

реактор эксплуатироваться не будет из-за неэкономичности. Высокотемпературный реактор «Форт-Сент-Врейн», который длительное время после физического пуска не выводился на мощность из-за утечек гелия через циркуляторы, выведен на мощность 50%. Обсуждается возможность дальнейшего повышения мощности.

В докладе руководителя Международного института прикладного системного анализа В. Хефеле рассмотрены перспективы других применений атомной энергии, кроме получения электричества. Потребность в электричестве как в конечной форме энергии составляла в 1970 г. лишь 10% от всего энергопотребления в мире. Ожидается, что в 1985 г. эта цифра составит 14%, а в 2000 г. — 21%.

На пленарных заседаниях обсуждались также вопросы размещения АЭС, защиты окружающей среды, безопасности и защиты АЭС.

Наряду с традиционными проблемами безопасности

(уменьшением теплового и радиационного воздействия АЭС, выбором площадок) большое внимание было уделено защите АЭС от террористов. Возможность такого способа выведения АЭС из строя и последующего радиационного воздействия на окружающую среду и население рассматривается очень серьезно. Вероятно, острота постановки такого вопроса связана с противодействием развитию ядерной энергетики во многих капиталистических странах. Как бы подтверждением серьезности этой проблемы явилась диверсия (взрыв двух бомб) на одной из АЭС во Франции через несколько дней после окончания конференции.

Проведенная конференция, безусловно, была важным событием в международном сотрудничестве в области ядерной энергетики на новом этапе ее развития, который справедливо охарактеризован девизом «зрелость атомной энергии».

СИДОРЕНКО В. А.

Международный симпозиум по надежности атомных электростанций

С 14 по 18 апреля 1975 г. в Инсбруке (Австрия) проходил симпозиум МАГАТЭ по надежности АЭС. В работе симпозиума приняли участие 203 специалиста из 40 стран и восьми международных организаций. Было заслушано 48 докладов. Большая часть докладов (22 доклада) была посвящена методическим вопросам расчетов надежности и применению анализа надежности при проектировании систем АЭС. В докладах обсуждались способы расчета характеристик надежности при отсутствии достоверных статистических данных, приводились результаты анализа надежности систем, связанных с обеспечением безопасности АЭС: СУЗ, электроснабжения, аварийного расхолаживания и т. п. Во многих странах развиваются математические методы анализа надежности АЭС, разрабатываются программы расчета для ЭВМ. Единой проверенной методики расчета надежности АЭС в настоящее время пока нет. В связи с отсутствием достоверных статистических данных по оборудованию АЭС при анализе надежности рекомендуется применять статистические данные о соответствующем оборудовании для обычных электростанций. При проектировании АЭС необходимо не только качественное, но и количественное исследование всех систем и узлов АЭС с точки зрения надежности работы. Такой анализ позволит выбрать наилучший вариант схемы, определить критические компоненты, замена которых приведет к существенному росту показателей надежности АЭС в целом. Таким образом, при минимальных затратах можно значительно улучшить экономические характеристики станции.

В 10 докладах приводятся статистические данные о работе оборудования и систем АЭС, обсуждается применение ЭВМ для сбора, хранения и использования данных о работе оборудования. Видно, что в ряде стран уделяется большое внимание сбору статистических данных о работе АЭС. В США со второго квартала 1974 г. ежеквартально выпускаются отчеты с данными по 30 ядерным установкам США. С 1970 г. в МАГАТЭ

издаются ежегодные отчеты об опыте эксплуатации АЭС в странах — членах МАГАТЭ.

В представленном на симпозиуме докладе МАГАТЭ приведен анализ работы 107 АЭС в 15 странах. Он показал, что в 1973 г. средний коэффициент нагрузки АЭС составил 62,1%, а коэффициент работы на мощности — 72,9%. Если исключить реактор ККН, остановленный в 1973 г. по экономическим причинам, экспериментальные АЭС мощностью ниже 100 МВт (эл.), а также АЭС, пущенные только в 1973 г., то коэффициент нагрузки оставшихся 74 реакторов составит 64,7%, а коэффициент работы на мощности — 75,6%. Отмечается, что эти цифры еще далеки от установленных проектами коэффициентов нагрузки (75—80%). Сравнение АЭС с обычными электростанциями показывает, что характеристики надежности работы крупных ТЭС мощностью более 600 МВт (эл.) одного порядка или незначительно лучше, чем характеристики АЭС такой же мощности.

Обсуждались вопросы контроля и обслуживания систем и компонентов АЭС в процессе эксплуатации, прежде всего способы неразрушающего контроля металла корпусов реакторов, работающих в очень напряженных условиях. Работы в этом направлении только начинают развиваться. Некоторые успехи в создании аппаратуры контроля металла, основанной на использовании ультразвука и акустики, имеются во Франции и ФРГ. В настоящее время можно определять дефекты размером 1—2 мм в стальных листах толщиной до 350 мм. Что касается систематического контроля корпусов реакторов в процессе работы, то сейчас ведется подготовка к этим работам. Частичная проверка состояния корпуса реактора проведена один раз в ФРГ. С помощью ультразвука обследован старый дефект корпуса, который, как оказалось, не изменился.

В докладах и дискуссиях отмечалась необходимость повышения чувствительности аппаратуры контроля способной работать при высокой температуре и интен-

сивном облучении. Рассматривались вопросы оптимизации технического обслуживания систем и оборудования АЭС в процессе работы. Так, отмечено, что благодаря усовершенствованию технического обслуживания систем реактора в Ханфорде удалось существенно повысить коэффициент готовности АЭС.

