

Советско-французский семинар по диагностике активной зоны и безопасности быстрых реакторов

Семинар был проведен в Кадараше 9—14 июня 1974 г. Члены советской делегации посетили реактор «Рапсодия», АЭС «Феникс» и натриевые стенды Кадараша. На семинаре были рассмотрены вопросы общего подхода к проблеме безопасности быстрых реакторов с натриевым охлаждением; конструктивно-проектные и эксплуатационные меры контроля за состоянием активной зоны; последствия разгерметизации твэлов; методы индикации разгерметизации и оперативного определения дефектных пакетов; особенности эксплуатации реакторов при наличии негерметичных твэлов; методы обнаружения дефектных твэлов с помощью маркированных газов; системы и средства быстрого сбора и обработки информации и управления реактором и ряд других. С большим интересом были встречены доклады советских ученых, особенно об опыте эксплуатации и экспериментальных исследованиях на БР-10, БОР-60, БН-350 и разработках вопросов обнаружения дефектных пакетов. Интересные доклады были представлены французской стороной.

Реактор «Супер-Феникс». КАЭ Франции уделяет серьезное внимание разработке и обоснованию проекта мощного быстрого реактора «Супер-Феникс» электрической мощностью 1200 Мвт. Закончен и находится в стадии согласования с промышленностью технический проект. Начало строительства намечено на 1975 г., пуск — на 1980 г. В результате длительных обсуждений различных концепций компоновки оборудования первого контура французские ученые и инженеры окончательно остановились на интегральном варианте. Одно из основных преимуществ этого варианта — существенно более удовлетворительное решение вопросов безопасности.

Наиболее важные особенности «Супер-Феникса», отличающие его от «Феникса»:

1. Исключение пантографа (складывающейся руки) и переход на прямой механизм перегрузки; основной причиной такого перехода считается вероятность возникновения больших усилий при выгрузке вследствие распухания конструктивных материалов.

2. Исключение графита из верхних концевиков пакетов и внутрибактовой защиты из-за опасений разгерметизации элементов защиты, взаимодействия графита с натрием и науглероживания реакторных материалов.

3. Изменение принципов конструкции верхней крышки реактора и введение в связи с этим специальной изоляции этой крышки со стороны аргонной подушки; изоляция представляет собой плоский «пакет», спрессованный из многих сеток (из нержавеющей стали), облицованный листовой сталью; изоляция прошла успешные испытания на натриевых стендах.

4. Принципиальный переход от микромодульных парогенераторов к корпусным тепловой мощностью ~ 750 Мвт каждый (один на петлю). Разрабатывается два типа парогенераторов: с витыми трубками из инколлой (испаритель и перегреватель в одном корпусе) и прямыми трубками с разделенными корпусами для испарителя (трубки из кроля) и перегревателя (трубки из стали 316). Модели парогенераторов испытываются на стенде испытаний парогенераторов и стендах для исследования малых и больших утечек воды в натрий. Основными причинами такого принципиального перехода от микромодульных парогенераторов к корпусным

считаются технологическая сложность эксплуатации и большая стоимость первых.

5. Введение автоматического регулирования (как известно, на «Фениксе» осуществляется ручное управление установкой).

Реактор «Феникс». Во время посещения советской делегацией АЭС работала на номинальной мощности с выдачей пара номинальных параметров. За время работы установки было 24 срабатывания активной зоны на различных уровнях мощности. Как правило, сигналы на срабатывание были ложными.

В эксперименте по расхолаживанию реактора с помощью естественной циркуляции воздуха через внутрикожуховое пространство парогенераторов была снята мощность ~ 9 Мвт. Эксперименты по исследованию распределения температур в реакторе показали, что отношение среднего (по рабочим пакетам) подогрева в активной зоне к подогреву в реакторе в целом равно 1,15. Из определения распределений температур по корпусу реактора (примерно по 30 термопарам) видна равномерность по углу распределения теплоносителя, идущего на охлаждение корпуса. Как показали экспериментальные исследования, на «Фениксе» нет гидродинамических эффектов реактивности. Поскольку давление в реакторе существенно изменить нельзя, отсутствие барометрических эффектов установлено косвенно.

Контроль за состоянием активной зоны осуществляется следующим образом:

1. Для пакетного контроля температур установлено по две термопары над каждым из пакетов, расположенных в кожуховой трубке диаметром около 12 мм; в случае необходимости они могут быть заменены. Термопары работают хорошо. Выходов из строя не было. Считывание показаний термопар, их обработка с вычислением необходимых параметров и сравнением последних с установленными пределами проводятся с периодом в 3 сек с помощью двух вычислительных машин. Предусмотрено формирование соответствующих аварийных сигналов. Постоянная времени термопар ~ 4 сек. Над головками каждого из рабочих пакетов на расстоянии ~ 100 мм имеется трубка диаметром 20 мм, по центру которой и расположена кожуховая трубка для термопары. Через трубку диаметром 20 мм отбирается натрий на систему, контролирующую целостность оболочек твэлов. Натрий отводится по трубке диаметром ~ 8 мм. Система контроля расположена в специальной пробке; натрий подается на двухступенчатый распределитель проб, позволяющий отбирать их тремя способами: смешанную пробу от всех пакетов, пробу от любых трех пакетов, пробу от любого пакета. За распределителем (под слоем натрия) установлен электромагнитный насос, который направляет натрий к детектору западающих нейтронов. Время доставки пробы натрия до детектора около 10 сек; время измерений одной позиции 2 сек; на проверку всей активной зоны по три пакета затрачивается 47—60 мин.

