

Эксплуатация атомных электростанций: инициативы по обеспечению устойчивого прогресса

*Функционирование атомных электростанций постоянно улучшается,
и страны предпринимают инициативы по обеспечению
устойчивого прогресса в этой области*

В настоящее время ядерная энергетика прочно утвердила себя как неотъемлемая часть энергетического комплекса во многих странах. В целях повышения ее роли национальные ядерные органы придают особое значение совершенствованию всех аспектов работы станций. Улучшение функционирования АЭС не только приведет к повышению эффективности производства электричества, но и укрепит уверенность в безопасности, экономической конкурентоспособности и экологических преимуществах атомных электростанций.

Одним из важнейших технико-экономических показателей работы электростанции является коэффициент эксплуатационной готовности (ЕАГ). Он представляет собой выраженное в процентах отношение производства полезной энергии за определенный период к максимальному объему энергии, которая могла бы быть произведена в случае бесперебойной работы станции в течение того же периода. В соответствии с данными, поступающими в Информационную систему по энергетическим реакторам МАГАТЭ (PRIS), за последнее десятилетие отмечалось устойчивое повышение коэффициента эксплуатационной готовности на атомных электростанциях мира. В 1995 г. он достиг 76,8% по сравнению с 70,1% в 1989 г. (см. схему на стр. 10).

Другим показателем работы являются потери электроэнергии. Пределы, до которых они могут быть снижены, характеризуют эффективность станции. Потери электроэнергии могут быть как запланированными (т. е. в соответствии с графиком, утвержденным руководством), так и внеплановыми, и обычно они связаны, например, с отключениями на перегрузку топлива, ремонт или испытания. За последние три года в мире отмечалось сокращение потерь электроэнергии на атомных электростанциях. Это свидетельствует о неизменном совершенствовании технического обслуживания атомных электростанций и управления ими.

В целом усовершенствования в эксплуатации и управлении АЭС осуществлены главным обра-

зом в результате освоения опыта, приобретенного электроэнергокомпаниями. В то же время значительную роль сыграли различные инициативы, предпринятые странами, зачастую благодаря участию в технических программах МАГАТЭ.

Национальные инициативы по улучшению эксплуатационных характеристик и повышению безопасности

Государства — члены МАГАТЭ предпринимают множество направленных на совершенствование эксплуатации, обслуживания и управления атомными электростанциями инициатив, в результате осуществления которых повышается уровень безопасности АЭС. Эти инициативы касаются следующих пяти областей:

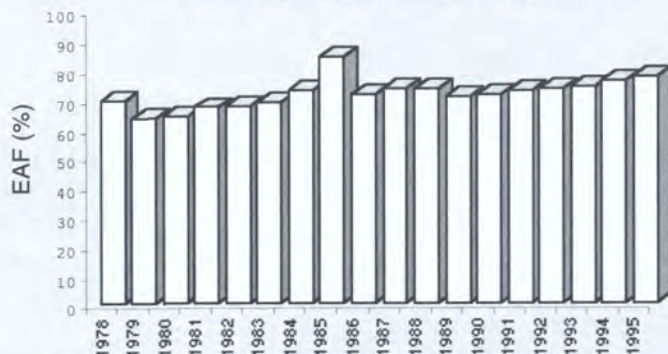
Повышение производительности. Сюда относятся меры по поддержанию надлежащих материальных условий работы АЭС, включая предъявление высоких требований к персоналу и создание атмосферы абсолютной нетерпимости к дефектам, которые могут быть устранены немедленно; сокращение времени плановых остановов посредством более эффективного планирования; проведение соответствующего текущего технического обслуживания с целью сокращения продолжительности и стоимости плановых остановов; сокращение частоты вынужденных отключений посредством осуществления долгосрочных программ модификации/усовершенствований, применения современной контрольной аппаратуры, профессиональной подготовки персонала АЭС и использования опыта, полученного на аналогичных станциях.

Сокращение рабочей нагрузки. Сюда относятся меры, позволяющие избегать лишней нагрузки при регулировании работы путем изменения или исключения завышенных требований; мониторинг состояния оборудования станции как основа оптимизации профилактического ремонта; использование в техническом обслуживании контрольных и аналитических методов определения требований к оборудованию с учетом последствий его отказов для безопасного и нормального функционирования, а также выявление механизма ухудшения характеристик, обусловившего такие отказы.

