

кляшка», а также для геликоидального трубного пучка и двухстенной трубы с анализом расчетных уравнений теплообмена и их корреляций по результатам опытных работ на моделях, в частности в закризисной области. Уточненные формулы обеспечивают проведение тепловых расчетов с погрешностью  $\pm 5\%$ . Тем не менее запасы поверхности теплообмена приняты в CRBR для испарителя 42% и для пароперегревателя 30%. Это объясняется преднамеренно консервативным подходом к созданию парогенераторов первых поколений.

В докладах советских специалистов рассмотрены концентратометрические и акустические методы обнаружения течей, опыт эксплуатации системы индикации течей на BN-350 и расчетные оценки аварий при больших течах. Проанализирована конструкция «обратного» парогенератора на основе эксперимента с малой течью. Доклады США были посвящены исследованиям малых течей и процессу их саморазвития, разработкам систем обнаружения течей. Сообщалось об американской программе исследований больших течей, состоя-

щей из двух этапов: первый — исследования для парогенератора CRBR, второй — изучение больших течей для проектов перспективных конструкций. Программа включает проведение экспериментов на моделях большого масштаба. Отмечена хорошая сходимости советских и американских результатов исследования гидродинамических и температурных эффектов при больших течах. В экспериментах с малыми течами получены отличающиеся по времени саморазвития течи данные.

Советские специалисты посетили машиностроительный завод фирмы «Вестингауз» в Тампе по производству парогенераторов и компенсаторов объема для АЭС с LWR и ознакомились с изготовлением этого оборудования.

Присутствующие на семинаре специалисты отметили, что он носил конструктивный характер. Обсуждение технической информации имело взаимный интерес с точки зрения усовершенствования парогенераторов.

ТИТОВ В. Ф.

## Совещание международной рабочей группы МАГАТЭ по высокотемпературным реакторам

Совещание состоялось в сентябре 1978 г. в Вене. В нем участвовали специалисты из 13 стран и представители организации OECD/NEA. Программа совещания состояла из трех разделов:

сообщения о программах развития высокотемпературных реакторов (НТР) в мире;

обсуждение технических докладов по НТР, их применению и роли в ядерной энергетике;

решение организационных вопросов, касающихся подготовки и распределения протоколов и отчетов и планирования совещаний на 1979—1980 гг.

В докладах и сообщениях специалистов была дана информация о действующих, строящихся и проектируемых АЭС с НТР. Высокотемпературный реактор AVR (ФРГ) уже более 4 лет эксплуатируется при температуре гелиевого теплоносителя 950 °С. Отмечается надежная работа шаровых твэлов разных конструктивных и технологических вариантов, в том числе и предназначенных для первой загрузки прототипного реактора THTR. Намечаемый объем экспериментальных работ на AVR планируется завершить к 1983 г. THTR мощностью 300 МВт (эл.), строительство которого завершается в Шмехаузене, предполагается ввести в строй в 1981 г. В настоящее время завершен монтаж основного оборудования, изготовлен комплект шаровых твэлов для первой загрузки, сооружается защитная оболочка АЭС. Другой прототипный высокотемпературный реактор АЭС «Форт-Сент-Врейн» (США) мощностью 330 МВт (эл.) с твэлами блочного типа работает на мощности 70%. На нем установлены новые детекторы регистрации нейтронных потоков, температуры, давления. Выявляются причины возникновения флюктуаций температуры и давления гелия в различных зонах реактора, имевших место при работе на мощности 50—55%. В 1978 г. выявлены и устранены причины повышения влажности в контуре. Проверяются и подготавливаются различные системы и оборудование к выходу на проектную мощность.

Работы по НТР в некоторых экономически развитых странах в последние годы направлены на концент-

рацию усилий в области наиболее эффективного промышленного внедрения этого типа реактора. США по-прежнему рассматривают на первом этапе применение НТР для электроэнергетических целей. В отношении дальнейшего их внедрения фирма «Дженерал атомик» имеет поддержку Ассоциации по газоохлаждаемым реакторам (GCRA) и правительства. В настоящее время ведутся переговоры с электропроизводящими фирмами о заказах на серию АЭС с НТР мощностью по 900 и 1350 МВт (эл.), которые предполагается вводить в 1989—2000 гг. В отличие от АЭС «Форт-Сент-Врейн» в этих проектах применен электрический привод основных газодувок. Топливный цикл реакторов окончательно не выбран, исследования ведутся в следующих основных направлениях: 93%  $^{235}\text{U}/\text{Th}$  (HEU), 20%  $^{235}\text{U}/\text{Th}$  (MEU) и низкообогащенный урановый цикл (LEU). Освоение и внедрение замкнутого топливного цикла, включая химическую переработку и рефабрикацию твэлов, предполагается завершить в США к 1995 г.

