

Аннотации статей
журнала “Вопросы атомной науки и техники. Серия: Физика ядерных реакторов”,
вып. № 1, 2023 г.

**Выпуск посвящён 80-летию Курчатовского института
и 120-летию со дня рождения И.В. Курчатова и А.П. Александрова**

УДК 621.039

К юбилею создателей атомной науки и техники страны

А.Ю. Гагаринский,

НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1

Статья приурочена к юбилею отцов-основателей ядерной энергетики — Игоря Васильевича Курчатова и Анатолия Петровича Александрова, а также к 80-летию Курчатовского института — колыбели советской атомной науки и техники, где были заложены основы “Атомного проекта СССР”. Цель статьи — напомнить ядерным специалистам о некоторых ключевых событиях в истории нашей ядерной энергетики, повлиявших на ход её развития и, безусловно, связанных с её сегодняшним днём.

Ключевые слова: ядерная энергетика, реакторы ВВЭР, стратегия ядерно-энергетического развития.

УДК 621.039

**Научное руководство в развитии легководного направления атомной энергетики
по проектам ВВЭР**

Ю.М. Семченков,

НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1

Статья предваряет выход в свет первого тома готовящейся к изданию книги “Курчатовский институт для ядерной энергетики” под редакцией М.В. Ковальчука (научные редакторы: Ю.М. Семченков и В.А. Сидоренко, составители: А.Ю. Гагаринский, А.В. Жукова, М.А. Калугин, Ю.М. Семченков и В.А. Сидоренко), в которой представлены научно-технические проблемы при проектировании ВВЭР, решаемые специалистами Курчатовского института.

Ключевые слова: атомная энергетика, стратегия развития, ВВЭР, активная зона, безопасность.

УДК 621.039.518.4

Развитие программы физического пуска для энергоблоков ВВЭР-1200

С.В. Цыганов, Ю.А. Крайнов, А.А. Грибов,

НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1

В мае 2016 г. энергоблок № 1 Нововоронежской АЭС-2 с первой реакторной установкой ВВЭР-1200 поколения 3+ впервые достиг критического состояния, осуществлён физический пуск энергоблока. НИЦ “Курчатовский институт” выполнял функции научного руководителя пуска головного энергоблока с реакторной установкой ВВЭР-1200 на Нововоронежской АЭС-2, а также энергоблоков Белорусской АЭС. В настоящее время введены в эксплуатацию пять энергоблоков ВВЭР-1200, в ходе пуска которых использован опыт, полученный при подготовке и проведении физических испытаний на первых подобных энергоблоках.

Настоящая статья посвящена особенностям подготовки и реализации программы физических испытаний на энергоблоках ВВЭР-1200, которую разработали и реализовали специалисты НИЦ “Курчатовский институт”.

Ключевые слова: ядерный реактор, ВВЭР-1200, физические испытания, методика обработки данных.

УДК 621.039.531:620.186.1

Тенденции деградации структуры сталей КР ВВЭР-1000, определяющей их работоспособность при сроке службы свыше 60 лет

Е.А. Кулешова,

НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1,
НИЯУ “МИФИ”, 115409, Москва, Каширское шоссе, д. 31,

С.В. Федотова, Д.А. Мальцев, А.А. Потехин,

НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1

Рассмотрены изменения структурного состояния сталей корпусов реакторов (КР) ВВЭР-1000 при продлённом сроке службы в течение 60 лет и более. Проведён комплексный анализ имеющихся экспериментальных данных об изменениях структурного состояния материалов КР при облучении. Приведены расширенные дозовые зависимости темпа накопления радиационно-индуцированных элементов структуры и зернограничной сегрегации фосфора. Продемонстрирован характер изменения прочностных характеристик и критической температуры хрупкости материалов КР вследствие облучения. На основе изучения тенденций изменения объёмной плотности и средних размеров радиационно-индуцированных элементов структуры, радиационных дефектов и механизмов радиационного охрупчивания сделана предварительная оценка срока службы сталей действующих КР в зависимости от содержания в них никеля.

Ключевые слова: стали корпусов реакторов, нейтронное облучение, фазовый состав, зернограничные сегрегации, радиационные дефекты, радиационно-индуцированные преципитаты, просвечивающая электронная микроскопия, атомно-зондовая томография.

