

Реактор BOR-60 вступил в строй

В декабре 1969 г. в Научно-исследовательском институте атомных реакторов в Мелекесе осуществлен энергетический пуск опытного реактора на быстрых нейтронах BOR-60. Подтверждены основные расчетные характеристики реактора, что позволило приступить к постепенному освоению проектных возможностей этого важного для дальнейшего развития атомной науки и техники аппарата.

Основное назначение реактора BOR-60 — обоснование и экспериментальная проверка технических и технологических решений, которые закладываются в проекты современных АЭС с быстрыми реакторами и, в первую очередь, проведение массовых испытаний твэлов различных конструкций и топливных композиций в условиях эксплуатации.

Реактор BOR-60 корпусного типа. Схема его охлаждения — двухпетлевая, трехконтурная. Теплоноситель первого и второго контуров — натрий, третьего — вода и пар. Тепло от реактора по двум петлям передается через два промежуточных теплообменника теплоносителю второго контура, а затем в двух парогенераторах — теплоносителю третьего контура. Параллельно парогенераторам подключен воздушный теплообменник. С его помощью от реактора можно при необходимости отвести более половины его мощности.

Максимальный расход натрия через реактор составляет $1200 \text{ м}^3/\text{ч}$ при температуре его на входе в реактор $360\text{--}480^\circ\text{C}$, на выходе — до 600°C , что позволяет получать в парогенераторах пар давлением 100 атм и температурой $520\text{--}540^\circ\text{C}$. Максимальная суммарная производительность парогенератора составляет около 80 т/ч пара. Пар подается на турбину. Турбина (типа ПТ-12/90—10) — конденсационная с промежуточным отбором пара; электрическая мощность турбины 12 Мвт. Предусмотрена работа парогенераторов на технологический конденсатор. В этом случае максимальная отдаваемая мощность составляет 25—30 Мвт.

Технологический конденсатор и конденсатор турбины охлаждаются технической водой, циркулирующей через градирню с принудительным охлаждением.

Соответствующим размещением оборудования обеспечивается аварийное расхолаживание реактора за счет естественной циркуляции по первому, второму и третьему контурам.

Собственно реактор представляет собой корпус с заключенными в нем внутрикорпусными устройствами и активной зоной, закрытый сверху поворотными пробками. Корпус — сварная цилиндрическая обечайка из нержавеющей стали с эллиптическим днищем высотой 6165 мм, диаметром 1400 мм и толщиной стенки 20 мм. Теплоноситель подается в реактор через нижний патрубок, а выходит через два верхних боко-