Некоторые страны (СССР, Польша, Франция, Япония) значительное внимание уделяют энерготехнологическому использованию НТР для химической, нефтяной, металлургической и других отраслей промышленности. Программа Японии направлена на применение высокопотенциальной тепловой энергии в сталелитейной и химической промышленности. Ближайшая цель Японии по газоохлаждаемым реакторам — создание сверхвысокотемпературного опытного реактора (VHTR) мощностью 50 МВт (тепл.) при температуре гелия на выходе 1000 °С. Проектные работы закончены, строительство предполагается осуществить в 1979—1985 гг. В настоящее время работают над обоснованием безопасности, проводят сейсмические исследования, реакторные испытания блочных твэлов и конструкционных материалов. В СССР исследуют возможности использования тепловой энергии НТР для энерготехнологических процессов, связанных с производством различных энергоносителей и химического сырья. Рассматриваются такие процессы, как термоэлектри-

ческое производство водорода в замкнутом сернокислотном цикле разложения воды и производство аммиака на базе паровой каталитической конверсии метана. Ведутся работы над опытной энерготехнологической установкой с высокотемпературным реактором ВР-50 с гелиевым теплоносителем. В этом реакторе мощностью 50 МВт (эл.) предполагается применить шаровые твэлы. Разрабатываются проекты прототипных тепловых и быстрых реакторов мощностью 300—400 МВт (эл.). В Польше исследуют энерготехнологическое применение НТР, проявляя при этом основное внимание к газификации углей. Основным интересом во Франции сейчас является к НТР в связи с потребностью в высокотемпературной энергии для получения водорода из метана и использования его для газификации углей и производства тепловой энергии и пара для нефтяной промышленности.

В ФРГ предполагается использовать НТР как для электроэнергетики, так и для энерготехнологических процессов. Работы сконцентрированы на проектах демонстрационных станций, основанных на высокотемпературных реакторах с шаровыми твэлами: ННТ-600 для электроэнергетики с гелиевой турбиной мощностью 600 МВт (эл.) и воздушным охлаждением. Температура гелия на выходе из реактора 850 °С, КПД станции >41%; РНП-500 для производства технологического тепла мощностью 500 МВт (тепл.), температура гелия 950 °С. Этот реактор имеет два равных по мощности охлаждающих контура, один из которых предназначен для гидрогазификации бурого угля, второй — для комбинированной паровой и гидрогазификации каменного угля. Суммарная производительность АЭС по синтетическому газу  $\sim 70 \cdot 10^3$  м<sup>3</sup>/ч. Строительство обеих АЭС намечено осуществить в конце 80-х годов. В 90-е годы предполагается ввести несколько крупных коммерческих станций: ННТ-1200 мощностью 1200 МВт (эл.) и РНП мощностью 3000 МВт (тепл.).

Для обоснования направления НТР во многих странах в настоящее время осуществляется большой объем экспериментальных исследований:

проводятся реакторные испытания топлива и конструктивных материалов, создаются установки по химической переработке твэлов;

отрабатываются различные компоненты оборудования: корпуса из предварительно-напряженного железобетона, теплообменное оборудование, арматура и т. д.; испытываются на крупных стендах гелиевые турбины, горячие газопроводы, теплоизоляция; изучаются на опытных установках процессы паровой и гидрогазификации угля; изучается безопасность НТР и установок, предназначенных для энерготехнологических целей.

На совещании отмечалась важная роль быстрых реакторов-размножителей в развитии ядерной энергетики. Некоторые страны работают над двумя концепциями таких реакторов: с натриевым (LMFBR) и гелиевым теплоносителем (GCFR). Работы по GCFR ведутся в европейских странах, входящих в OECD/NEA, а также в СССР и США.

На совещании были определены условия подготовки протоколов и отчетов и их распространения среди стран, участвующих в деятельности по НТР. Были также обсуждены и рекомендованы совещания специалистов по наиболее актуальным аспектам НТР, проводимые в рамках МАГАТЭ на 1979—1980 гг. Среди них совещания по безопасности быстрых реакторов с гелиевым теплоносителем, по графиту, по использованию НТР для энерготехнологических целей и др. Участие в этих совещаниях позволит специалистам разных стран обменяться мнениями и обсудить конкретные технические проблемы.

В течение последних лет в связи со значительным объемом исследований по НТР некоторые страны (ФРГ, США, Швейцария, Япония, Франция и др.) заключили двух- и трехсторонние соглашения для совместного решения различных проблем. Это позволяет обмениваться опытом и тем самым сокращать затраты на исследования, проводить их в более короткие сроки. Международное сотрудничество по НТР в рамках МАГАТЭ также является важным условием для успешного развития этого направления, открывающего возможности широкого промышленного применения атомной энергии.

ГРЕБЕННИК В. Н.

## Международная конференция по нейтронной физике и ядерным данным для реакторов и других прикладных целей

Конференция состоялась в Харуэлле (Великобритания) в сентябре 1978 г. и являлась второй, проводимой в соответствии с рекомендацией Международного комитета по ядерным данным при МАГАТЭ, в которой указывалось на целесообразность замены одной большой конференции МАГАТЭ по данной теме с периодом проведения 4—5 лет ежегодными конференциями по 3-летнему циклу. Такая замена дает возможность ускорить обмен новыми идеями и данными, более тщательно и глубоко их обсудить при меньших затратах сил и средств. Общее число участников конференции составило 200 чел. из 31 страны; доклады (всего 130) представлялись на пленарных и двух параллельных секционных заседаниях.

Направленность конференции: нейтронные ядерные данные (потребности, измерения, оценки, интегральные эксперименты, расчеты по известным моделям) для

реакторов, в меньшей степени для термоядерных реакторов, системы гарантий, биомедицины и других прикладных целей.

Ядерные данные для реакторов охватывали не только традиционные области (расчет собственно реактора, его эксплуатация и безопасность), но и все другие звенья топливного цикла — накопление трансактиноидов и осколков, охлаждение, хранение и переработка облученного топлива, захоронение отходов. В ходе конференции неоднократно отмечался основной принцип, положенный в основу установления точности значений основных реакторных параметров: устранение дорогостоящих запасов на разных этапах реакторной технологии, которые необходимо вводить при предсказаниях значений этих параметров с меньшей погрешностью. Исходя из этого принципа английские специалисты, например, сформулировали следующие требо-