ИТОГИ 2022 ГОДА И ПЛАНЫ НА 2023 ГОД

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ СОЗДАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-СТЕНДОВОЙ БАЗЫ

КОМПЛЕКСНАЯ ПРОГРАММА «РАЗВИТИЕ ТЕХНИКИ, ТЕХНОЛОГИЙ И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НА ПЕРИОД ДО 2024 ГОДА»

I Федеральный проект «Инициатива социально-экономического развития «Новая атомная энергетика»

II Федеральный проект «Создание современной экспериментально-стендовой базы для разработки технологий двухкомпонентной атомной энергетики с замкнутым ядерным топливным циклом»

1 Передовая экспериментально-стендовая база. МБИР и ПРК 3

1.1 МБИР — дорога в будущее 3

1.2 Технические характеристики МБИР 6

1.3 Экспериментальные возможности МБИР 10

2 Темпы сооружения МБИР 13

3 Работы по обеспечению безопасной и эффективной эксплуатации реактора БОР-60 в течение продленного срока эксплуатации 15

III Федеральный проект «Разработка технологий управляемого термоядерного синтеза и инновационных плазменных технологий»

IV Федеральный проект «Разработка новых материалов и технологий для перспективных энергетических систем»

V Федеральный проект по отработке технологий серийного строительства энергоблоков АЭС

▲ Площадка строительства реактора МБИР, г. Димитровград

1/ ПЕРЕДОВАЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-СТЕНДОВАЯ БАЗА. МБИР И ПРК

Госкорпорация «Росатом» формирует мировой тренд развития двухкомпонентной ядерной энергетики на базе реакторов на тепловых и быстрых нейтронах с замыканием ядерного топливного цикла. Решение возникающих в связи с этим задач требует современной исследовательской инфраструктуры на базе исследовательских ядерных реакторов.

Следует отметить, что количество исследовательских реакторов во всем мире за последние 20 лет сократилось на 15% — теперь их 220. Среди них только российский БОР-60 (расположен на площадке Государственного научного центра — Научно-исследовательского института атомных реакторов (АО «ГНЦ НИИАР») в городе Димитровграде) предоставляет релевантные технические параметры для проведения испытаний внутриреакторных материалов и конструкций элементов активной зоны для реакторов на быстрых нейтронах.

Самый современный многоцелевой быстрый исследовательский реактор (МБИР) строится в городе Димитровграде Ульяновской области на базе ГНЦ НИИАР. МБИР призван сменить всемирно известный реактор БОР-60, который функционирует уже более полувека. Исследовательская ядерная установка (ИЯУ) МБИР с современной исследовательской инфраструктурой позволит обеспечить создание ядерных энергетических установок поколения IV.

Создание МБИР входит в комплексную программу «Развитие техники, технологий и научных исследований в области использования атомной энергии в Российской Федерации» (РТТН), утвержденную правительством РФ в 2020 году.

1.1 МБИР — ДОРОГА В БУДУЩЕЕ

На основе МБИР Россия создает самую современную исследовательскую площадку для проектов по исследованию и использованию ядерных технологий в мире.

СПРАВКА

ТРИ ЭТАПА ВНЕДРЕНИЯ ДВУХКОМПОНЕНТНОЙ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РФ

1. **Ближнесрочный этап (2020–2028 годы):** в дополнение к действующим энергоблокам БН-600 и БН-800 сооружается опытно-демонстрационный энергоблок БРЕСТ-ОД-300, а также разрабатывается головной коммерческий энергоблок БН-1200М. Реакторные испытания инновационных материалов и элементов для ядерно-энергетических систем поколения IV проводятся на ректорах БОР-60, БН-600 и БН-800.

2. **Среднесрочный этап (2028–2040 годы):** начало эксплуатации головного реактора БН-1200М и строительство и ввод в эксплуатацию коммерческого реактора БР-1200. Реакторные испытания инновационных материалов и макетов элементов для ядерно-энергетических систем поколения IV проводятся на исследовательской реакторной установке (ИЯУ) МБИР.

