

Реальные достижения в улучшении коэффициента готовности атомных электростанций

Джеймс Даглиш

В мае в Мюнхене проходил симпозиум, посвященный прогрессу в области улучшения коэффициента готовности, технического обслуживания и эксплуатации АЭС, который продемонстрировал высокий уровень развития ядерной промышленности. Состоялся, можно сказать, „ценный обмен мнениями” между почти 140 операторами и представителями электроэнергетических компаний из 29 стран мира и 6 международных организаций, которые представили 32 доклада*.

Стоит напомнить, что к концу 1984 г. в 26 странах мира в эксплуатации находилось 345 ядерных энергетических реакторов, на которых накоплен эксплуатационный опыт, равный 3500 реакторо-лет. Однако нужно признать, что этот опыт не всегда был положительным. Ядерная промышленность все еще не оправилась от шока, вызванного аварией на АЭС Три Майл Айлэнд, но эта авария не должна омрачать действительно большие достижения в мировой ядерной энергетике.

В докладах, представленных на симпозиуме, показано, что улучшение рабочих характеристик АЭС было достигнуто благодаря:

- *повышению качества оборудования, модификации конструкций или технологии производства.* Обратная связь и анализ информации о работе оборудования во время эксплуатации в значительной мере помогли выбору оптимальных конструктивных изменений;
- *прогрессу в планировании операций по эксплуатации и техническому обслуживанию АЭС.* Доклады, представленные на симпозиуме, продемонстрировали, что планирование и проведение всех операций с помощью компьютеров и в строгом соответствии с графиками могут сократить время простоев АЭС, необходимых для проведения технического обслуживания и перегрузки топлива, примерно до 5 % общего времени эксплуатации;
- *разработке новых инструментов и другого оборудования для технического обслуживания, ремонта, контроля в процессе производства электроэнергии и эксплуатационных испытаний.* Все это помогло значительно сократить время проведения

технического обслуживания и ремонта, а также повысить качество выполняемых работ;

- *неукоснительному выполнению требований гарантии качества (ГК) в ходе эксплуатации, технического обслуживания и ремонта;*
- *высокой профессиональной подготовке и переподготовке эксплуатационного и ремонтного персонала.* Некоторые электроэнергетические компании вводят на своих станциях 5 или 6 смен эксплуатационного персонала, чтобы одна смена постоянно проходила переподготовку в соответствии со скользящим графиком.

Опыт Франции

Во Франции около 60 % электроэнергии производится в настоящее время атомными электростанциями. Совершенно очевидно, что серия французских реакторов с водой под давлением должна эксплуатироваться в переменном режиме, другими словами, реагировать на изменения энергопотребностей. Такой эксплуатации АЭС должны научиться операторы не только во Франции, но и в других европейских странах. В этих странах коэффициент готовности стал более важным фактором эксплуатации АЭС, чем коэффициент использования установленной мощности. На французских и шведских АЭС коэффициент готовности, как правило, составляет 80 %.

Бернард Мекло, сотрудник Управления безопасной эксплуатации АЭС компании Электриситэ де Франс (EDF), в своем особо интересном докладе отметил, что EDF составляет свой график технического обслуживания как минимум на несколько лет вперед, кроме того, на регулярных технических разборах учитываются незапланированные простои и вносятся коррективы в графики плановых остановок АЭС. Для удовлетворения краткосрочных изменений в энергопотребностях многие из атомных электростанций этой серии работают в режиме производства электроэнергии, который соответствует текущим потребностям, и результаты, как правило, „вполне удовлетворительные”. Даже в таких условиях АЭС сохраняют четкие преимущества с точки зрения себестоимости продукции по сравнению с эквивалентными по мощности тепловыми электростанциями, работающими на угле.

В 1984 г. на французских АЭС был зарегистрирован „коэффициент производства”, равный примерно

Джеймс Даглиш — сотрудник Отдела информации общественности МАГАТЭ, на семинаре отвечал за связь с прессой. *Симпозиум был организован МАГАТЭ в сотрудничестве с правительством ФРГ и Компанией по обеспечению безопасности АЭС, г. Гарчинг, ФРГ.