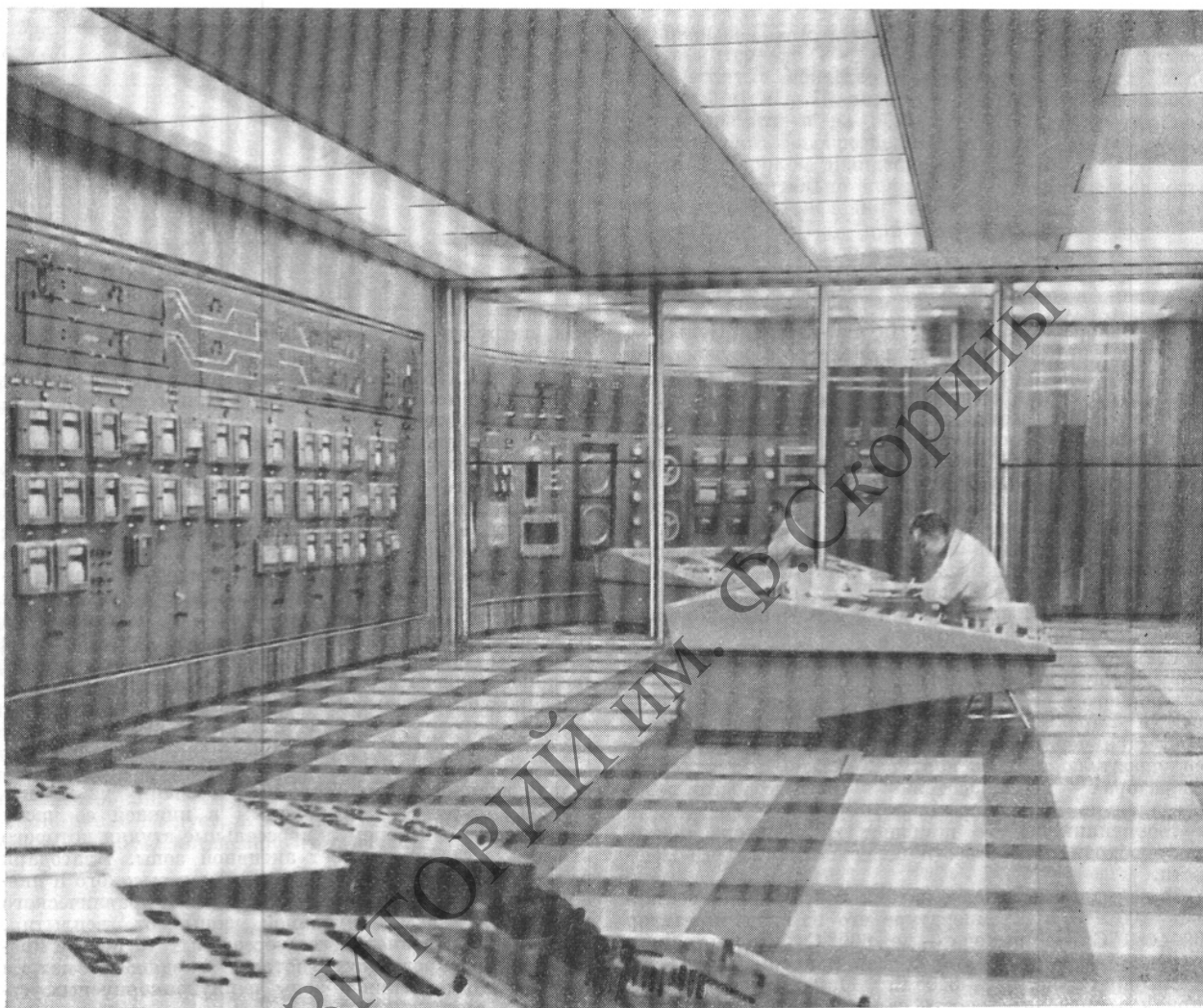
вых патрубка диаметром 300 мм. Корпус реактора снаружи заключен в кожух толщиной 12 мм, который служит для сбора теплоносителя в случае нарушения целостности корпуса и для циркуляции горячего воздуха при разогреве корпуса. В верхней части корпуса находится эксцентрично расположенные большая и малая поворотные пробки. В малой поворотной пробке имеется загрузочное отверстие с направляющей трубой, которая с помощью специальной системы наведения может устанавливаться над любой точкой активной зоны. Пробки представляют собой набор слоев стали, чередующихся с теплоизоляционными прокладками и графитом. Уплотнение поворотных пробок гидравлическое (сплав Sn — Bi) и механическое (резиновые прижимные кольца). Поворотные пробки снабжены термомпарами для контроля температуры теплоносителя на выходе из кассет. На малой поворотной пробке установлены сервоприводы СУЗ и переходная коробка, предназначенная для стыковки перегрузочной машины с реактором.

В корпус реактора вставляется корзина, представляющая собой многослойную обечайку из нержавеющей стали с закрепленным в нижней ее части напорным коллектором, в дроссельные втулки которого входят хвостовики кассет активной зоны. Благодаря наличию в напорном коллекторе камер высокого и низкого давления применяется способ гидравлического удержания кассет активной зоны от всплытия, а с помощью специальных дроссельных устройств происходит распределение потока входящего натрия по элементам активной зоны и внутрикорпусных устройств.

