

Сообщалось, что выигрыш в коэффициенте использования установленной мощности некоторых АЭС при применении ЭВМ составил 5—10% (доклад ФРГ).

На совещании указывалось на необходимость серьезного изучения методов борьбы с электрическими наводками, особенно в связи с переходом на более чувствительные к ним быстродействующие ЭВМ. Проводившиеся исследования показали, что главной причиной наводок на АЭС следует считать электрические и магнитные токи в экранах электромеханических приводов. Рассматривались также причины загорания кабелей, имевшие место на нескольких АЭС США и других стран.

Совещание отметило большой интерес, проявляемый во многих странах к надежности АЭС, сбору данных по различным неисправностям, к стандартизации и представлению этих данных в компактной форме. Интересно, что аварии общего вида и систематические отказы в значительно большей степени влияют на безопасность реакторов, чем случайные отказы. Последние учитываются достаточно точно и поэтому не играют заметной роли в реакторных авариях.

Для уменьшения отказов общего вида необходимо применять для контроля важнейших параметров измерительные каналы, использующие различные принципы действия, проводить испытания приборов контроля за безопасностью в условиях, близких к реальным, и с учетом случайных факторов. Кроме того, необходимо более тщательно учитывать отказы общего вида при проектировании, изготовлении и монтаже различного приборного оборудования АЭС. В настоящее время наибольшая частота отказов оборудования контроля и регулирования наблюдается в его электромеханической части. Наиболее ненадежны многоточечные самоиссы и клапаны для отбора проб, механизмы стержней регулирования, телетайпы и т. д.

Подчеркивались важность определения надежности при выборе экономически выгодных технических решений и обязательность оценки размеров и последствий крупных аварий.

В нескольких докладах были перечислены проблемы, возникающие в области контроля и регулирования АЭС в связи с дальнейшим развитием ядерной энергетики. В ближайшем будущем в отдельных странах АЭС могут стать основой энергосистем, что потребует от них способности к быстрому изменению мощности, способности к слежению за нагрузкой. Для обеспечения этих требований необходимы разработка быстродействующих регуляторов, тщательное изучение динамических характеристик объектов регулирования, а также пересмотр некоторых критериев проектирования АЭС. В связи с этим были кратко рассмотрены различные методы исследования динамических характеристик энергетических реакторов, в частности получившие широкое распространение статистические методы исследования. Отмечалось, что в некоторых случаях методы, основанные на анализе шума, успешно используются для измерений как в процессе пуска, так и эксплуатации АЭС. С их помощью удалось своевременно обнаружить чрезмерные вибрации элементов конструкции реакторов. В быстрых реакторах хорошие результаты дает анализ акустических шумов активной зоны.

В заключение были рассмотрены предложения по дальнейшей деятельности МАГАТЭ в области контроля и регулирования АЭС. В частности, были рекомендованы ежегодные совещания рабочих групп с целью обмена информацией.

Материалы совещания будут изданы МАГАТЭ в первой половине 1970 г.

В. В. ПОСТНИКОВ

Симпозиум по рабочим характеристикам компонентов энергетических реакторов

В ноябре 1969 г. в Праге был проведен организованный МАГАТЭ симпозиум по рабочим характеристикам энергетических реакторов с целью обмена информацией по опыту конструирования, наладки и эксплуатации основного оборудования АЭС. В работе симпозиума приняли участие 211 специалистов из 27 стран и четырех международных организаций. Участники симпозиума заслушали и обсудили 40 докладов.

На первом заседании были заслушаны сообщения об опыте эксплуатации перегрузочных машин. В докладах Великобритании и ФРГ отмечалась низкая производительность перегрузочных машин, что в основном обусловлено непригодностью конструкции машин к ненормальным условиям перегрузки (например, заедание твэлов и т. п.) и недостаточной подготовленностью операторов.

В другой группе докладов рассматривались основные повреждения первого контура газовых реакторов, большинство из которых связано с неполадками в газодувках, трубках парогенераторов, тепловой изоляции и трубопроводах. Аварии, как правило, вызывались большой вибрацией, недостаточной компенсацией температурных расширений и иногда недостаточной прочностью конструкции. И. Имай (Япония) сообщил, что за четыре года работы токайской АЭС 400 дней простоя приходилось на повреждения оборудования первого

контура. Ц. Лэнглад (Франция) доложил, что в первые девять месяцев работы Сен-Лоранской АЭС крупная авария газодувок происходила примерно 1 раз в 6 дней. В дискуссии по этим докладам отмечалось, что необходимо предусмотреть возможность ремонта газодувок без остановки реактора.

В докладе Р. Фостера (Великобритания) дан подробный анализ развития конструкции бессальниковых насосов, обобщен опыт эксплуатации таких насосов фирмы «Ховард Тейлор» на АЭС различных стран, а также приведены некоторые конструктивные особенности насосов, в частности уплотнение фланцевых разъемов насоса (двойное с отбором утечки между прокладками); при конструировании насоса предусмотрена возможность удаления продуктов коррозии и износа в специальный съемный отстойник в нижней части насоса. Большая надежность насосов фирмы определяется в первую очередь большим объемом заводских испытаний. По мнению Ц. Лепорта (Франция), применение герметичных бессальниковых насосов целесообразно для транспортных установок; для АЭС, особенно мощных, надо использовать насосы с контролируемой утечкой.

