

Конференции, семинары, симпозиумы

II Европейская ядерная конференция

Конференция под девизом «Ядерная энергия — выбор для человечества», организованная Европейским ядерным обществом (ENS) совместно с Американским (ANS), состоялась в мае 1979 г. в Гамбурге (ФРГ). Одновременно проходили заседания представителей атомной промышленности Западной Европы и США ФОРАТОМ VII. Всего в заседаниях участвовали около 2400 специалистов более чем 30 стран и международных организаций.

На пленарные заседания и заседания секций было представлено более 350 докладов по следующим основным направлениям: общие вопросы конструирования и строительства АЭС; управление АЭС; топливная технология; физика реакторов, расчетные методы и математические модели; переработка топлива и использование плутония; безопасность, защита от облучения и оценка степени риска (в том числе при потере теплоносителя и расщеплении активной зоны); охрана окружающей среды; обеспечение качества и надежности элементов конструкций АЭС; переработка, транспортировка и удаление отходов; использование атомной энергии на судовых установках и для снабжения потребителей низко- и высокопотенциальным теплом.

Советская делегация представила доклады об управлении термоядерном синтезе, разработке реакторов ВВЭР-1000 и ВТГР, опыте эксплуатации БН-350 и судовых атомных установок, а также о некоторых аспектах оптимального регулирования РБМК-1000.

Как и следовало ожидать, большое внимание на конференции было уделено событиям, связанным с недавней аварией на II блоке американской АЭС «Три-Майл-Айленд»*. Поэтому подготовленная заранее программа была изменена, и специальное пленарное заседание было посвящено изложению обстоятельств и анализу этой аварии.

Инцидент в Пенсильвании оказывает большое влияние на развитие ядерной энергетики США и некоторых других стран. Так, в США остановлены на ревизию все АЭС фирмы «Бабкок-Уилкоккс», задержано разрешение на ввод новых АЭС до уточнения требований, в Швеции объявлено о новом референдуме по ядерной энергетике, в ФРГ — о «замораживании» решения на создание крупнейшего центра по переработке и хранению топлива в Горлебене и т. д. Вместе с тем принципиальная политика ФРГ по ядерной энергетике не изменится, на работы по обеспечению безопасности АЭС дополнительно ассигнуется 2 млрд. марок. Также четко и определенно было заявлено о сохранении без изменений программы по ядерной энергетике во Франции и некоторых других странах.

Более 70 докладов на конференции было посвящено безопасности, защите от облучения и различным подходам в оценке риска. Отмечается различный подход к роли оператора в обеспечении общей структуры безопасности.

Так, если в США в этом смысле оператор имеет большие возможности, то в западногерманской концепции, реализованной фирмой «Крафтверк Унион» на реакторах типа АЭС «Библис», резервирование и автоматизация аварийных систем значительно выше. По оценкам, на этих реакторах развития событий, аналогичного происшедшим в Гarrisберге, не произошло бы. В ФРГ, Франции и Великобритании считают, что в аварийных условиях обеспечение безопасности должно быть полностью доверено автоматике (аналоговым и цифровым электронным схемам с резервированием).

Много работ было посвящено обсуждению проблем, связанных с теплогидравликой при потере теплосъема и с расплавлением активной зоны. Привлекают внимание соответствующие «неядерные» эксперименты по потере теплоносителя на специальном исследовательском американском реакторе. Описываются меры по обеспечению безопасности строящегося коммерческого быстрого натриевого реактора «Суперфеникс» (Франция) и предотвращение потери натрия в активной зоне. Три независимые группы стержней аварийной защиты обеспечивают остановку реактора даже при деформации активной зоны. Система съема остаточного тепловыделения этого реактора состоит из четырех основных петель натрия — вода — пар (четырекратное резервирование) и двух вспомогательных систем аварийного расхолаживания.