75 % (количество произведенной электроэнергии по сравнению с теоретическим максимумом), а зарегистрированный коэффициент готовности составил 81,3 %. Разница в шесть процентов возникла в результате производственных потерь, вызванных, в основном, необходимостью эксплуатации станции на мощности меньше оптимальной, что делалось не только в целях удовлетворения соответствующих изменений в энергопотребностях, но и для сохранения частотной стабильности энергосистемы.

В течение января 1985 г., включая период, когда требовалась энергия всех имеющихся мощностей, коэффициент готовности серии реакторов с водой под давлением мощностью 900 МВт фирмы EDF составил 90 %, а коэффициент готовности двух аналогичных реакторов мощностью 1300 МВт в Палуэле — 85,4 % (непроизвольно Мекло подчеркнул важность сравнения двух коэффициентов: в различных странах операторы АЭС используют различные подходы к определению таких показателей, как коэффициент готовности. Нужно ли учитывать в производственной статистике запланированные остановы реактора для перегрузки топлива? Некоторые операторы исключают время таких запланированных простоев из эксплуатационных показателей).

Усовершенствование конструкций

Уже в первый день проведения симпозиума д-р К.Е. Шретер, представитель западно-германского министерства по вопросам исследований и технологии, подчеркнул все возрастающее значение ядерной энергии в Европе. Он отметил, что, хотя доля ядерной энергии в мировом производстве электричества составляет только 13 %, в Европе этот показатель в целом приближается к 30 %. В ФРГ он равен примерно одной трети, а в Баварии — по крайней мере 50 %.

Д-р Шретер признал, что строительные издержки в ядерной области в мире остаются высокими и продолжают расти в силу расширения масштабов использования сложной техники, изготовления уникальных компонентов, длительных периодов строительства и сложных лицензионных процедур. В течение многих лет Франция делает все возможное в области стандартизации, стремясь ограничить издержки, но не во вред безопасности эксплуатации; в ФРГ оказался успешным „групповой” подход к подаче заявок на получение лицензий на реакторы почти идентичной конструкции. Однако капитальные издержки по-прежнему остаются высокими, поэтому будущее ядерной промышленности в значительной степени зависит от ее способности осуществить дальнейшую оптимизацию эксплуатации АЭС путем увеличения коэффициентов готовности и использования установленной мощности в целях наибольшего удешевления поставляемой энергии.

Профессор Леонард Константинов, заместитель Генерального директора МАГАТЭ по Департаменту ядерной энергии и безопасности, в заключительном выступлении отметил, что конструкторы и изготовители ядерных установок, принимавшие участие в симпозиуме, не сообщили ни о каких крупных изменениях в конструкциях. „Крупные изменения и модификации даже нежелательны”, — сказал он. Однако на симпозиуме подробно говорилось о новых конструкциях оборудования и приборов, предназначенных для проведения технического обслуживания, испытаний и контроля в ходе технологического процесса. С помощью такого оборудования была значительно улучшена эффективность и сокращена продолжительность технического обслуживания, были снижены дозы облучения эксплуатационного персонала станций, повышена надежность и эффективность технического контроля и испытаний, а также сокращено время простоев АЭС, необходи-



АЭС Бюже, Франция
(Источник: КАЗ Франции.)

мых в соответствии с требованиями технического обслуживания и испытаний.

Анализ простоев АЭС

Представитель МАГАТЭ Дэвид Уайт представил доклад, составленный вместе с Робертом Скеддебрандом, в котором дается анализ 15 300 случаев простоя действующих АЭС, произошедших до 1983 г. Полные данные об этих простоях хранятся в Информационной системе МАГАТЭ по ядерным энергетическим реакторам (PRIS). К главным факторам, влияющим на эксплуатацию АЭС, относятся:

- уровень стандартизации, достигнутый в конструкциях и изготовлении ядерных установок;
- используемые стандарты гарантии качества;
- регламентирующие требования и процедуры;
- компетентность организации – оператора.

Уайт и Скеддебранд отметили, что „в тех случаях, когда станции были действительно стандартизированы, в процессе эксплуатации каждой отдельной АЭС улучшались рабочие характеристики не только этих станций, но, в частности, и последующих атомных электростанций”. Свидетельством тому служит французский опыт; необходимо также отметить хорошую работу реакторов с водой под давлением мощностью 440 МВт, поставленных в некоторые страны Советским Союзом (средний кумулятивный коэффициент использования установленной мощности составил 77,4 % для 43 реакторо-лет эксплуатации в Венгрии, Финляндии и ЧССР). Некоторые электроэнергетические компании ФРГ также добились хороших результатов в этой области. Однако наиболее значительные улучшения произошли в Японии, в которой имеется большое количество поставщиков и электроэнергетических компаний.