3. **Дальнесрочный этап (2040–2050 годы):** сооружение малой серии энергоблоков БН-1200. Реакторные испытания инновационных материалов и элементов для инновационных реакторных установок проводятся на ИЯУ МБИР.

▶ Доставка корпуса многоцелевого исследовательского реактора на быстрых нейтронах МБИР на производственную площадку ГНЦ НИИАР, г. Димитровград

СПРАВКА

Атомная энергетика — самый эффективный способ декарбонизации энергосистем, это зеленая энергия, по экологическим качествам не уступающая другим видам низкоуглеродной генерации. Помимо сокращения выбросов парниковых газов, ядерная энергия может помочь снизить уровень загрязнения воздуха за счет сокращения использования ископаемого топлива.

МБИР — это исследовательский реактор на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем тепловой мощностью 150 МВт и максимальной плотностью потока нейтронов $5{,}3 \times 10^{15}$ н/см$^{-2}$·с$^{-1}$. Физические характеристики МБИР наилучшим образом подойдут для проведения материаловедческих экспериментов, отработки новых технологий производства радиоизотопов и модифицированных материалов, испытаний топлива, новых теплоносителей и многого другого.

К моменту ввода реактора в промышленную эксплуатацию на его базе развернет работу Международный центр исследований (МЦИ) — мировой центр компетенций по быстрым реакторам. Вовлечение широкого числа участников, представляющих различные научно-технические школы, создаст синергетический эффект для всех партнеров проекта.

1.2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МБИР

Основное предназначение МБИР — проведение массовых реакторных испытаний инновационных материалов для ядерно-энергетических систем поколения IV, включая реакторы на быстрых нейтронах (БРЕСТ-ОД-300, БН-1200М, БР-1200), интегрированные в замкнутый топливный цикл наряду с тепловыми реакторами (ВВЭР), а также с реакторами малой и средней мощности РМСМ, такими как реактор КЛТ-40, установленный на ПАТЭС «Академик Ломоносов», обеспечивающей электрической и тепловой энергией город Певек Чукотского автономного округа.

Юрий ОЛЕНИН,
заместитель
генерального директора
Госкорпорации «Росатом»
по науке и стратегии