2. Для акустического контроля на «Фениксе» предусмотрено 24 гнездо, в 11 из которых уже вставлены волноводы. Металлический волновод имеет открытый нижний торец; на верхнем торце закреплен датчик и усилитель. Волновод установлен в кожух, который внизу приваривается к волноводу так, что открытым остается только торец; в верхней части (выше крышки

реактора) кожух соединяется с волноводом через уплотнение. Пространство между волноводом и кожухом заполнено инертным газом. Таким образом, все поперечные возмущения от натрия и конструкций «гасят» кожухом. После окончания экспериментов на «Рапсодии» акустическая система «Феникса» будет введена в действие.

3. Предусмотрен контроль реактиметром и аварийный сигнал при отклонении реактивности на величину $10^{-4} \Delta k/k$. Эта установка будет, по-видимому, изменена, поскольку опыт показал, что при отключении одного насоса защита срабатывает, хотя необходимости в этом нет.

Подход к оценке и обеспечению безопасности АЭС с быстрыми реакторами. Основные моменты, на которые обращено первоочередное внимание (в частности, для «Супер-Феникса»), следующие:

1. Система защиты должна состоять из двух независимых систем, каждая из которых действует на полуволну стержней СУЗ, т. е. пространственно должны быть разделены все цепи, блоки и питание. Реактор должен останавливаться за время не более 1 сек и поддерживаться в подкритическом холодном состоянии при отсутствии срабатывания одной из систем.

2. Необходимо предусматривать кожух безопасности вокруг корпуса аппарата, позволяющий инспектировать состояние корпуса, но в то же время не позволяющий натрию опускаться в аппарате ниже верха активной зоны и выхода на промежуточный теплообменник. Остаточное тепловыделение должно сниматься несколькими независимыми путями.

3. Защита от аварий в активной зоне должна основываться на индивидуальном детектировании аварий в каждом пакете, глобальном детектировании зоны, корреляции между двумя типами сигналов. Минималь-

ный требуемый контроль предусматриваем по интегральным параметрам наблюдение за реактивностью, контроль по запаздывающим нейтронам, по активности продуктов деления в газовой подушке реактора, акустическое детектирование кипения; по индивидуальному контролю — по две термпары на выходе из каждого пакета; контроль по запаздывающим нейтронам на выходе каждого из пакетов. На «Супер-Фениксе» предполагается добиться уменьшения постоянной времени термпар и ввести дополнительно устройство вычисления баланса реактивности.

4. Боксы должны быть рассчитаны на удержание результатов взрыва и распыления зоны. В «Супер-Фениксе», например, максимальное уплотнение активной зоны в результате потери электроснабжения насосов и одновременного отказа аварийной защиты (поступаемая максимально возможная авария) приводит к вводу реактивности 60 долл/сек. Бокс первого контура содержит в себе основной корпус реактора и корпус безопасности, а также металлическую герметичную «крышу», которые выдерживают давление 3 атм. Для удержания радиоактивности в случае разуплотнения «крыши» реактора сверху имеется герметичный металлический колпак.

5. Для предотвращения горения радиоактивного натрия требуются два герметичных прочных барьера между натрием и воздухом; кроме того, все контуры с натрием должны размещаться в инертной среде.

6. При сейсмическом толчке интенсивностью n установка не должна испытать никаких повреждений, а при $n + 1$ должна обеспечиваться ядерная безопасность (для «Супер-Феникса» $n = 7$).

7. Для предотвращения опасных последствий падения самолета предусматривается бетонная защитная оболочка вокруг защитных кожухов (см. пункт 4).

БАГДАСАРОВ Ю. Е.

Совещания и семинары В/О «Изотоп»

Семинар-выставка «Применение изотопов и радиоизотопной техники в пищевой, текстильной и машиностроительной промышленности» проведен в Смоленске 24—25 апреля 1974 г. Московским межобластным отделением В/О «Изотоп» совместно с Центром научно-технической информации Смоленска. С докладами выступили представители 10 промышленных предприятий и научно-исследовательских институтов. На выставке демонстрировались образцы изотопной продукции, радиоизотопной техники и радиационно-защитного оборудования.

выпускаемых радиоизотопных приборов в строительном производстве.

Участники семинара ознакомились с внедрением радиоизотопных методов оперативного контроля качества уплотнения грунтов в основаниях зданий и сооружений на строительных объектах комбината «Ворошиловградтяжстрой», посетили Базовую изотопную лабораторию Госстроя УССР и головную строительную лабораторию треста «Ворошиловградтяжспецстрой». Семинар сопровождался показом специальных кинофильмов; экспонировались радиоизотопные и электронно-физические приборы, поставляемые В/О «Изотоп».

Пятая уральская научно-практическая конференция по использованию радиационной техники в медицине состоялась в мае 1974 г. в Свердловске. На конференции работало шесть секций: техника радиологии, экспериментальная радиология, клиническая радиодиагностика, применение изотопов в эндокринологии, применение изотопов в онкологии и гематологии, применение радиационной техники в онкологии.

Семинар «Применение в проектных работах радиоизотопной техники для автоматизации технологических процессов», организованный Ташкентским межреспубликанским отделением В/О «Изотоп» и Казахским

Семинар «Радиоизотопные методы контроля и результаты их внедрения в строительное производство» организован в апреле 1974 г. в Ворошиловграде Киевским межреспубликанским отделением В/О «Изотоп» совместно с Украинским республиканским и Ворошиловградским областными управлениями НТО Стройиндустрии, Ворошиловградским филиалом НИИСП Госстроя УССР, Ворошиловградским межотраслевым территориальным центром научно-технической информации. В работе семинара приняли участие 86 представителей строительных предприятий, учреждений и ведомств Украины. Было заслушано и обсуждено 23 сообщения о промышленном применении серийно