УДК 621.039;621.039.524.441;621.039.526

Развитие технологии ВВЭР на базе энергетических реакторов с легководным теплоносителем сверхкритических параметров

П.Н. Алексеев, А.А. Ковалишин, А.А. Седов, Е.А. Андрианова, В.Ю. Бландинский, В.В. Колесов, Я.А. Котов, В.А. Невиница, С.Б. Пустовалов, С.С. Симонов, С.А. Субботин, П.А. Фомиченко, Б.И. Фонарёв,

НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1,
А.С. Чистов,

ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 603022, Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23,

А.Н. Шмелёв,

НИЯУ “МИФИ”, 115409, Москва, Каширское ш., д. 31

На основе результатов проведённых системных исследований показана роль энергетических реакторов ВВЭР-СКД в развитии легководного направления, а также их место в системе атомной энергетики (АЭ) и системе энергоснабжения России в целом.

Обоснована возможность создания воспроизводимой топливной базы для АЭ мощностью до 45 ГВт(эл.) на базе ядерных энергетических установок (ЯЭУ) ВВЭР-СКД без ввода в эксплуатацию перспективных реакторов-бридеров с избыточной наработкой нечётных изотопов плутония на уровне не менее 300 кг дел. Pu/год/ГВт(эл.) при стартовой загрузке по ^{239}Pu и ^{241}Pu не более 2—2,5 т/ГВт(эл.) и длительности внешнего ядерного топливного цикла не более 3 лет (Супер-БР).

Показана возможность создания АЭ мощностью до 100 ГВт(эл.) и более с сохранением воспроизводимой топливной базы на основе совместного использования ЯЭУ ВВЭР-СКД и ЯЭУ Супер-БР в замкнутом ядерном топливном цикле (ЗЯТЦ).

Приведены основные характеристики энергетического реактора и ЯЭУ ВВЭР-СКД, а также преимущества удельных показателей энергоблока атомной станции (АС) с реакторной установкой (РУ) ВВЭР-СКД по сравнению с аналогами. Проанализированы специфика нейтронной физики и теплогидравлики реактора, термомеханика твэлов, а также нейтронно-теплогидравлическая устойчивость контура РУ ВВЭР-СКД. Показаны основные направления научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, выполняемых в настоящее время в обоснование технологии ВВЭР-СКД.

Ключевые слова: легководный реактор, быстрый реактор, псевдопар, ВВЭР-СКД, МОКС-топливо, Супер-БР, система АЭ.

УДК 621.039.5

Реакторы РБМК. Прошлое, настоящее и будущее

В.Н. Бабайцев, Ю.И. Зорин, А.В. Краюшкин, А.М. Федосов, Ю.А. Тишкин,
НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1

Обсуждаются некоторые задачи физики и техники реакторов РБМК, которые приходилось решать за время эксплуатации, начиная с 1973 г., современное состояние реакторов и возможные перспективы их дальнейшей работы.

Ключевые слова: реакторы РБМК, 1-й блок ЛАЭС, паровой коэффициент, нестабильность полей, чернобыльская авария, уран-эрбиевое топливо, продление эксплуатации, искривление каналов, производство изотопов.

УДК 621.039;621.039.524.441;621.039.526

Развитие физико-технических основ технологии высокотемпературных газохлаждаемых реакторных систем

П.А. Фомиченко, А.В. Гроль, В.А. Невиница, А.А. Седов, А.Л. Баланин,
В.Ф. Бояринов, М.А. Агульник, В.В. Дегтярев, А.С. Иванов, Ю.А. Веселкин,
Д.Б. Степеннов, А.А. Бобров,
НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1

Представлены результаты части работ, проводимых НИЦ “Курчатовский институт” в развитие физико-технических основ технологии высокотемпературных газохлаждаемых реакторных систем.

Неотъемлемыми составляющими развития физико-технических основ технологии ВТГР являются совершенствование методического и программного обеспечения для расчётов в обоснование ядерно-физической части проекта и экспериментальные исследования, такие как изучение нейтронно-физических характеристик реакторов данного типа на критическом стенде, исследование герметичности образцов топлива, материаловедческие исследования образцов в процедурах контроля качества топлива. Ведение базы знаний по ВТГР обеспечивает консолидацию накопленного опыта и идентификацию отдельных критических технологий, а также используется при составлении и реализации планов технологических разработок, направленных на получение недостающих проектных данных.

Ключевые слова: высокотемпературный газохлаждаемый реактор, микросферическое топливо, расчётные и экспериментальные исследования, база знаний.

