. – V. 83. – P. 35–45.
2. Busy R.S., Joseph P.D. Filtering for stochastic process with application to guidance. – N.Y.: Interscience Publishers, 1968. – 195 p.
3. Сотсков Б.М., Щербаков В.Ю. Теория и техника калмановской фильтрации при наличии мешающих параметров // Зарубежная радиотехника. – 1985. – № 2. – С. 3–29.
4. Дёмин Н.С. Рожкова О.В., Рожкова С.В. Фильтрация в динамических системах по наблюдениям с памятью при наличии аномальных помех // Известия ТПУ – 2009. – Т.314 – С.16–20.
5. Basin M.V., Zuniga M.R. Optimal linear filtering over observation with multiple delays // Intern J. of Robust and Nonlinear Contr. – 2004. – V.14, – № 8. – P. 685–696.

НАРАБОТКА РАДИОАКТИВНЫХ НУКЛИДОВ В АКТИВНОЙ ЗОНЕ РЕАКТОРА БН-350

Н.С. Скориков, И.И. Васильев, Г.П. Пугачёв, В.С. Школьник

г. Актау, Казахстан, КГУТИ им. Ш.Есенова

e-mail: skorikovn@mail.ru

В докладе приведены: краткое описание конструкции реактора БН-350, достигнутые характеристики в период эксплуатации, краткие результаты экспериментальных исследований на реакторе БН-350, и исследования по наработке радиоактивных нуклидов, с облучением стартовых элементов в течение ~ 2 лет в 2 опытных сборках с кобальтом и гидридом циркония в качестве замедлителя. В эксперименте была определена удельная активность ^{60}Co , пространственные и спектральные характеристики нейтронного поля в облучательных сборках и в соседних с ними сборках. Измерено возмущение поля энерговыделения в реакторе при облучении в нем опытныхборок с гидридом циркония. Описана конструкция устройства для наработки уникального нейтринного источника ^{51}Cr для калибровки галлиевого телескопа Баксанской нейтринной обсерватории. Приведены результаты выполненных работ по калибровке галлиевого телескопа Баксанской нейтринной обсерватории с помощью нейтринного источника на основе ^{51}Cr , при бета-распаде которого испускаются нейтрино с энергией, аналогичной энергии солнечных нейтрино. Была разработана специальная облучательная сборка, в которой исходный материал ^{50}Cr был облучен нейтронным потоком в активной зоне реактора БН-350 и после облучения стержни (^{51}Cr) были упакованы в «горячей камере» в капсулу, которая размещена в защитный контейнер и доставлена на Баксанскую нейтринную обсерваторию.

На основании проведенных исследований на реакторе БН-350 была обоснована возможность использования быстрых реакторов, наряду с эффективной выработкой электрической энергии, накопления плутония-239 и опреснения морской воды, для эффективного выжигания наиболее потенциально опасной части радиоактивных отходов атомной энергетики – долгоживущих актиноидов. Тем самым доказана возможность радикального решения проблемы сжигания и захоронения радиоактивных отходов атомной энергетики.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ
АТОМНОЙ НАУКИ, ЭНЕРГЕТИКИ
И ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

VI Международная научно-практическая конференция
5 – 7 июня, Томск

СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