В докладах по контрольно-измерительным приборам СУЗ подчеркивалось, что надежность системы управления и защиты во многом определяет коэффициент

использования установленной мощности АЭС. Х. Плитце (ФРГ) сообщил, что, несмотря на значительный объем опытных работ по приводам СУЗ для АЭС в Лингене, основной дефект конструкции механизмов (заедание направляющей трубы поршня от температурных перекосов) был выявлен только при пуске АЭС; на устранение этого дефекта потребовалось семь месяцев.

Доклады о перспективности применения железобетонных или стальных корпусов для мощных АЭС вызвали оживленную дискуссию. В докладе Я. Пойнера (Великобритания) внимание специалистов привлекло решение по разгрузке от термических напряжений мест стыков толстых и тонких стенок. На вопрос о допустимой мощности в одном корпусе автор доклада ответил, что для освоенной фирмой «Бабкок энд Уилкок» толщины стенки корпуса 245 мм предельная величина мощности составляет ~ 800 Мвт (эл.). Большой интерес вызвало сообщение о результатах исследований напряженного состояния полноразмерных образцов сварных швов корпуса и зоны патрубков на специально созданной в ЧССР разрывной машине с усилием 8000 т. На машине можно испытывать образцы сечением 350 × 1300 мм и длиной до 4500 мм при 300° С и скорости нагрева 60° С/ч. Образец можно также испытывать при -40° С.

Многие доклады были посвящены опыту пуска, эксплуатации и текущего ремонта реакторов с водяным и газовым охлаждением. Интересен доклад представителя США, в котором обобщен опыт эксплуатации семи АЭС с водо-водяными реакторами. Некоторые результаты работы четырех из этих АЭС приведены в табл. 1 и 2.

В докладе перечислены основные неполадки на этих АЭС: вибрация теплового экрана, течь в парогенераторах, повреждение лопаток турбины, попадание влаги в клеммные коробки, пробой изоляции, пожар кабелей из-за перегрузки, заедание регулирующих стержней, вибрации трубопроводов и клапанов.

В докладе Евратома перечисляются трудности, с которыми столкнулись страны Европейского сообщества при сооружении, пуске и эксплуатации пяти АЭС с водо-водяными реакторами, пяти АЭС с кипящими реакторами и пяти АЭС с газоохлаждаемыми реакторами. На рассмотренных АЭС обнаруживались следующие дефекты: разрушение теплового экрана на двух АЭС; заедание регулирующих стержней и разрушение соединительных тяг от действия вибраций на пяти АЭС; коррозия и эрозия крепежных деталей, расположенных на первом контуре газовых реакторов на пяти АЭС; разрывы обечайки твэлов на кипящих реакторах; аварии с турбогенераторами на семи АЭС, аварии с газодувками.

Во всех сообщениях и выступлениях подчеркивалось, что неполадки основного оборудования АЭС вызваны либо недостаточной отработкой конструкции, либо плохим качеством изготовления. Недостаточная надежность некоторых видов ядерного оборудования (турбины, генераторы, электротехническое оборудование и т. п.), по мнению многих выступавших, обусловлена тем, что это оборудование проектировалось не специально для АЭС и к его изготовлению и приемке относились без особых требований.

В общей дискуссии по докладам многократно подчеркивалась необходимость организации при МАГАТЭ периодического выпуска информации об опыте эксплуа-

Простои Дрезденской АЭС, ч

Таблица 1

Годы	Неполадки в реакторе	Неполадки в турбине	Другие неполадки	Всего
1963	0	21	81	102
1964	9	148	0	157
1965	0	319	31	350
1966	74	57	0	131
1967	0	82	121	203
1968	58	380	0	438

Коэффициенты использования основного оборудования некоторых АЭС, %

Таблица 2

Год	АЭС в Биг-Рок-Пойнт			АЭС в Сан-Онофри			АЭС в Гумбольдт-Бей
	Реактор	Турбина	Станция	Реактор	Турбина	Станция	
1963	63,0	79,0	61,0				81,0
1964	65,8	90,0	50,3				87,0
1965	33,2	96,6	30,8				78,0
1966	79,2	100,0	75,2				88,0
1967	90,4	95,5	85,4				91,0
1968	80,6	99,7	79,4	57,2	43,7	41,4	93,0
1969 (9 месяцев)	87,0	98,4	85,4	82,1	83,3	82,1	—

тации оборудования АЭС. Отмечалась целесообразность централизованной подготовки операторов для АЭС, так как многие аварии происходили из-за ошибок или недостаточно быстрой реакции операторов. Многие участники дискуссии говорили о необходимости разработки особых требований к приемке и изготовлению оборудования для АЭС. Представитель США подчеркнул, что наблюдаемое увеличение стоимости строительства АЭС можно приостановить лишь путем централизации руководства проектом и строительством, упрощения конструкции, утверждения основных решений на ранних этапах проектирования и уменьшения числа изменений, направленных на совершенствование проекта.

Доклады, вопросы, дискуссионные выступления на симпозиуме показали большой интерес многих стран мира к развитию ядерной энергетики. Участники симпозиума имели возможность обменяться опытом строительства, монтажа и эксплуатации основного оборудования АЭС, что имеет большое значение для создания еще более надежного оборудования и повышения коэффициента использования действующих АЭС.

Материалы симпозиума предполагается издать в первой половине 1970 г.

Б. А. МАСЛЕНКО