**Борис Георгиев
и К.В. Махадева
Рао**

Г-н Георгиев является руководителем Технической секции ядерной энергетики Отдела ядерной энергетики и топливного цикла, а г-н Рао — сотрудником данной Секции. В подготовке статьи принимали также участие г-да Фаусто Калори, Нестор Пьерони, Томас Мазур, Владимир Небоян и г-жа Режан де Шпигельберг Планер.

**Коэффициенты эксплуатационной готовности (ЕАГ)
на атомных электростанциях мира**



Атомные электростанции производят около 17% всего электричества в мире.
(Фото: Gundremmingen, Germany)

Совершенствование технологических процессов. Оно охватывает улучшение планирования и составления графика нагрузки на короткую, среднесрочную и долгосрочную перспективу; использование автоматизированных информационных систем управления для планирования производственных процессов и сохранение данных по истории эксплуатации оборудования, контролю расходов и отчетности, включая расходование запасных частей; применение дифференцированного подхода в контроле технологического процесса с целью обеспечить соответствие процесса контролирования работы значимости и сложности каждой операции; а также послеремонтные испытания с целью проверки функционирования оборудования и систем на предмет их соответствия проектным требованиям.

Повышение производительности труда. Данный аспект охватывает работу персонала и включает такие меры, как повышение его компетентности, рационализация производственных процессов с целью облегчить работу персонала и способствовать эффективности руководства; совершенствование коллективной работы путем создания бригад из представителей разных специальностей в рамках организационной структуры, разработанной специально для сокращения числа согласований в ходе работы и повышения удовлетворенности работой и морального духа сотрудников; совместное использование различных людских ресурсов на разных установках и площадках; обмен данными и опытом; совместное использование дорогостоящего оборудования и резервов запасных частей; и совместное использование программ и средств по подготовке персонала; использование внешних источников/контрактов для обеспечения вспомогательных услуг, необходимых для обслуживания и эксплуатации установок, за исключением главных функций по эксплуатации и обслуживанию электростанции; совершенствование управления с целью сокращения доз профессионального облучения персонала, минимизации загрязнения и объемов радиоактивных отходов, образующихся в ходе ремонтных и эксплуатационных работ.

Оценка работы. Она включает установление критериев оценки работы, представляющих собой



объективные, наблюдаемые и измеряемые величины, характеризующие результат, а не усилия, затраченные на какие-либо действия; использование базовых контрольных процедур, включая сравнение работы своей станции с работой лучшей электростанции; выявление лучшего практического опыта и осуществление программы непрерывного совершенствования функционирования АЭС.

Следует отметить, что эти области деятельности не имеют прямого отношения к безопасности и обеспечению качества, которым на атомных электростанциях справедливо уделяется значительное внимание. Общеизвестно, что безопасность и качество имеют основополагающее значение для успешного использования ядерной энергии и являются неотъемлемой частью каждого и любого действия персонала атомной электростанции. Опыт показал, что усилия, направленные на повышение эффективности и действенности программ по эксплуатации и обслуживанию атомных электростанций, наряду с улучшением качества их выполнения также приводят к повышению безопасности и надежности систем АЭС.

Основные направления деятельности МАГАТЭ

На международном уровне МАГАТЭ активно работает в целом ряде ключевых областей, связанных с совершенствованием функционирования атомных электростанций. Сюда относятся следующие виды деятельности:

Разработка действенных программ обеспечения качества. Создание действенной программы обеспечения качества является важнейшим средством постоянного совершенствования функционирования атомных электростанций. Агентство обновило свои нормы безопасности, с тем чтобы в них нашла отражение современная концепция обеспечения качества на базе эксплуатационных параметров. Эта работа проводилась в течение пятилетнего периода в сотрудничестве с государствами-членами, и результатом ее явилось издание пересмотренного свода положений по обеспечению качества безопасности на АЭС и других ядерных установках и 14 связанных с ним Руководств по безопасности.

В процессе пересмотра Агентство использовало новейший опыт и значительные ресурсы стран и трех организаций: Европейской комиссии, Европейского атомного форума и Международной организации по стандартизации. Все документы подверглись критической оценке со стороны государств — членов МАГАТЭ до их одобрения в марте 1996 г.

Управление материально-техническим снабжением на ядерных установках. Управление услугами и поставками подрядчиков требует эффективных средств контроля в целях обеспечения качества и безопасности. В противном случае, как показывает опыт, могут возникнуть трудности. Данная проблема обсуждалась в рамках проектов технического сотрудничества МАГАТЭ для стран Латинской Америки, Азиатско-Тихоокеанского региона и Восточной Европы, на нее указал ряд миссий, организованных в соответствии с программой Группы по рассмотрению эксплуатационной безопасности МАГАТЭ (ОСАРТ).

