

должен рассматриваться несколько раньше, поскольку он тесно связан с участием государства.

Что касается принятия ядерной энергетики общественностью, то помощь МАГАТЭ осуществляется в виде семинаров и информационных материалов. На семинарах изучаются основные проблемы и общие требования к программам по ядерной энергетике, представляющие интерес для политических деятелей и других лиц, принимающих решения.

• **Планирование развития инфраструктур и изучение технической осуществимости.** Наличие адекватных национальных инфраструктур – основное условие успешного осуществления программы по ядерной энергетике. Это особенно касается наличия квалифицированных кадров.

МАГАТЭ оказывает помощь в оценке основных инфраструктур, т.е. в определении способностей планирования и принятия соответствующих решений, в создании организационных структур, а также структуры и размера энергосистемы, в подготовке квалифицированных кадров, в обеспечении промышленной поддержки и финансирования. Сюда относится и оценка способности освоить передаваемую технологию, и разрабатывать планы развития, по возможности опираясь на опыт своей страны в использовании ядерных методов и исследовательских реакторов. В деле подготовки кадров предлагаются различные виды технического сотрудничества, а именно: проекты для конкретных стран, крупномасштабные проекты по Программе развития ООН, учебные курсы, миссии, семинары. Многие элементы комплексной помощи частично совпадают и координируются с теми, которые предоставляются при разработке программы по ядерной энергетике.

Роль Агентства в изучении осуществимости проектов ядерной энергетики (включая и финансовую осуществимость) ограничивается предоставлением рекомендаций по организации такого изучения, определением его содержания и оценкой его проведения и результатов. По возможности предлагается острудничество с Международным банком реконструкции и развития и с Организацией промышленного развития ООН (ЮНИДО).

• **Определение политики и стратегии для государственного участия.** Государственное участие – составная часть программы по ядерной энергетике. Объем и уровень государственного участия меняются в зависимости от конкретных условий в каждой стране и от национальной политики и инфраструктур, от капиталовложений, от таких рыночных факторов, как стоимость национальной продукции, финансирование, стандарты качества, технология „ноу-хау“, ядерная безопасность, наличие сырьевых материалов.

Роль МАГАТЭ заключается, главным образом, в оказании помощи в изучении возможностей государственного участия.

• **Финансовое планирование для ядерно-энергетических проектов.** Финансирование ядерно-энергетических проектов включает сложные проблемы, требующие полного понимания их всеми заинтересованными сторонами. МАГАТЭ содействует обмену информацией между покупателями, поставщиками, финансирующими организациями и страховыми компаниями экспортных кредитов для достижения лучшего понимания специальных требований, сложностей и возможностей финансирования ядерной энергетики в развивающихся странах. Агентство совместно с Международным банком реконструкции и развития оказывает помощь в повышении способностей местных правительств и энергетических предприятий к финансовому планированию в энергетическом секторе с целью расширения возможностей финансирования ядерной энергетики.

Подготовка операторов диспетчерской АЭС для работы в аварийных условиях

Применение моделирующих устройств для подготовки к крупным авариям

Луис Ледерман

Обучение на моделирующих устройствах на АЭС Три Майл Айленд в штате Пенсильвания (Фото: INPO)



Использование моделирующих устройств для подготовки операторов получило широкое распространение в ядерной промышленности и в других высокоразвитых технологиях. В последние годы результаты вероятностных оценок безопасности (ВОБ) и опыт эксплуатации атомных электростанций определили ряд сценариев, требующих дополнительной подготовки операторов.

Сценарии с крупными авариями сочетают обычные ошибки человека, общие причины повреждений, случайные повреждения компонентов и различные виды взаимодействия систем. В основном эти аварии — «вне проектной основы». По своей природе они — редкое явление, и трудно предсказать поведение оператора в таких ситуациях. Для подобных обстоятельств следует использовать моделирующие устройства с тем, чтобы с их помощью научить операторов предотвращать или справляться с крупными авариями. В связи с этим рассматриваются различные подходы.

На недавно проведенном МАГАТЭ в Вене научном совещании рассматривался опыт использования моделирующих устройств для подготовки к работе в аварийных условиях*.

