

мощью полупроводниковых детекторов и измерение излучения плазмы на двойной электронно-циклотронной частоте на Т-10, а также исследования коэффициентов переноса и динамики примесей на ТФР-600. Предусматривается проведение совместных экспериментов по методике высокотемпературного нагрева плазмы на ТМ-4 (электронный нагрев) и установках «Петула» (магнитная накачка) и «Вега» (нижнегибридный резонанс).

Углубляется советско-французское сотрудничество в области опреснения, которое в ближайшие несколько лет будет осуществляться в рамках двух рабочих планов. По одному из них на советской опреснительной установке будет испытываться французский стимулятор капельной конденсации, улучшающий теплопередающие характеристики опреснительных аппаратов. В рамках другой совместной работы стороны проведут исследования опреснительных установок с горизонтально-трубными пленочными аппаратами.

Описанные выше примеры не исчерпывают всей тематики и форм советско-французского сотрудничества.

Протокол о сотрудничестве на 1978—1979 гг. между ГКАЭ СССР и КАЭ Франции, подготовленный на основе рабочих планов совместных работ, а также согласованных мероприятий по взаимному обмену опытом, участию в экспериментах сторон, обмену технической документацией, проведению двусторонних семинаров и встреч специалистов, предусматривает проведение за эти два года около 60 мероприятий в СССР и Франции, в которых будут участвовать около 300 французских и советских специалистов.

Таким образом, советско-французское сотрудничество в области мирного использования атомной энергии носит широкий, устойчивый и долгосрочный характер и является хорошим примером взаимовыгодного сотрудничества государств с различным общественным строем.

СЕМЕНОВ Б. А.

Конференции, совещания, семинары

Международная выставка и конференция по атомной промышленности «Nuclex-78»

Очередная выставка проходила в октябре 1978 г. в Базеле (Швейцария). Там же работала конференция по ядерной энергетике, на которой было представлено 118 докладов, распределенных по четырем секциям: быстрые реакторы-размножители и высокотемпературные газоохлаждаемые реакторы; технология топлива и переработка радиоактивных отходов; опыт эксплуатации АЭС; защита окружающей среды в условиях атомного производства.

С интересом на конференции были восприняты доклады советских специалистов, о чем можно судить по числу и тематике вопросов, заданных в ходе итоговых дискуссий. Вопросы касались капитальных затрат строящегося БН-600 и сроков его ввода, переработки топлива быстрых реакторов, международного сотрудничества СССР по быстрым реакторам, сроков строительства БН-1600 и др.

По просьбе французских специалистов в ходе дискуссии руководитель советской делегации Ф. М. Митенков в отдельном выступлении остановился на вопросах выбора петлевой и интегральной компоновок реакторной установки типа БН. На вопрос о том, можно ли сейчас, основываясь на опыте эксплуатации БН-350, английского PFR и французского «Феникс», ответить, в какой мере ремонтпригодность влияет на выбор компоновки реакторной установки, сказал, что в нашей стране имеется опыт эксплуатации БН-350 с петлевой компоновкой и опыт строительства БН-600 с интегральной компоновкой. Проведенный при разработке проекта БН-600 анализ показал, что в целом вопросы безопасности при интегральной компоновке решаются полнее и проще. В то же время ремонтпригодность может быть обеспечена при обоих вариантах компоновки. В ближайшие годы в стране будут эксплуатироваться оба типа быстрых реакторов, что даст возможность проверить эти решения.

Отвечая на вопросы советской делегации, французские специалисты объяснили отказ от использования в «Суперфениксе» модульного типа парогенерато-

ра, достаточно надежно работающего в «Фениксе», чисто экономическими соображениями. Максимальная теплонапряженность парогенератора «Суперфеникса» ожидается ~ 600 кВт/м² по сравнению с 560 кВт/м² парогенератора «Феникс».

Из докладов, представленных на конференции, можно сделать вывод, что за рубежом по-прежнему ориентируются на создание АЭС с быстрыми реакторами с натриевым охлаждением. Судя по сообщениям, Франция продвинулась в этом вопросе дальше других западных стран. Завершение сооружения «Суперфеникса» намечается на 1981 г., ввод в промышленную эксплуатацию — на 1983 г. Сейчас строительство прошло «нулевой» цикл.

Доклады о результатах работ, проводимых по проектам быстрых реакторов с гелиевым охлаждением, касались конструктивной, технологической и экспериментальной обработки твэлов и топливных кассет.

Более 20 докладов на конференции были посвящены созданию и эксплуатации высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов на тепловых нейтронах. В докладе о 10-летнем опыте эксплуатации AVR (ФРГ) отмечается, что коэффициент использования мощности в среднем за этот срок составил 0,76, в отдельные годы он достигал более 0,9. Активность теплоносителя существенно снизилась по сравнению с первыми годами работы, несмотря на то, что температура была повышена до 950 °С (против 750 °С). Ежегодный выброс радиоактивных благородных газов составил 20 и 25 Ки по тритию. Проведены исследования и даны результаты по миграции продуктов деления по контуру. В одном из докладов рассмотрен опыт работы АЭС «Форт-Сент-Врей» (США). Отмечаются имевшие место утечки гелия из контура, протечки трубок парогенератора, неполадки с системой уплотнения газодувки. Указывается на то, что реактор 80 сут проработал на мощности 70—80%. Выход продуктов деления в контур оказался ниже расчетного уровня. Представленный Францией проект реактора для АЭС мощностью