С учетом такой потребности Агентство разработало руководство по методам управления для контроля качества и безопасности при работе с поставщиками/подрядчиками. Оно издало также технический документ по данной проблеме для руководителей высшего звена, линейных руководителей и руководителей низшего звена на ядерных установках.

Управление сроком службы АЭС. По мере старения оборудования и основных систем станции проблема управления сроком службы АЭС и его продления приобретает все большее значение. Деятельность МАГАТЭ имеет целью оказание содействия в обмене информацией и опытом в деле понимания и контроля механизмов старения, воздействующих на основные системы и компоненты, и обеспечение технического руководства.

В 1996 г. был завершен крупномасштабный координированный исследовательский проект по управлению сроком службы сопла первичной камеры высокого давления реактора. Данная работа включала исследование процесса старения, методы мониторинга процесса, меры по смягчению его последствий и определение пробелов в знаниях. Результаты исследования позволили выявить различные факторы, влияющие на функционирование компонентов. В настоящее время начата работа по созданию международной базы данных по управлению сроком службы атомных электростанций и их основных компонентов. Первая часть охватывает материалы камеры давления реакторов, а первый комплект данных содержит 1500 единиц информации по материальным свойствам таких камер.

Координация взаимодействия “электроэнергетическая компания — регулирующий орган”. Такая координация может вызвать трудности и во многих случаях нуждается в усовершенствовании. В настоящее время в этой области не существует каких-либо конкретных руководств. Поскольку данная проблема имеет отношение к безопасности станций, МАГАТЭ создало консультативную группу экспертов из предста-

вителей руководящего звена АЭС и регулирующих органов. Группа определила перечень типичных трудностей, а также выявила положительный практический опыт и возможности совершенствования в этой области. Положительный опыт касался следующего: независимость регулирующих органов, четкое определение их роли и функций, применение не директивного подхода к регулированию, четкие процедуры связи, частые встречи представителей АЭС и регулирующих органов, совместная деятельность в таких областях, как подготовка персонала и оценка результатов научных исследований и разработок, а также определение норм обеспечения регулирующих услуг.

Обеспечение качества управления регулирующими функциями. Применение установленных требований по обеспечению качества к регулирующим функциям является весьма чувствительной проблемой, которая требует решения для совершенствования работы атомных электростанций. Она привлекает к себе все больше внимания и была предметом обсуждения на совещании специалистов, организованном МАГАТЭ в 1996 г.

Сделаны следующие основные выводы: при выполнении регулирующих функций возникают типичные трудности (такие как отсутствие процедур и нормативов работы, отсутствие системы документации, плохая связь), что указывает на необходимость применения программы обеспечения качества (ОК). Было отмечено, что применению программы ОК к регулирующим функциям препятствуют такие факторы, как традиционное неприятие любых изменений, потребность в дополнительных ресурсах (людских и финансовых) для ее внедрения, а также ложное представление о том, что последовательное выполнение такой программы якобы ограничит возможности творческого подхода, свободу мнений при обсуждении проблем, а также снизит эффективность работы. Участники совещания пришли к согласию в отношении необходимости разработки специального руководства по данной проблеме.

Техническое обеспечение функционирования электростанций. Ключевым фактором в совершенствовании работы атомных электростанций являются качество и организация служб технического обеспечения эксплуатирующей организации. МАГАТЭ подготовило технический документ, содержащий положительные примеры ряда стран, который может служить руководством по данной проблеме. Основные функции служб технического обеспечения состоят в периодическом анализе применяемых на станции процедур на предмет их соответствия директивам руководства, постоянным модификациям и меняющимся условиям на станции. Такой анализ должен включать проверку и утверждение новых или измененных процедур, а также учетной документации и информационных систем. Далее, задачей технического обеспечения должно быть своевременное обнаружение неисправностей, выявление коренных причин их возникновения и определение корректировочных мер в целях предупреждения их повторения. Оно также должно играть роль в подго-

товке лицензионной документации, включая изменения, связанные с внедрением модификаций.

Помимо повседневной деятельности персонал технического обеспечения должен решать и долгосрочные задачи, относящиеся к оптимизации функционирования станций, изучению эксплуатационного опыта с целью извлечения уроков из событий, происшедших на своей станции и на других аналогичных станциях, мониторингу программ испытаний оборудования на соответствие техническим условиям и наблюдению за выполнением программ продления срока службы станций.