В некоторых докладах, посвященных выработке общих критериев безопасности АЭС, отмечается их существенная зависимость не только от типа реактора, но и от условий расположения. Так, особенности конструкции и проектирования шведского реактора SECURE, предназначенного для теплоснабжения, повышают его безопасность в связи с расположением вблизи крупных населенных пунктов. В более чем 50 докладах описаны различные аспекты легководных реакторов. Отмечается стремление к стандартизации и унификации реакторов и оборудования. Так, фирма «Крафтверк Унион» на базе унифицированного оборудования создает 4-петлевую установку на 1300, 3-петлевую на 1000 и 2-петлевую на 700 МВт. Фирма «Комбасчи инджениринг» (США) при совершенствовании реакторной парогенерирующей установки (Система-80) усиливает определенный консерватизм принимаемых решений. Переделываются внутрикорпусные устройства для размещения большого числа регулирующих стержней, уменьшается внутрикассетная неравномерность тепловыделения, переделываются управляющие сборки, улучшается организация потока воды в парогенераторах, усовершенствуются СУЗ. Расширяются возможности работы АЭС в режиме переменных нагрузок. Последнее характерно также для разработок ФРГ и особенно Франции, где в середине 80-х годов на долю атомных электростанций будет приходиться до 50% установленной мощности.

Как в США, так и во Франции и ФРГ серьезное внимание уделяют развитию систем внутризонного контроля ней-

* «Атомная энергия», 1979, т. 47, вып. 1, с. 61.

тронного потока [и расхода теплоносителя, а также специальных системам везонного контроля нейтронного потока. Так, для СУЗ, реализуемой на четырех блоках по 900 МВт (эл.) АЭС «Трикастин» (Франция), используют многосекционные везонные детекторы, показания которых обрабатывают по специальным алгоритмам в микропроцессорах. Во Франции реализована и в течение пяти лет работает цифровая схема аварийной защиты на «Фениксе». Следует отметить все более расширяющуюся тенденцию применения на объектовых ЭВМ достаточно сложных программ (симуляторов) трехмерного нейтронно-физического расчета, использующих современные ребалансные и так называемые нодалные методы на грубой сетке. Эффективные диффузионные малогрупповые макроконстанты получают [при помощи свертки с использованием методов вероятности первого столкновения либо Монте-Карло. При этом почти не упоминаются такие традиционные методы расчета ячеек, как метод сферических гармоник, S_N и DS_N . По-видимому, это связано со стремлением наиболее адекватного геометрического описания сложных полиячеек (кассет) современных коммерческих реакторов.

Для реакторов типа АЭС «Библис» фирма «Крафтверк Унион» использует программы-симуляторы не только для интерполяции полей энергораспределения совместно с показаниями детекторов, но и для оптимизации различных режимов перегрузки.

Значительное число докладов посвящено топливу для легководных реакторов в основном в виде двуокиси урана. Так, французские специалисты представили интересные материалы о характеристиках топлива «Карамель», представляющего таблетки (тонкие параллелепипеды) двуокиси урана с циркониевой оболочкой, которые упакованы в виде пластин. Глубокого выгорания до 30 МВт·сут/кг U и более достигают при высокой энергонапряженности (до 100 кВт/кг). Топливо характеризуется повышенной безопасностью и обогащением до 8%. Фирма «Комбасчи инжиниринг» разработала так называемое полностью циркулирующее топливо, в котором даже дистанционирующие решетки и направляющие трубки изготовлены из циркалоя-4, что привело к снижению обогащения на 0,12%. Такое топливо используют уже на семи реакторах, и оно показало высокую надежность при хороших эксплуатационных ха-

рактеристиках. Фирма «Крафтверк Унион», применившая аналогичный подход к этим проблемам, ожидает достижения выгорания до 45 МВт·сут/кг U.

