



ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

№ 4

2014

СЕРИЯ: АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

ТРЕНАЖЕРЫ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНЫХ ЦЕНТРОВ АЭС

Перспективы ядерной энергетики, которые строятся на прочном фундаменте надежной эксплуатации атомных объектов, изменили порядок следования целей оперативного сопровождения работы АЭС: от эффективности работы станции при условии обеспечения ее безопасности – к безопасности, а затем уже эффективности. Это чрезвычайно обширная задача, имеющая множество аспектов, – от совершенствования технологических систем, в первую очередь систем контроля и управления, до подготовки персонала. При этом «человеческий фактор» является одним из важнейших в плане обеспечения безопасности АЭС. Учитывая сложность технологических процессов, к квалификации оперативного персонала на атомных станциях предъявляются высочайшие требования.

Управление работой энергоблоков АЭС возложено на операторов блочных пунктов управления. Мировой опыт показывает, что наилучшей формой подготовки и поддержания квалификации этих специалистов является организация учебного процесса на базе тренажеров – полномасштабных, аналитических, локальных, многофункциональных, которыми оснащаются учебно-тренировочные центры (УТЦ) на АЭС.



Полномасштабный тренажер (ПМТ) энергоблока АЭС – программно-технический моделирующий комплекс, созданный с использованием проектной, пусконаладочной и эксплуатационной документации энергоблока, и базирующийся на комплексной всережимной математической модели энергоблока, функционирующей в реальном масштабе времени. Тренажер предназначен для профессиональной совместной

подготовки оперативного персонала блочного пункта управления энергоблока с использованием его реальной полномасштабной модели.

Полномасштабный тренажер энергоблока имеет точную копию реального блочного и резервного щитов управления (БЩУ и РЩУ). Приборы и ключи управления, расположенные

на панелях и пультах моделей БЩУ и РЩУ, воспроизводят аппаратуру энергоблока АЭС по составу, расположению, размерам, форме и цвету. Информация, отображаемая на мониторах и индикаторах, предоставляется оператору в том же виде и величинах, как и на БЩУ и РЩУ энергоблока АЭС.



Аналитический тренажер – программно-технический моделирующий комплекс, предназначенный для переподготовки и поддержания квалификации персонала блочного щита управления АЭС с использованием полномасштабной математической модели энергоблока, функционирующей в реальном масштабе времени. Основное отличие от полномасштабного тренажера состоит в том, что панели имитатора

блочного пункта управления представлены в графической форме. Аналитический тренажер является мощным инженерным средством для проверки проектных решений новых энергоблоков, тестирования алгоритмов управления, выбора настроек автоматических регуляторов и оптимизации эксплуатационных и противоаварийных инструкций.

Используя оборудование тренажеров в ходе учебного процесса, можно создавать любые учебные аварийные ситуации, связанные с самыми различными видами отказов оборудования, и выводить на дисплеи таблицы и графики контролируемых параметров, фрагменты технологических схем и, кроме того, вводить с дисплея стандартные исходные состояния установки. При этом имеется возможность зафиксировать действия обучаемых операторов и их переговоры, а затем воспроизвести весь процесс подготовки в замедленном времени для детального анализа.

Полномасштабные и аналитические тренажеры нового поколения позволяют моделировать в реальном масштабе времени все режимы эксплуатации АЭС. Программное обеспечение этих тренажеров базируется на высокоточных физико-математических моделях технологических систем и дает возможность корректировки характеристик основного технологического оборудования и систем, изменения уставок срабатывания защит, блокировок и сигнализации, настроек регуляторов.

Основным разработчиком полномасштабных и аналитических тренажеров для АЭС с реакторами ВВЭР является ОАО «Дженерал Энерджи Технолоджиз» (ОАО ДЖЭТ). Специалисты ОАО ДЖЭТ освоили ведущие западные программы, адаптировали их к российским реакторам и накопили опыт анализа с их помощью нестационарных аварийных режимов работы АЭС, построенных по российским проектам. ОАО «ДЖЭТ» располагает большим набором кодов, начиная от высокоточных программ, позволяющих проводить анализ безопасности АЭС (соответствующие программы имеют лицензии НТЦ ГАН РФ), до быстродействующих кодов, позволяющих моделировать все системы АЭС в режиме реального времени или даже в ускоренном режиме.

Так, в ОАО «ДЖЭТ» разработаны следующие программные комплексы, используемые в тренажерах ВВЭР: ГЕФЕСТ – комплекс программ трехмерных нейтронно-физических расчетов реактора в многогрупповом (26 групп) диффузионном приближении в трехмерной гексагональной геометрии; GETERA – комплекс программ для нейтронно-

физического расчета ячеек, полячеек и фрагментов реактора; TRUVER – комплекс программ нейтронно-физического расчета. Используется трёхмерное, двухгрупповое диффузионное приближение, с 6 группами запаздывающих нейтронов и с 11 группами осколков деления для расчета остаточного энерговыделения; БАГИРА (быстрый анализ гидродинамики реактора) – для исследования нестационарных режимов работы АЭС и др.

Произошедшие в последнее время на некоторых атомных электростанциях аварийные события продемонстрировали актуальность и важность детального моделирования процессов на энергоблоках АЭС в аварийных режимах, переходящих в тяжелую стадию, и указали на необходимость разработки мероприятий по управлению тяжелыми и запроектными авариями. Для отработки таких мероприятий и подготовки персонала на полномасштабном тренажере математическая модель энергоблока, используемая в тренажере, дополняется специальной моделью, позволяющей анализировать тяжелую стадию аварии с деградацией активной зоны в реальном масштабе времени.