Данные, сообщаемые в систему PRIS, недостаточны подробно, чтобы можно было провести анализ надежности различных компонентов; такой анализ целесообразнее провести электроэнергетическим компаниям и их организациям. Однако Уайт и Скеддебранд отметили, что время простоев в результате отказа оборудования составляет около 20 % общего времени простоя АЭС. Во многих случаях выходило из строя оборудование „обычных” систем АЭС, причем на долю турбогенераторов, систем подачи питательной воды и конденсирования приходится 31 % времени простоев. Они считают, что для устранения причин таких простоев необходимо принять неотложные меры, например, ужесточить требования гарантии качества, предъявляемые к таким системам.

Отчеты об авариях

В своем докладе Станислав Новак дал описание работы информационной системы МАГАТЭ по инцидентам на АЭС (IRS). В настоящее время действующие АЭС имеются в 26 странах, 12 из которых принимают непосредственное участие в работе этой системы, а еще 6 стран – через аналогичную систему Агентства по ядерной энергии (АЯЭ) Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР). В системе IAEA – IRS сейчас содержатся отчеты об инцидентах из 22 стран. Такие

отчеты анализируются, а выводы, представляющие общий интерес, рассылаются всем участникам; в дальнейшем они рассматриваются на совещаниях технического комитета, которые проходят один раз в год.

Цель заключается в проведении анализа всех событий, имеющих отношение к безопасности, включая случаи отказа компонентов и систем, ошибки персонала и неполадки, чтобы предупредить их повторение на других энергоблоках в других условиях, извлекая „уроки” из эксплуатационного опыта и улучшая работу персонала и самой станции.

Система IAEA – IRS все еще находится на ранней стадии развития – начало ей положило письмо, с которым Генеральный директор только в апреле 1983 г. обратился к государствам – членам МАГАТЭ. Однако ее потенциальные возможности уже ясны. Новак отметил, что большинство отчетов о неполадках, полученных до настоящего времени, поступило из развивающихся стран, однако „некоторые из уроков, полученные в результате анализа этих событий развивающимися странами, внесли большой вклад в усиление безопасности эксплуатации АЭС во всем мире.

Анализ безопасности

Другой инициативой МАГАТЭ является программа создания групп по рассмотрению вопросов эксплуатационной безопасности (OSART) для оказания поддержки организациям-операторам и регламентирующим органам в их усилиях по улучшению безопасной и надежной эксплуатации АЭС. Описание того, как функционирует данная схема, приведено в докладе штатных сотрудников секретариата МАГАТЭ П.А. Блиселя и Ф.Л. Франзена. Группа по рассмотрению вопросов эксплуатационной безопасности обычно состоит из 6–10 специалистов, которые анализируют историю эксплуатации АЭС, проверяют осуществление повседневных операций по эксплуатации, испытанию, наблюдению и техническому обслуживанию, изучают планирование и подготовку к будущим работам, а также подход, выбранный для обеспечения обратной связи в области эксплуатационного опыта и для устранения потенциальных аварийных ситуаций.

Во время своего выступления г-н Блисель отметил, что повторяющиеся результаты, получаемые такими группами, во многих случаях указывают на необходимость изменения подхода со стороны руководства станций к проблеме безопасности, а также на необходимость уделения большего внимания реализации эффективных программ гарантии качества. Кроме того, он подчеркнул, что работа OSART является лишь одним из видов услуг, предлагаемых МАГАТЭ в области эксплуатационной безопасности: о системе IRS уже говорилось; к числу других услуг относятся публикации в Серии стандартов безопасности (NUSS) и периодический обзор небольшими рабочими группами текущих эксплуатационных проблем. Все это вместе взятое образует пакет услуг, предлагаемых Агентством своим государствам-членам как часть его непрерывных усилий, направленных на улучшение эксплуатационной безопасности атомных электростанций во всем мире.