1200 МВт (эл.) основан на ранее известном проекте высокотемпературного газоохлаждаемого реактора фирмы «Дженерал атомик» (США) мощностью 1160 МВт. Он отличается более умеренной температурой газа на выходе из реактора (650 °С) и повышенным давлением гелия (70 кгс/см²). Принципиальная тепловая схема АЭС также претерпела изменения — исключен газовый перегрев пара. Эти решения аргументируются желанием упростить систему лицензирования на строительство АЭС. Подробно сообщалось о ННТ-600 (ФРГ) — опытно-промышленной АЭС с одноконтурной газотурбинной установкой ($N_{эл.} = 675$ МВт, $\eta_{эл.} = 41\%$, $T_{гел.} = 850$ °С). В основу разработанного проекта положены результаты эксплуатации опытной установки на 50 МВт (эл.) в Оберхаузене (огневой нагрев гелия, цикл аналогичный). Еще несколько докладов посвящено одноконтурной АЭС мощностью 1240 МВт (эл.), в том числе разработке конструкционных материалов, графита, воздушных градирен, теплообменников гелий — гелий, вода — гелий.

На конференции приводились результаты предварительной отработки высокотемпературного теплообменника гелиевой петли (Япония) на 1000 °С. Кроме того, в некоторых докладах содержались данные об исследовании совместности конструкционных материалов в среде чистого гелия, определении коэффициентов трения для различных материалов, теплопроводности изоляции, теплообмена, проницаемости водорода через стенки теплообменников, излагались основные проблемы создания корпусов из предварительнонапряженного железобетона для энерготехнологических и одноконтурных установок с газовой турбиной.

Из материалов по реакторам канального типа определен интерес представляет доклад об опыте эксплуатации и характеристиках топлива реакторов CANDU. На выставке был представлен макет этого реактора, отдельные узлы конструкции, приведены эксплуатационные характеристики АЭС с таким реактором. Отмечалась высокая надежность оборудования и преимущество реакторов канального типа в возможности перегружать топливо на ходу. Успешная отработка машинной перегрузки позволила довести коэффициент использования установленной мощности на четырех реакторах АЭС «Пикеринг» (Канада) до 90%.

Как в докладах, так и на представленных экспонатах выставки широко освещалось создание аппаратуры для измерения энерговыделения, дозиметрических приборов и построения информационно-измерительных и управляющих систем для АЭС. Отмечался прогресс в достижении хорошего качества аппаратуры в связи с применением электронно-вычислительной техники (особенно микропроцессоров). Высказывались мнения о необходимости дальнейшего развития работ в направлении повышения надежности приборов и систем контроля, увеличения чувствительности, динамического диапазона и долговечности детекторов. В качестве детекторов для информации о параметрах активной зоны реакторов предлагаются высокотемпературные

камеры деления, борсодержащие счетчики нейтронов, термопары, датчики акустических шумов.

В сообщениях о построении информационно-измерительных и управляющих систем отмечалось, что применение управляющих вычислительных систем (УВС) в ВВР развивается и будет развиваться, так как использование УВС позволяет оператору успешно управлять АЭС и уменьшает стоимость системы управления. Основные функции, выполняемые УВС в реальном времени, включают: расчет активной зоны; контроль и управление активной зоной реактора; отображение, сигнализацию и регистрацию событий; контроль работоспособности других систем. Расчет активной зоны состоит в получении трехмерного распределения мощности в активной зоне (с учетом эффектов Доплера и отравления ксеноном) на основе трехмерной модели активной зоны.

При построении УВС используются следующие основные концепции:

- иерархически-децентрализованная структура системы, обеспечивающая высокую гибкость и надежность;
- система высокого уровня (главная вычислительная система), обладающая высокой производительностью;
- применение цветных дисплеев для простой и эффективной связи «оператор — процесс»;
- построение системы ввода — вывода на микропроцессорах;
- максимальное применение стандартного оборудования;

- развитое математическое обеспечение с большим набором рабочих программ. Математическое обеспечение для контроля и управления активной зоной реактора в основном должно включать программы: управления стержнями и отображения их положения на дисплее; определения состояния реактора; вычисления корректировочных коэффициентов для внутризонных детекторов энерговыделения.

Были заслушаны сообщения о разделении изотопов урана, прогнозах развития ядерной энергетики, потребностях в уране и возможностях его производства в западных странах до 2000 г. Рассматривались также переработка отработанного топлива, обращение с ним, его транспортировка и хранение. Обсуждались радиологический контроль персонала и окружающей среды, противоречия в оценках дозовых нагрузок персонала, накопленный опыт по сбору низкоактивных жидкостей и возникшие вследствие этого уровни дозы облучения населения, защита водных систем от сброса охлаждающих вод. Приводились исходные данные и результаты расчетной оценки выбросов при нормальной работе и при гипотетических авариях реакторов с водой под давлением и с кипящей водой для типовых АЭС.

Международная выставка и конференция «Nuclex-78» отразили нынешний уровень развития ядерной энергетики и ее проблемы. Изучение материалов принесет пользу в практической деятельности специалистов в этой области.

ЧЕРКАШОВ Ю. М.