

рая позволяла бы наиболее эффективно использовать наличные ресурсы для охраны окружающей среды. В ряде представленных докладов, излагавших исследование конкретных случаев, высказывалась мысль, что анализ эффективности затрат является надлежащим инструментом для исследований, определяющих управление риском.

Некоторые долгосрочные эффекты влияния энергетических систем трудно оценить. На симпозиуме было показано, что сжигание ископаемого топлива приводит к увеличению концентрации двуоксида углерода в атмосфере, что, вероятно, способствует повышению средней температуры в мире. В ближайшем будущем это может повлиять на производство продовольствия, а в перспективе — на состояние ледяного покрова Земли.

#### Необходимость в лучшем общении

На симпозиуме было высказано общее мнение, что имеющиеся методики для анализа выгоды и риска энергетических систем подходят для развивающихся стран.

Вместе с тем было признано, что возникают большие трудности по переводу результатов научных оценок на язык, доступный тем кругам, которые принимают решения, и понятный для широкой общественности. В ряде докладов были представлены обзоры результатов, указывающие на то, что общественность чувствует себя плохо информированной и испытывает большой интерес к получению более широкой информации по сравнительной оценке энергосистем.

Участники высказали четкое мнение, что международные организации — в частности МАГАТЭ, ЮНЕП и ВОЗ — должны теснее координировать свои усилия, с тем чтобы способствовать использованию разработанных методик, чтобы получать и обобщать информацию относительно выгод и рисков энергетических систем и чтобы переводить и передавать результаты тем учреждениям, которые должны принимать политические решения.

#### Выгоды и риски производства энергии для здоровья

Влияние технологии на продолжительность жизни человека за последнее столетие

Технология /общая/	плюс 35 лет
Энергетика	плюс 3,5 года
„Более безопасные“ источники энергии	минус 0,01 года*
/1 смертный случай на 1 гига- ватт в год/	
Другие источники энергии /10 смертных случаев на гигаватт в год/	минус 0,1 года*

\* Уменьшение предполагает ежегодное потребление энергии в размере 5 гигаватт на 1 миллион человек.

/Источник: Д.К. Майер и др./

## Сокращение простоев атомных электростанций

Милан Подест

Поскольку в настоящее время капиталовложения в электростанции, работающие на ядерном топливе, составляют до 80% от общей стоимости производимой на них электроэнергии, по сравнению со станциями, работающими на нефти, технико-экономические показатели атомных электростанций привлекают к себе все большее внимание. В связи с этим особое значение придается высокой надежности и высоким эксплуатационным показателям АЭС — помимо стандартизации процедур лицензирования и сокращения срока строительства, — с точки зрения обеспечения длительной конкурентоспособности ядерной энергетики.

МАГАТЭ организовало недавно симпозиум с целью обмена технической информацией о путях максимального сокращения простоев атомных электростанций на основе анализа опыта прошлых лет\*.

В 1983 г. общая установленная мощность атомных электростанций с 313 реакторами во всем мире

М.Подест — сотрудник Отдела ядерной энергетики Департамента ядерной энергии и безопасности МАГАТЭ.

\* Официально совещание называлось „Симпозиум МАГАТЭ по вопросу простоя атомных электростанций“ и состоялось в Карлсруэ, ФРГ, 18–21 июня 1984 г.

составила 191 гигаваатт. На долю этих атомных электростанций приходилось около 8% общей мировой выработки электроэнергии, но, поскольку обычно эти электростанции работают в режиме основной нагрузки, они дают примерно 12% общемирового производства электроэнергии. В семи странах атомные станции производят более 25% электроэнергии, а в некоторых странах на их долю в период малого потребления зачастую приходится более 50% вырабатываемой электроэнергии. Атомная энергетика по-прежнему в целом конкурирует с тепловыми электростанциями, работающими на угле, и стоимость атомной электроэнергии гораздо ниже стоимости энергии, производимой на угольных электростанциях.

#### В ряде стран достигнут высокий коэффициент нагрузки

Опыт эксплуатации атомных электростанций уже служит прочной основой для совершенствования эксплуатации, ухода, контроля и ремонта. В целом в мире накоплен опыт работы объемом примерно 3200 реакторо-лет, что также соответствует 1100 реакторо-лет простоя. Опыт прошлых лет использовался для повышения коэффициента готовности станций за счет совершенствования конструкции новых станций и оборудования. Это позволило увеличить в некоторых странах средний коэффициент нагрузки от 60–65% до более 80%.

По словам одного из швейцарских участников симпозиума, говорившего о четырех атомных станциях страны (независимо от места изготовления и типа), к концу 1982 г. рабочее время этих станций было доведено до 80–85%. Это обусловлено очень хорошей организацией управления, обслуживания и эксплуатации; высокой квалификацией, подготовкой и деловитостью обслуживающего персонала, а также рядом специальных конструктивных особенностей. Имея в виду, что однодневный простой атомной электростанции мощностью 1000 мегаватт влечет за собой потери в 500 000 долларов США, повышение коэффициента готовности на 1% в год компенсирует дополнительные затраты на управление, эксплуатацию и обслуживание.

#### Основной фактор: планирование простоев

Анализируя доклады, представленные рядом стран — Канадой, Францией, ГДР, ФРГ, Венгрией, Италией, Швецией и США, — можно сделать вывод, что на коэффициент готовности в основном влияют запланированные, а не незапланированные простои, отношение которых составляет 75 к 25%. Дальнейшее сокращение времени запланированного простоя на загрузку топлива, проверку, уход за оборудованием и ремонт является в связи с этим очень важной задачей. По-видимому, оптимальным является запланированный срок простоя в 30 дней на один цикл реактора, который уже достигнут на некоторых атомных станциях (без учета больших

и тщательных проверок, требующихся органами надзора).