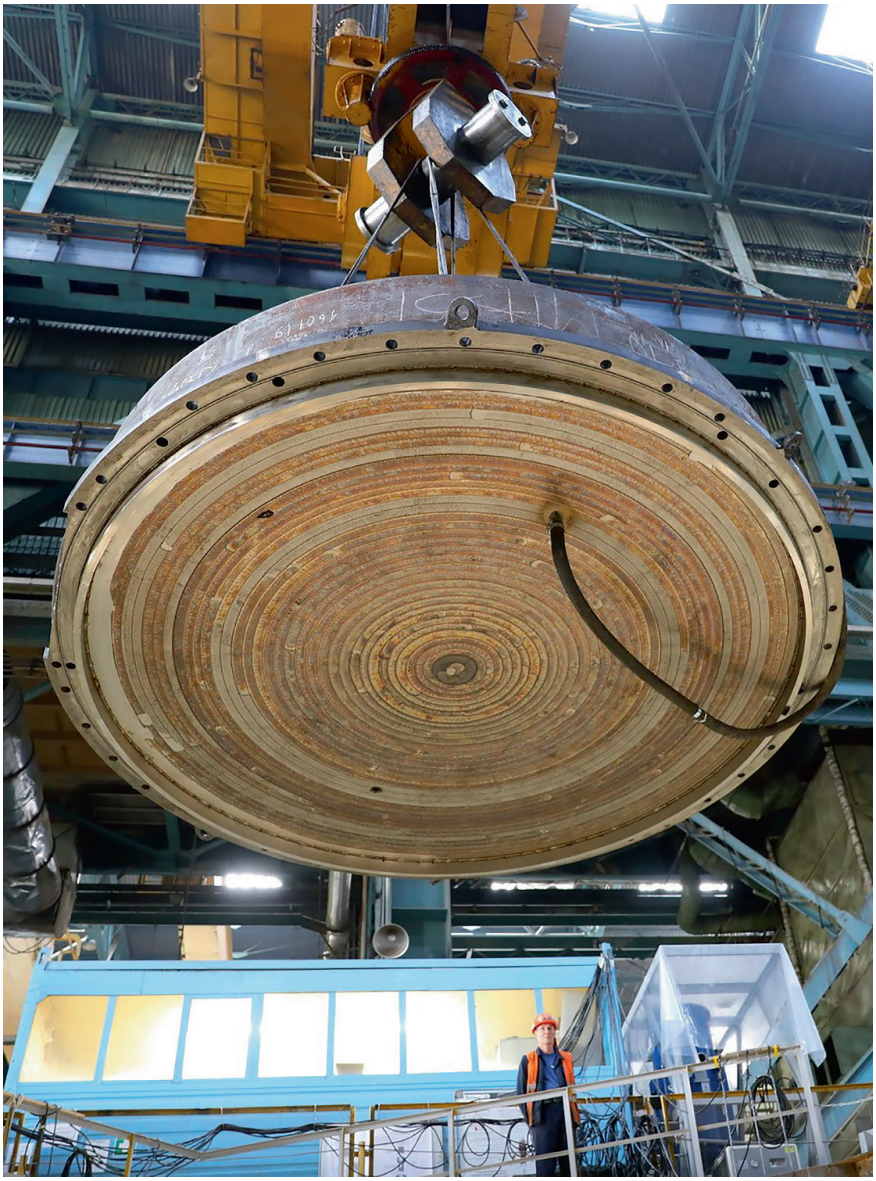
«РЕАКТОРНАЯ УСТАНОВКА МБИР СОЗДАЕТСЯ В ЦЕЛЯХ КОМПЛЕКСНОГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УСКОРЕННОГО РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ, ТЕХНОЛОГИЙ И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ. МБИР АБСОЛЮТНО НЕОБХОДИМ КАК КЛЮЧЕВОЙ, А ПО РЯДУ ПОЗИЦИЙ ЕДИНСТВЕННЫЙ ЭЛЕМЕНТ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ГОСКОРПОРАЦИИ «РОСАТОМ» ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАЗРАБОТКИ И ВЕРИФИКАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ «НОВОЙ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ» И «НИЗКОУГЛЕРОДНОГО РАЗВИТИЯ». СОЗДАНИЕ ЭТОЙ УНИКАЛЬНОЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ УСТАНОВКИ СЛУЖИТ ДОСТИЖЕНИЮ НАЦИОНАЛЬНЫХ ЦЕЛЕЙ В СООТВЕТСТВИИ С УТВЕРЖДЕННЫМ ПРАВИТЕЛЬСТВОМ ПЕРЕЧНЕМ ИНИЦИАТИВ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РФ ДО 2030 ГОДА»

В конструкцию МБИР заложены обширные экспериментальные возможности для проведения исследований по программам развития отечественной ядерной индустрии, а также выполнения работ для зарубежных заказчиков.

МБИР состоит из реакторной установки с двумя натриевыми контурами охлаждения и третьим пароводяным контуром, паротурбинной установки, транспортно-технологической системы, вертикальных и горизонтальных каналов. Расчетный срок службы — 50 лет.

Александр ТУЗОВ,
директор АО «ГНЦ НИИАР»,
первый заместитель генерального директора по производству и развитию технологий АО «Наука и инновации»

«УНИКАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ УСТАНОВКИ ПОЗВОЛЯТ ОБОСНОВАТЬ ТЕХНОЛОГИИ ДВУХКОМПОНЕНТНОЙ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И ЗАМЫКАНИЯ ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА. ОСНОВНОЕ ПРЕДНАЗНАЧЕНИЕ МБИР — ПРОВЕДЕНИЕ РЕАКТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ ИННОВАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ И ТОПЛИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ АКТИВНЫХ ЗОН ЯДЕРНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЧЕТВЕРТОГО ПОКОЛЕНИЯ, ВКЛЮЧАЯ РЕАКТОРЫ НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ И ТЕПЛОВЫЕ РЕАКТОРЫ МАЛОЙ И СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ»