Компьютерные и связанные с ними системы. В истекшем десятилетии постоянно росла потребность в решении проблемы старения контрольно-измерительных систем, повышении роли человеческого фактора и обеспечении соответствия постоянно ужесточающимся регулирующим требованиям. В результате этого устаревшие аналоговые системы на станциях были заменены цифровыми системами; были также созданы всеобъемлющие и доступные информационные базы данных и системы управления. Эти системы обеспечивают эксплуатацию и техническое обслуживание с целью добиться общего усовершенствования обеспечения качества и повышения производительности. Прогресс в сфере информационных и коммуникационных технологий помог электроэнергокомпаниям более эффективно эксплуатировать свои станции путем интеграции компьютерных ресурсов и расширения возможностей доступа к информации для удовлетворения потребностей персонала станций и корпоративной стратегии отрасли. С учетом существующей потребности в модернизации контрольно-измерительной аппаратуры Агентство приступило в 1996 г. к осуществлению проекта, предусматривающего всесторонний пересмотр проблем модернизации.

Основные цели использования компьютеров в эксплуатации и обслуживании атомных электростанций включают повышение безопасности и снижение риска для капиталовложений, сокращение расходов на эксплуатацию, обслуживание и ремонт, расширение производства энергии и повышение производительности труда персонала. Компьютеры обеспечивают ряд преимуществ. К их числу относятся легкость введения комплексных защитных и блокирующих функций; автоматический контроль условий на станции, которые практически не могут быть проконтролированы другими способами; установки для комплексных и быстрых расчетов, позволяющие осуществлять оперативную оценку условий в реакторе, что способствует повышению безопасности и экономичности реактора; и наличие видеоаппаратуры для воспроизведения условий на станции, что позволяет сократить размеры панели управления и повысить эффективность эксплуатации.

В целях оказания помощи операторам шита управления используется ряд автоматических систем поддержки, например дисплеи, обеспечивающие графическое воспроизведение критических параметров или эксплуатационных данных для мониторинга. В области технического обслуживания разработаны автоматизированные системы

поддержки в целях сокращения числа отказов оборудования. Они позволяют быстрее находить и диагностировать неполадки и обеспечивают возможность совершенствования планового ремонта оборудования. Созданы системы других типов, например для содействия планированию перегрузок топлива или выявления коренных причин событий.

В 1995 г. МАГАТЭ создало всемирную базу данных по автоматизированным системам поддержки. Первая версия базы данных по системам поддержки операторов была завершена в 1996 г. и распределена между атомными электростанциями, проектными организациями и другими заинтересованными национальными учреждениями.

Перспективные направления и задачи

На глобальном уровне нужны еще более энергичные инициативы в поддержку развития ядерной энергетики и повышения эксплуатационных качеств атомных электростанций. В ближайшем будущем МАГАТЭ намеревается особо выделить проблемы, важные для принятия решений о роли ядерной энергии в национальных энергетических планах. Предусматривается привлечь национальные органы и побудить страны приложить усилия для расширения регионального сотрудничества в целях эффективного использования существующего опыта и ресурсов.

Основное внимание будет уделено обеспечению постоянного улучшения эксплуатационных параметров и надежности атомных электростанций. Это предполагает дальнейшее совершенствование управленческой деятельности и расширение обмена информацией и опытом в мировом масштабе. В свою очередь, МАГАТЭ работает над расширением баз данных, имеющих отношение к эксплуатации энергетических реакторов и управлению сроками службы станций.

В рамках программы координированных исследований Агентство намеревается также сосредоточить усилия на обеспечении конструкционной целостности реакторных камер давления. Предполагается разработать единообразную процедуру испытаний малых образцов с целью получения данных для анализа возможности появления трещин. Другие мероприятия будут направлены на подготовку персонала атомных электростанций в свете технического прогресса, а также реструктуризации и реорганизации, связанных с приватизацией и уменьшением размеров станций.

За прошедшие годы МАГАТЭ и ядерные электроэнергокомпании в государствах-членах приняли ряд мер по улучшению работы атомных электростанций и получили хорошие результаты. Главной задачей в предстоящие годы будут обеспечение продолжения совершенствования и выдвижение новых инициатив для дальнейшего прогресса в области экономической конкурентоспособности, надежности и безопасности атомных электростанций во всем мире. □