При обсуждении обеспечения качества, надежности работы и экономичности АЭС подчеркивалась необходимость разработки комплексной системы требований к проектам АЭС. Указывалось, что надежность работы АЭС зависит от обеспечения требований как безопасности, так и достаточно высокого коэффициента готовности АЭС. Необходима экономическая оптимизация

АЭС с точки зрения безопасности и коэффициента готовности. Коэффициент готовности АЭС должен быть равным 75—80%. В США в 1974 г. на работающих АЭС он составлял 68—73%.

В связи с началом массового строительства АЭС и привлечением к работам все большего числа организаций и людей решающим фактором становится надежность работы АЭС. Необходимо широкое обучение конструкторов, проектантов и эксплуатационного персонала АЭС методам расчета надежности оборудования и оптимизации технического обслуживания.

КАРПОВ А. В.

VIII Международная конференция по лазерному термоядерному синтезу

Конференция проходила 19—23 мая 1975 г. в Польше. Она была организована Польской академией наук. В конференции приняли участие около 100 ученых из восьми стран мира. Наиболее представительными были делегации Польши, СССР, США, Франции и ФРГ. Всего было заслушано 45 докладов. Аннотации представленных докладов были отпечатаны заранее и розданы участникам конференции при регистрации. Труды конференции издаваться не будут. Участникам конференции была предложена возможность посетить Институт ядерных исследований в Сверке и Институт физики плазмы и лазерного микросинтеза в Варшаве и ознакомиться с ведущими там работами по квантовой электронике, физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу.

Был рассмотрен широкий круг вопросов: параметры и принципы создания мощных лазерных систем для управляемого термоядерного синтеза, результаты экспериментальных и теоретических исследований взаимодействия мощного лазерного излучения с различными мишенями, методы диагностики лазерной плазмы, комбинированные системы.

Анализу свойств мощных лазерных систем на основе несциммированного стекла был посвящен доклад Дж. Хольцрихтера (Ливермор, США). Основная проблема, возникающая при увеличении энергии пучка, — нелинейное взаимодействие лазерного света со средой, через которую проходит пучок. Следствием этого взаимодействия являются искажение волнового фронта и ухудшение фокусировки. В частности, при превышении определенного порога (~ 200 ТВт) фокальное пятно увеличивается в диаметре в несколько раз в течение импульса (100 пс) или разбивается на несколько точек. В настоящее время в Ливерморской лаборатории построена установка «Янус» на неодимовом стекле мощностью 0,4 ТВт, которая может служить модулем при создании лазерных систем мощностью до 20 ТВт. Одновременно исследуются новые материалы на основе BaF_2 и фосфатные стекла с малой нелинейной константой. Аналогичные вопросы обсуждались в докладе Дж. Гийо (Маркусси, Франция). Исследовались нелинейные свойства стержневых и дисковых образцов из неодимового стекла. При плотностях потока энергии, превышающих $0,5$ Дж/см², и длительности импульса 100 пс наступала

самофокусировка излучения и образцы разрушались как в параллельных, так и в расходящихся пучках.

Программа создания лазерных систем для управляемого термоядерного синтеза (УТС) в Лос-Аламосской лаборатории (США) была представлена Р. Морзом. Одинаковое внимание уделяется как неодимовым, так и газовым лазерам (CO_2 , HF). В настоящее время в Лаборатории действуют неодимовый лазер (500 Дж, 300 пс), CO_2 -лазер (1500 Дж, 1 нс) и HF-лазер (2500 Дж, 35 нс). В ближайшие два года предполагается создать CO_2 - и HF-лазеры на энергию 10^4 Дж с длительностью импульса 1 нс.

Проблемы, возникающие при разработке мощных иодных лазеров, и пути их решения обсуждались в докладе К. Витте (Гархинг, ФРГ). В настоящее время создан иодный лазер на смеси $\text{C}_3\text{F}_7\text{I}$ и Ag с накачкой импульсными лампами на энергию в несколько сот джоулей при длительности импульса 1 нс.

Особый интерес представляли эксперименты по обжатию сферических мишеней мощным лазерным излучением, выполненные в Ливерморской и Лос-Аламосской лабораториях и фирмой «КМС-Фьюжн» (США). Мишенями служили стеклянные сферы диаметром 40—100 мкм с толщиной стенки 1 мкм, наполненные D — T-смесью при давлении 10—100 ат. Энергия и длительность лазерных импульсов составляла 20—100 Дж и 0,1—0,3 нс соответственно. Дж. Хольцрихтер (Ливермор) и Д. Дживанелли (Лос-Аламос) сообщили о результатах таких экспериментов. Исследовались мишени типа «сфера на диске» при одностороннем облучении (нейтронный выход 10^4) и «сфера в диске» при двустороннем облучении (нейтронный выход 10^6). Упомянулось также о том, что на специальных мишенях зарегистрирован нейтронный выход 10^7 за импульс.

Фирма «КМС-Фьюжн» (П. Хаммерлинг) продолжает эксперименты по обжатию, о которых впервые было доложено на V Международной конференции по УТС (Токио, 1974 г.). Улучшаются параметры пучка и условия фокусировки, исследуется зависимость нейтронного выхода от размеров мишени.

О технологии изготовления, отбора и контроля сферических оболочек из полистирола и стекла сообщалось в докладе Ю. Меркульева (ФИАН, СССР).

Большая группа докладов была посвящена экспери-