◀ Проверка на герметичность корпуса МБИР, «Атоммаш»

С целью выполнения широкого спектра исследований проектом МБИР предусмотрено наличие автономных/независимых петлевых каналов для моделирования условий работы активных зон с различными теплоносителями (Na, Pb, Pb-Bi, He). Такие автономные петли позволят получить экспериментальные данные для определения пределов безопасной эксплуатации твэлов, а также их поведения и повреждения в условиях переменных нагрузок и превышения пределов безопасной эксплуатации в различных теплоносителях. Кроме того, с помощью автономных петлевых устройств может быть получена экспериментальная информация о поведении топлива в условиях тяжелых и запроектных аварий с повреждением оболочки, плавлением топлива, закипанием теплоносителя, а также при кризисе теплообмена и т.д. для верификации расчетных кодов.

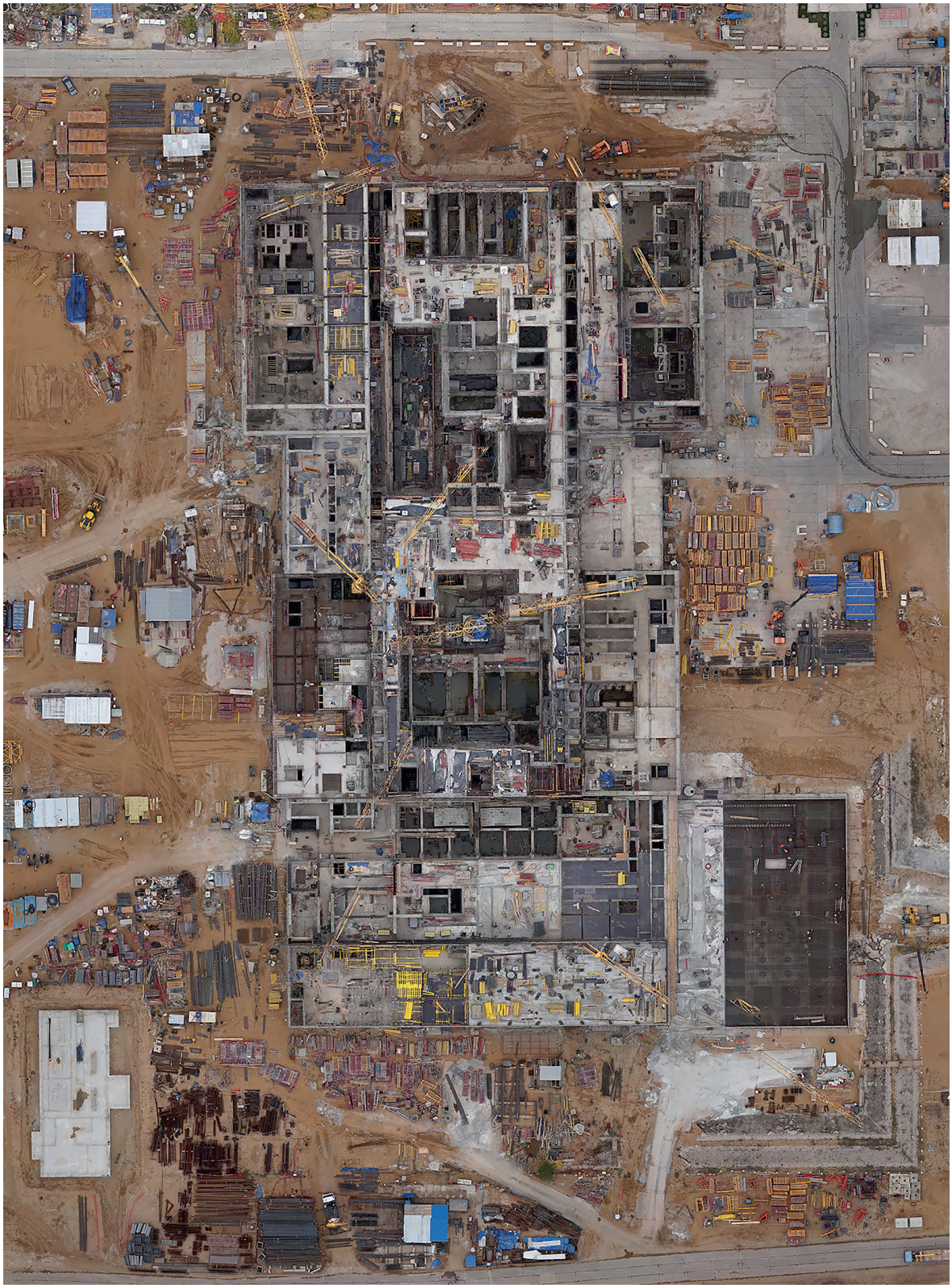
1.3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ МБИР