Напорный коллектор имеет 265 втулок, которые позволяют установить такое же число кассет. Из них семь кассет СУЗ, одна — термометрическая, остальные — кассеты активной зоны и бокового экрана. Конструкция дроссельных втулок напорного коллектора и хвостовиков кассет позволяет обеспечить необходимый расход теплоносителя через каждую кассету активной зоны.

Активная зона и боковой экран набираются из одинаковых по внешнему виду шестигранных стальных кассет с шагом 45 мм. В каждой кассете активной зоны (число их равно 80—100 шт.) размещены 37 твэлов с оболочкой из стали ОХ16Н15МЗВ диаметром $6,0 \times 0,3 \text{ мм}$. В качестве горючего на первом этапе работы реактора используется двуокись обогащенного до 90% урана.

В верхней и нижней частях активной зоны (высота которой равна 40 см) расположены торцовые экраны толщиной по 10 см из окиси обедненного урана. Для сбора газообразных продуктов деления твэлы активной зоны имеют газовые полости. Боковая поверхность активной зоны окружена стальным экраном. За боко-



Пульт управления реактора BOR-60.

вым экраном располагается противорадиационная стальная защита корпуса реактора.

Максимальное проектное выгорание горючего 10%; максимальная удельная мощность активной зоны 1100 кВт/л. , при этом максимальный поток быстрых нейтронов равен $3,5 \cdot 10^{15} \text{ нейтр/см}^2 \cdot \text{сек.}$ Время достижения максимального выгорания в центре активной зоны при максимальном тепловыделении составит около 330 сут.

Реактор, окруженный тепловой и биологической защитой в виде стали, чугуна, закиси железа, тяжелого бетона, графита и минеральной ваты, размещается в специальной шахте. Оборудование первого контура, состоящее из двух вертикальных центробежных насосов с двигателями постоянного тока и промежуточных теплообменников с плавающей головкой, соединенных между собой трубопроводами, располагается в герметичных облицованных боксах I контура, заполненных циркулирующим азотом.

На выходе из реактора на каждой петле установлено по одной клиновой задвижке, а на входе — обратный клапан и вентиль с сильфонным уплотнением. Конструкция и размещение арматуры позволяют ремонтировать ее без особых осложнений.

Оборудование II контура включает в себя два циркуляционных насоса (аналогичных насосам I контура), два парогенератора с буферными емкостями, воздушный теплообменник, арматуру и трубопроводы. Парогенераторы — прямоточного типа. Один змеевиковый, другой — моделирует парогенератор АЭС большой мощности. На случай аварии, связанной с разрывом трубок парогенератора, предусмотрена система локализации и сброса продуктов химической реакции, состоящая из мембранного разрывного устройства, сепарирующей емкости и бака — расширителя.

Основным конструкционным материалом оборудования и трубопроводов I и II контуров является нержавеющей сталь IX18H9. Особенностью кон-

струкции трубопроводов II контура является применение сдвиговых компенсаторов, позволяющих произвести более плотную компоновку оборудования II контура. Для разогрева трубопроводов и оборудования I и II контуров предусмотрен электрообогрев. Схема и оборудование III контура аналогичны применяемым на обычных ТЭС.

Контроль за параметрами и состоянием теплоносителя осуществляется с помощью дискретных индукционных уровнемеров, термопар и магнитных расходомеров.

ПЕРЕГРУЗКА горячего производится машиной РЗМ. Перегрузочный канал малой поворотной пробки устанавливается над пужной кассетой. Затем происходит стыковка контейнера перегрузочной машины с переходной коробкой. Кассета зацепляется перегрузочной штангой и втягивается в контейнер. После чего происходит транспортировка его на обмывку (парогазовую или свинцовую) и выдержку. После выдержки кассета в чехле транспортируется в помещение наклонной тележки, а оттуда — в бассейн с водой на длительное хранение.