Для моделирования возможные сценарии должны рассматриваться в рамках преднамеренного их применения. Например, для того, чтобы создать стрессовые ситуации для эксплуатационной группы необходимы срочные решения по продолжительности сценария. Подготовка аварийных групп, которые должны действовать в чрезвычайных условиях и проверка процедур или стратегии также являются основными целями моделирования сценариев аварии и требуют особого рассмотрения.

Ограничения полномасштабных моделирующих устройств являются очевидными особенно для долгосрочных сценариев. На сегодняшний день граничные условия мало изучены. Исходные условия сводятся к работе на полной мощности. Такое предположение исключает из поля зрения ситуации, когда не хватает систем, обеспечивающих безопасность, и имеет место отвлечение эксплуатационной группы на выполнение других задач. Такие ситуации типичны для подкритических и других режимов работы на малой мощности, и это должно учитываться. С другой стороны, поскольку точность компьютерного моделирова-

ния уменьшается пропорционально деградации активной зоны, сценарии крупных аварий заканчиваются на стадиях, когда ручное управление не может влиять на прогрессирующее повреждение активной зоны.

Основной особенностью сценариев является возможность воспроизведения в операторской ситуации в учебных целях.

Развитие сценария предполагает три стадии:

- Постепенное с нарастающей остротой введение нарушений в целях побудить оператора войти в сценарий и сосредоточиться.
- Введение дополнительных повреждений и нарушений с целью создания у оператора максимально стрессового состояния.
- Затягивание сценария в расчете на появление со временем особых трудностей; членам групп технического обеспечения может быть предоставлена дополнительная информация с тем, чтобы они также приняли участие в аварийных мероприятиях и искали необходимые решения.

Изучение функциональных требований к полномасштабным моделирующим устройствам, используемым для подготовки операторов на случай крупных аварий, выявило следующие ограничения общности имеющихся моделирующих систем:

- Существующие математические модели (нейтронная, термогидравлическая, контрольная, логическая) не применимы к широкому ряду переходных состояний, создающих условия для крупных аварий.
- Программы моделирования в реальном времени, многие из которых записываются на особом машинном языке с целью увеличить эффективность их реализации, трудно или даже невозможно модифицировать.

Такие области, как двухфазовый поток, характеристика противоаварийной оболочки реактора, система охлаждения активной зоны при авариях (СОАЗА), термогидравлика и нейтроника активной зоны и поведение топлива, требуют новых моделирующих устройств. Для моделирования термогидравлики активной зоны требуются два периода. Первый период — повреждение до активной зоны — может быть воспроизведен с помощью моделей аварии с потерей теплоносителя (АПТ). Во втором периоде моделировать труднее. Это относится в первую очередь к тому случаю, когда происходит быстрый разогрев активной зоны, а сценарий предполагает частичный или полный выход из строя СОАЗА. Для явлений, при которых конкретные аварийные условия дают противоречивые показания по различным квадрантам активной зоны, также необходимо детальное моделирование.

Результаты ВОБ показывают, что многие из преобладающих последовательностей в авариях с повреждением активной зоны происходят от переходных состояний, связанных с вторичной стороной станции. Поэтому для баланса станции необходимо моделирование двухфазового потока.

При крупной аварии в операторской проверяются такие параметры противоаварийной оболочки реактора, как температура, давление, влажность и радиоактивность. Оператор должен уметь оценивать эти параметры и принимать соответствующие меры. Модели оболочки должны включать движение пара и воды между отсеками и срабатывание предохранительных устройств типа разбрызгивателей и отверстий для проследивания местонахождения водорода.

Сложность физических явлений, связанных с крупными авариями, позволяет математическим моделям легко создавать нереальные условия. В таких случаях инструкторы должны представлять ситуацию, главным образом, с помощью математического обеспечения.

Общее мнение таково, что при обучении на моделирующих устройствах к моделированию вне проектной основы следует относиться с чрезвычайной осторожностью.

* Experience with simulator training for emergency conditions (Опыт использования моделирующих устройств для подготовки к работе в аварийных условиях) IAEA-TECDOC-443, Vienna, 1987. Г-н Ледерман — сотрудник Отдела ядерной безопасности.