В первую очередь программа экспериментальных исследований, в том числе внутриреакторных, предполагает обоснование технологий замыкания топливного цикла (ЗЯТЦ) на экспериментально-технологическом уровне, а также обоснование использования конструкционных, топливных и поглощающих материалов для реакторов на быстрых нейтронах. Это потребует большого объема внутриреакторных исследований новых материалов и конструкций реакторных элементов в специальных экспериментальных устройствах и петлях, оборудованных современными средствами контроля и управления. Конструкционные материалы должны обеспечить надежную работу элементов активных зон по меньшей мере до достижения повреждающих доз до 170 сна, а в перспективе — и более высоких значений.

▲ Монтаж оборудования шахты реактора МБИР, г. Димитровград

Владимир ТРОЯНОВ,
научный руководитель
АО «ГНЦ РФ – ФЭИ»

«ФЕДЕРАЛЬНЫЕ НОРМЫ ТРЕБУЮТ, ЧТОБЫ ОСНОВНЫЕ ЧАСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ ЯЭУ ПРОХОДИЛИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНУЮ ОТРАБОТКУ И ПРОВЕРКУ В СООТВЕТСТВУЮЩИХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ. ПРИ ВЫСОКОПОТОЧНОМ НЕЙТРОННОМ ОБЛУЧЕНИИ ДОЛЖНЫ БЫТЬ ИСПЫТАНЫ ТОПЛИВНЫЕ КОМПОЗИЦИИ, КОНСТРУКЦИОННЫЕ, ПОГЛОЩАЮЩИЕ И ЗАМЕДЛЯЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ И Т.Д., ВЫПОЛНЕНЫ ТРЕБОВАНИЯ ПО ВИДАМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ, ТЕМПЕРАТУРЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТИ... ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО ДОЛЖНЫ БЫТЬ ПОДТВЕРЖДЕНЫ ПРОЕКТНЫЕ ПРЕДЕЛЫ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ. ЭТИ ИССЛЕДОВАНИЯ МОЖНО ВЫПОЛНИТЬ ТОЛЬКО С ПОМОЩЬЮ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ РЕАКТОРОВ. ВОТ ПОЧЕМУ МБИР НУЖЕН НЕ ТОЛЬКО РОССИИ, НО И СТРАНАМ, ОРИЕНТИРОВАННЫМ НА РАЗВИТИЕ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ»



▲ Строительная площадка корпуса ИЯУ МБИР, г. Димитровград

2/ ТЕМПЫ СООРУЖЕНИЯ МБИР

Плановый срок запуска экспериментальной программы на МБИР — 2029 год. Однако достигнутые за последние годы темпы строительства позволяют прогнозировать сокращение сроков сооружения.

На строительстве МБИР были досрочно выполнены ключевые этапы 2022 года, такие как:

- доставка корпуса реактора на площадку;
- завершение устройства фундамента турбоагрегата, бетонирования шахты реактора и выполнения строительных работ по возведению дренажной насосной станции.

Генеральный подрядчик строительства — АО «Институт Оргэнергострой» — успешно выполнил производственную программу 2022 года на 130%, таким образом поддерживая высокие темпы в течение трех лет подряд.

В апреле 2022 года на площадку сооружения МБИР доставили корпус реактора. Установка корпуса реактора в проектное положение была завершена в январе 2023 года.