Реактор БОР-60 обладает широкими возможностями для проведения материаловедческих и радиационных испытаний. Предусмотрена возможность установки экспериментальных кассет непосредственно в активную зону реактора, а образцов — в вертикальные экспериментальные каналы (9 шт.), расположенные во внешней защите реактора. Восемь каналов имеют диаметр 100 мм, а один — 300 мм.

Реактор имеет также два горизонтальных пучка (радиальный и тангенциальный) для проведения исследований по физике твердого тела. Радиальный пучок снабжен бериллевым рассеивателем. Кроме того, имеются две натриевые и две газовые спектрометрические петли для изучения накопления продуктов деления в теплоносителе и миграции изотопов по контуру, а также анализа выходящих из негерметичных твэлов газообразных продуктов деления.

Сооружение и пуск реактора БОР-60 является большим успехом советских ученых и инженеров, хорошим подарком к столетию со дня рождения В. И. Ленина.

Е. И. КАРЕЛИН, Б. Н. КОВЕРДЯЕВ

Научно-техническая конференция по ядерному приборостроению

В сентябре 1969 г. в Москве была проведена конференция специалистов стран-членов СЭВ по повышению технического уровня радиоизотопной аппаратуры, высокоточных приборов для ядернофизических исследований и организации централизованных систем обработки данных физических экспериментов в ядерных центрах, в которой приняло участие около 160 специалистов.

На пленарных заседаниях были заслушаны и обсуждены обобщенные доклады: о состоянии и перспективах ядерного приборостроения (ВНР, ГДР, ПНР, СРР, СССР и ЧССР), о методах повышения технического уровня аппаратуры (ПНР, СССР), о результатах последних разработок радиоизотопных приборов (ГДР, ВНР, СССР), о главных направлениях в развитии измерительных центров для физических исследований (ВНР), о стандартизации и унификации аппаратуры (ПНР), о технической эстетике и практике художественного конструирования в ядерном приборостроении (СССР).

На конференции работало четыре секции. На секции «Электроннофизическая аппаратура» было заслушано и обсуждено около 20 докладов. Основное внимание в докладах уделялось построению измерительных систем, отдельных блоков и устройств микросекундного и наносекундного диапазона, а также обсуждались вопросы унификации блоков детектирования на сцинтилляционных и газоразрядных счетчиках, разработки некоторых типов радиометрических и дозиметрических приборов.

На секции «Радиоизотопное приборостроение» было представлено более 10 докладов, в которых отражено состояние и тенденции развития этой отрасли приборостроения в странах СЭВ, в том числе вопросы прогно-

зирования экономически целесообразных направлений развития, стандартизации и унификации, а также создания комплексной системы радиоизотопных приборов.

На секции «Централизованные системы обработки данных физических экспериментов» заслушано около 25 докладов, в которых главное внимание уделялось автоматизации сбора и обработки информации с помощью цифровых вычислительных машин, вопросам улучшения параметров измерительных устройств и применения интегральных микросхем. Отмечалась также перспективность широкого применения цифровых машин с быстродействием 1—2 мксек, числом слов не менее 4000 и длиной слова 16—18 бит, простым и широким математическим обеспечением и развитой логикой.

На секции «Полупроводниковые детекторы» было представлено более 15 докладов, посвященных конструированию и технологии изготовления полупроводниковых детекторов, разработке методов определения параметров исходного материала и исследованию их взаимосвязи с техническими характеристиками детекторов, радиационной стойкости и практическому использованию детекторов. Основное внимание было уделено совершенствованию технологии изготовления детекторов с целью увеличения эффективных площадей и толщин, повышению энергетического разрешения, стабильности и надежности их работы. Интерес представляли сообщения о детекторах, созданных на основе карбида кремния и теллурида кадмия.

Материалы конференции предполагается издать в 1970 г.

Н. А. ШЕХОВЦОВ