УДК 621.039

**Конструкционные материалы жидкосолевых ядерных реакторов:
проблемы и исследования**

*А.С. Абалин, С.С. Абалин, П.Н. Ивлиев, В.В. Игнатьев, К.С. Климов, А.С. Субботин,
А.И. Суренков, И.Н. Трунькин, В.С. Углов,*

НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1

Ввиду повышенного интереса к жидкосолевым ядерным реакторам (ЖСР) рассмотрена проблема выбора конструкционных материалов, непосредственно контактирующих с расплавами солей фторидов металлов, содержащих топливную добавку и продукты деления при температурах до 750 °С.

Представлены результаты ряда коррозионных испытаний перспективных составов высоконикелевых сплавов с топливной солью и промежуточным теплоносителем ЖСР, включая результаты, полученные на экспериментальных установках НИЦ “Курчатовский институт”.

Ключевые слова: жидкосолевой ядерный реактор, межкристаллитная коррозия, никель-молибденовые сплавы, топливная соль, продукты деления, теллур.

УДК 621.039

Термоядерный источник нейтронов как часть системы ядерной энергетики

*Е.А. Андрианова, В.Ю. Бландинский, В.Д. Давиденко, М.В. Кормилицын,
Д.С. Кузенкова, С.А. Субботин,*

НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1

В статье рассмотрены возможности термоядерного источника нейтронов с жидкосолевым бланкетом по обеспечению топливом реакторов деления на тепловых нейтронах в условиях уран-ториевого ядерного топливного цикла (ЯТЦ), а также сформулированы рекомендации по замыканию балансов по топливным нуклидам в ядерной энергетической системе с реакторами деления и синтеза.

Ключевые слова: легководный реактор, термоядерный источник нейтронов, торий, ядерный топливный цикл, жидкосолевой бланкет.

УДК 621.039.5

Работы в обеспечение энергетического пуска реактора ПИК

А.А. Иванов, М.А. Калугин, А.В. Краюшкин, Ю.М. Семченков,

НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1

Один из самых передовых научных комплексов Курчатовского института — исследовательский ядерный реактор ПИК в Гатчине Ленинградской области. Реактор предназначен для нейтронных исследований в области фундаментальной физики, а также для решения многих прикладных технических задач. В 2011 г. был проведён физический пуск реактора. Начиная с 2018 г. и по настоящее время ведутся работы по энергетическому пуску реактора. Этапы энергетического пуска включали выполнение большого комплекса расчётных, проектных, монтажных и наладочных работ с выводом реактора на мощность до 100 кВт и до 10 МВт. На 2023 г. запланированы работы по выполнению этапа энергетического пуска с новой активной зоной.

Ключевые слова: реактор ПИК, энергетический пуск, этапы, расчётное обоснование.

УДК 621.039.58.7

Прогнозная оценка общей массы и классификация РАО при выводе из эксплуатации блоков АЭС с реакторами ВВЭР-1000 и ВВЭР-440 в период до 2050 г.

Б.К. Былкин, Ю.А. Зверков, А.С. Колокол,

НИИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1,

И.И. Корнеев,

АО “ТВЭЛ”, 115409, Москва, Каширское ш., д. 49,

Е.А. Журбенко,

АО “Техснабэкспорт”, 115184, Москва, Озерковская наб., д. 28, стр. 3

В статье приведены основные итоговые результаты прогнозных оценок общей массы и классификации РАО при выводе из эксплуатации блоков АЭС с реакторами ВВЭР-1000 и ВВЭР-440, включённых в график вывода из эксплуатации в период до 2050 г. Эти оценки учитывают массовые показатели как активированных, так и поверхностно загрязнённых РАО, образующихся при выводе из эксплуатации блоков АЭС с реакторами указанного типа. Изложена методология прогнозных оценок массовых показателей активированных и поверхностно загрязнённых РАО. Приведены критерии классификации радиоактивных и нерадиоактивных отходов. Описаны расчётные и другие исходные данные, а также принятые приближения, использованные при выполнении прогнозных оценок.

Ключевые слова: АЭС с реакторами ВВЭР, вывод из эксплуатации, радиоактивные и нерадиоактивные отходы, активированные и поверхностно загрязнённые РАО, классификация отходов, массовые показатели, методология прогнозных оценок, расчётные и другие исходные данные, принятые приближения.