Для обеспечения темпов сооружения применяются инновационные технологии и передовые управленческие практики. В частности, используются технологии BIM-моделирования, бережливого производства; система индексов изменения и достоверного определения сметной стоимости работ; инструменты комплексного дистанционного мониторинга: спутниковая съемка высокого разрешения, съемка с беспилотных летательных аппаратов, лазерное сканирование.

На основе отраслевой программы перспективных экспериментальных исследований на МБИР, утвержденной в 2021 году, продолжилось формирование международной программы исследований.

С этой целью был создан Консультативный совет МЦИ МБИР, в состав которого вошли ведущие российские и зарубежные эксперты атомной отрасли. В первом

заседании совета, состоявшемся в ГНЦ НИИАР в июле 2022 года, очно и в онлайн-формате приняли участие 56 ученых, экспертов и руководителей из более чем 13 ведущих научных центров России, Китая, Индии, Казахстана, Узбекистана и других стран, а также международных организаций МАГАТЭ и ОИЯИ.

Геннадий САХАРОВ,
директор по капитальным вложениям, государственному строительному надзору и государственной экспертизе Госкорпорации «Росатом»

«НА ДАННЫЙ МОМЕНТ МБИР — САМЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ СОВЕРШЕННЫЙ ПРОЕКТ В РОССИИ. ИМЕННО РОСАТОМ ВПЕРВЫЕ ПРИМЕНИЛ НА ТАКОМ МАСШТАБНОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ НАУЧНОМ ОБЪЕКТЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ, КОТОРЫЕ ПОЗВОЛЯЮТ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ПЛАНИРОВАТЬ ХОД СТРОИТЕЛЬСТВА»

3/ РАБОТЫ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОЙ И ЭФФЕКТИВНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕАКТОРА БОР-60 В ТЕЧЕНИЕ ПРОДЛЕННОГО СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ

Цели федерального проекта:

- обеспечение безопасной и эффективной эксплуатации реактора БОР-60 в течение продленного срока эксплуатации (до 31.12.2025);
- опытно-конструкторские разработки в обоснование технического перевооружения реактора БОР-60.

Итоги 2022 года:

- проведено обследование состояния защитных плит малой поворотной пробки реактора БОР-60;
- выполнен расчет прочности парогенератора ОПГ-1 с использованием современных методов оценки напряженно-деформированного состояния и целостности элементов;
- разработаны расчетные модели и подготовлены исходные данные для выполнения расчетов на прочность внутрикорпусных устройств (ВКУ) реактора БОР-60 с использованием современных аттестованных кодов и результатов материаловедческих исследований элементов активной зоны;
- проведено расчетное моделирование гидродинамических процессов для аварийной ситуации «Большая течь воды в натрий в парогенераторе» с использованием современных программных средств;
- выполнены расчеты на прочность главных циркуляционных насосов типа ЦНН-1 первого и второго контуров с целью оценки остаточного ресурса. Подготовлены технические мероприятия по обеспечению эксплуатации насосов;
- проведены материаловедческие исследования образцов, вырезанных из оборудования и трубопроводов РУ БОР-60, отработавших в течение длительного времени, с целью оценки состояния материала.

Задачи 2023 года:

- расчетно-экспериментальные исследования по определению расхода теплоносителя через ячейки активной зоны и бокового экрана;
- разработка частной программы обследования главного паропровода;
- обследование технического состояния главного паропровода с целью продления срока эксплуатации;
- постановка задач по расчету напряженно-деформированного состояния (НДС) внутрикорпусных устройств (ВКУ) реактора БОР-60 с учетом радиационного распухания и радиационно-термической ползучести;
- тестирование расчетных моделей НДС ВКУ реактора БОР-60 по коду ANSYS;
- материаловедческие исследования образцов аустенитной стали типа Х18Н10Т для уточнения зависимости распухания от флюенса и температуры.

В рамках проекта по техническому перевооружению перевооружение опытного реактора на быстрых нейтронах тепловой мощностью 60 МВт.

РОСАТОМ