Для повышения коэффициента готовности определяющее значение сейчас имеет не совершенствование основного оборудования, а улучшение эксплуатации и обслуживания. В ряде докладов указывалось, что дальнейшее повышение коэффициента готовности требует тщательной подготовительной работы, четкого планирования, использования макетов для ремонтных работ (например, модель парогенератора) и систематической подготовки обслуживающего персонала. Уже используются или находятся в стадии разработки системы автоматизированного планирования и контроля, а также эксплуатации атомных электростанций.

Незапланированные простои, в большинстве случаев не связанные с безопасностью, являются общими по своему характеру. Как свидетельствует исчерпывающий анализ, проведенный компанией „Электрисите де Франс“ на всех французских реакторах с водой под давлением мощностью 900 мегаватт, около 77% случаев незапланированного простоя носили технический характер, тогда как 23% объяснялись ошибками операторов. В связи с этим в ряде докладов подчеркивалась необходимость повышения качества и контроля при изготовлении оборудования, монтаже и эксплуатации атомных электростанций.

#### Повышать уровень подготовки эксплуатационников

Одновременно во многих докладах уделялось большое внимание систематическому обучению, подготовке и переподготовке обслуживающего персонала. При этом отмечалось, что хорошие результаты в деле повышения коэффициента готовности атомных электростанций могут быть получены только при наличии тщательно подготовленного квалифицированного и добросовестного персонала. Таким образом, основательное обучение и подготовка (от администрации станции до операторов-контролеров) играют важную роль. В докладах содержался обзор различных используемых в настоящее время методов и программ подготовки кадров — аудиторные лекции, работа с оборудованием, использование моделей и макетов, стажировка — и подчеркивалось, что подготовка всегда должна увязываться с созданием стимулов для более эффективной работы.

Были высказаны различные взгляды на роль стандартизации в том, что касается повышения коэффициента готовности атомных электростанций. Стандартизация в настоящее время является основной задачей для поставщиков, решение которой позволит повысить экономичность этих электростанций; она должна положительно сказаться на времени запланированных простоев, а, следовательно, и на повышении коэффициента готовности.

### Обмен информацией

На симпозиуме говорилось также об использовании различных систем информации — в основном автоматизированных — на национальном, региональном и даже на международном уровнях для широкого обмена опытом эксплуатации атомных электростанций.

По-прежнему существуют определенные противоречия в определении данных и различных коэффициентов. Совершенно очевидно, что коэффициенты нагрузки или время приведения атомных электростанций в готовность более не являются достаточ-

ными параметрами при обмене опытом, поскольку атомные электростанции работают во все возрастающем режиме нагрузки. В связи с этим готовность станции производить энергию является лучшим показателем для сравнения работы атомных станций.

Для решения этих насущных проблем следует совершенствовать координацию и сотрудничество. Система информации по энергетическим реакторам МАГАТЭ может служить хорошей основой для лучшего определения этих показателей во всемирном масштабе.

## Улучшение эксплуатационных характеристик атомных электростанций

Виталий Осмачкин

Как известно, предупреждение серьезных заболеваний благодаря ранней диагностике незначительных отклонений в организме, является одной из предпосылок долгой и счастливой жизни.

Аналогично, раннее выявление внутренних повреждений в реакторе и компонентах первого контура, позволяющее предупреждать аварийные ситуации на атомных электростанциях, обеспечивает условия для их успешной эксплуатации.

МАГАТЭ постоянно уделяет большое внимание повышению безопасной эксплуатации. В числе различных мероприятий, проводимых Агентством в этой области, можно назвать совещания, посвященные обсуждению способов предотвращения аварийных ситуаций на реакторах.

Одним из таких совещаний был Международный семинар по диагностике и реакции на аномальные ситуации на атомных электростанциях, состоявшийся в Дрездене, ГДР, с 12 по 15 июня 1984 г.

Он был созван МАГАТЭ совместно с Центральным институтом ядерных исследований в Россендорфе и Государственным управлением по ядерной безопасности и радиационной защите ГДР.

Высококвалифицированные эксперты, ученые, конструкторы и эксплуатационники встретились

для обсуждения современной технологии предупреждения и контроля аварийных ситуаций, для обмена идеями и оценки результатов исследований в этих областях, представляющих непосредственный интерес.

68 участников из 19 стран представили 35 докладов, охватывающих различные важные аспекты безопасной эксплуатации. В числе обсуждавшихся тем были вопросы диагностики аномальных ситуаций на АЭС; автоматизированные системы поддержки операторов; ранняя диагностика повреждений в активной зоне и в оборудовании первого контура; местные противоаварийные меры и реакция на аномальные ситуации; и обобщение эксплуатационного опыта.

### Непрерывный контроль

На семинаре подчеркивалось, что на некоторых атомных электростанциях были предложены, разработаны и в настоящее время установлены системы непрерывного контроля и диагностики. Было приведено детальное описание системы непрерывного контроля для АЭС Борселе в Нидерландах.

Такие методы, как анализ нейтронных шумов, были признаны пригодными для непрерывного измерения внутриреакторных вибраций, тогда как

В. Осмачкин — сотрудник Отдела ядерной безопасности МАГАТЭ.