На конференции отмечалось, что растущие энергетические потребности при ограниченных возможностях легководных топливных циклов неизбежно приведут к интенсивному строительству реакторов на быстрых нейтронах. Ожидается, что пуск «Суперфеникса», во многом повторяющего удачные решения, найденные для «Феникса», состоится в 1981—1982 гг. Дальнейшее развитие коммерческих реакторов-размножителей во Франции во многом определяется опытом эксплуатации этой установки. Для быстрых реакторов в основном рассматривается окисное топливо. Изучается возможность применения гелий-сфер не только в вибросыпных твэлах, но и при переработке отработавшего топлива (в виде полупродуктов). Применение монокарбида урана пока задерживается вследствие повышенной стоимости производства.

Большое внимание уделено перспективным разработкам и опыту эксплуатации прототипов жидкометаллических быстрых и высокотемпературных газовых реакторов. При рассмотрении международной программы исследований высокотемпературных газовых реакторов (США, Франция, ФРГ, Швейцария) следует выделить усиливающийся интерес к использованию таких реакторов в первую очередь на АЭС. Ожидается, что реакторы с паровым циклом в корпусе из предварительно-напряженного бетона вступят в промышленную эксплуатацию в 1990 г. Следует отметить высокий уровень и большой объем материаловедческих и технологических работ, приведших к отработке достаточно надежной технологии шаровых твэлов для высокотемпературных газовых реакторов в ФРГ.

Конференция продемонстрировала высокий уровень разработок конструкции современных ядерных энергетических установок, возросшую ответственность при рассмотрении проблем, связанных с безопасностью и нераспространением ядерного оружия, и, несомненно, явилась важным этапом на пути укрепления международного сотрудничества в решении сложных энергетических проблем, стоящих перед миром.

РАКИТИН И. Д.

Советско-французский семинар по парогенераторам натрий — вода

Семинар, состоявшийся в ФЭИ в июле 1979 г., был посвящен проблемам, связанным с системами аварийной защиты парогенераторов натрий — вода [для АЭС с быстрыми реакторами. Использование натрия во втором контуре таких установок в совокупности с водой высокого давления в третьем поставило новые задачи. Особенность современных конструкций заключается в том, что используемые в парогенераторах конструкционные материалы сравнительно быстро разрушаются в месте дефекта, что приводит к саморазвитию малой течи воды в натрий. Большая течь создает опасность повреждения соседней трубки и последующих разрушений в парогенераторе. Любые утечки воды в натрий считаются недопустимыми, и поэтому парогенератор должен быть оснащен такой чувствительной и быстродействующей системой контроля, которая позволяла бы его отключать и предотвращать тем самым развитие аварии и разрушение конструкции. Техника сегодняшнего дня успешно справляется с этой задачей, о чем свидетельствует эксплуатация БОР-60 и БН-350 в Советском Союзе и «Феникса» во Франции. Тем не менее некоторые проблемы требуют дополнительных исследований и разработок, над которыми трудятся специалисты Советского Союза, Франции и других стран. Состоявшийся семинар позволил не только подвести итог исследованиям послед-

них лет, но и обменяться опытом эксплуатации парогенераторов работающих установок.

Как отмечалось в докладах, рагерметизация труб испарителей БН-350 в начальный период эксплуатации была вызвана отбраковкой изделий. Разуплотнения начинались, как правило, с появления малой течи. При ее перерастании в большую наблюдалось быстрое возрастание давления в газовой полости испарителя и концентрации водорода в газе. Повышение концентрации водорода выше установленного служит основанием для отключения парогенератора.

На «Фениксе» не было зарегистрировано течи воды в натрий. Эрозионно-коррозионное повреждение труб отмечено на входе в модули парогенератора. В настоящее время наибольшее распространение получили детекторы, основанные на контроле водорода в жидком натрии и защитном газе. В схеме детектирования водорода в «Фениксе» предусмотрена никелевая мембрана толщиной 0,3 мм, через которую водород диффундирует и обнаруживается квадрупольным масс-спектрометром. Отбор натрия проводят после каждого модуля парогенератора через особый селектор. Оператору известна концентрация водорода в натрии. При появлении тревожного сигнала включается селектор, и через 5 мин оператор располагает информа-