Программный комплекс SAM для моделирования тяжелых аварий на АЭС с ВВЭР на полномасштабных и аналитических тренажерах

Для моделирования в реакторном контуре ВВЭР параметров развития запроектной аварии на всем ее протяжении – от исходного события до тяжелой стадии, включая внекорпусную стадию, – в ОАО «ДЖЭТ» разработан программный комплекс SAM (Severe Accident Model). Программа предназначена для моделирования всех основных процессов, происходящих при запроектных авариях, включая: пароциркониевую реакцию, плавление и разрушение топлива, поведение расплава, разрушение внутрикорпусных устройств и корпуса реактора, взаимодействие расплава с бетонным основанием шахты реактора или устройством локализации расплава с выделением радиоактивных веществ.

Архитектура комплекса SAM дает возможность применять программный комплекс SAM (ПК SAM) как в составе тренажерной математической модели энергоблока, так и автономно. При моделировании аварийных процессов в активной зоне определяются следующие параметры процесса: распределение температур по активной зоне с учетом мощности остаточных тепловыделений, неравномерность распределения тепловыделений по активной зоне и тепловой эффект пароциркониевой реакции; изменения геометрии твэлов и каналов теплоносителя в активной зоне; выход водорода и распространение его по I контуру; количество разгерметизированных твэлов, выход радиоактивных продуктов, накопленных под оболочкой твэлов, и распространение их по I контуру; выход расплавленных материалов активной зоны (состава, массы и энергии) в нижнюю камеру реактора.

Для визуализации процесса тяжелой аварии в ПК SAM разработаны соответствующие динамичные видеокдры, на которых оператор может наблюдать за процессами, протекающими в активной зоне, в корпусе реактора и в I контуре, благодаря отображению основных параметров на датчиках, а также по изменению цветовой гаммы, которая зависит либо от температуры, либо от паросодержания. По изменению цветовой структуры, зависящей от температуры, можно наблюдать разогрев активной зоны, ее плавление и стекание расплава сначала на нижнюю опорную решетку активной зоны и систему опорных труб, затем на днище шахты реактора, а потом на днище реактора, проплавление корпуса реактора и попадание расплавов в «ловушку».

В настоящее время программный комплекс SAM внедрен на полномасштабных тренажерах Балаковской АЭС и Тяньваньской АЭС, где используется в учебно-тренировочных центрах. Осуществляются работы по его внедрению при модернизации полномасштабных тренажеров Нововоронежской и Кольской АЭС, а также во все ПМТ нового поколения.

Для однотипных блоков АЭС разрабатывается полномасштабный тренажер с вводом его в эксплуатацию до физического пуска. Решением Госкорпорации «Росатом» в качестве референтного проекта учебно-тренировочного центра для АЭС, сооружаемых за рубежом по российским проектам, принят проект УТЦ Нововоронежской АЭС-2. Проект тренажера энергоблока №1 НВАЭС-2 – аналитический тренажер ВВЭР-1200 с использованием комплексной всережимной математической модели энергоблока, функционирующей в реальном масштабе времени.

Аналитический тренажер ВВЭР-1200 обеспечивает решение следующих задач:

подготовку специалистов в области эксплуатации ядерно-энергетических установок, ядерной безопасности и ядерных технологий;
изучение устройства и работы оборудования АЭС;
обучение принципам управления технологическими системами при нормальной и аварийной эксплуатации энергоблока;
изучение протекания физических и технологических процессов на энергоблоке;
анализ последствий отказов оборудования энергоблока;
изучение проблем безопасной эксплуатации атомных энергоустановок;
опробование новых технических решений (изменение параметров, защит, блокировок и т.п.).

Квалификация персонала, управляющего технологическими процессами на АЭС, всегда будет одним из ключевых факторов в обеспечении безопасной эксплуатации станции, так как случайная или вызванная нехваткой квалификации ошибка оператора может свести на нет любые усилия по увеличению надежности оборудования и совершенствованию технологий.

Для детальной отработки оперативным персоналом навыков управления различными эксплуатационными режимами работы станции, включая тяжелые и запроектные аварии (даже при их малой вероятности), используются тренажеры различных типов, оснащенные сложными моделирующими комплексами и допущенные в установленном порядке к применению при подготовке персонала АЭС.

Источники:

1. www.get-msk.ru
2. Nuclear.Ru

3. Осадчая Д.Ю., Фукс Р.Л. Программный комплекс SAM для моделирования тяжелых аварий на АЭС с ВВЭР на полномасштабных и аналитических тренажерах // Теплоэнергетика. – 2014, № 4, С. 57-62

Материал подготовили: Брылева В.А., Войтецкая Е.Ф., Нарейко Л.М.

Адреса для контактов:

ГНУ «ОИЭЯИ – Сосны» НАН Беларуси, 220109, Минск, ул. академика А.К. Красина, 99
тел.: 391-14-43, факс: 391-13-35, Web-site: <http://www.sosny.bas-net.by>
E-mail: valentina.brylioiva@yandex.by

Для получения данного информационного бюллетеня просим подать заявку в электронном виде с указанием своего электронного адреса

©При перепечатке ссылка обязательна

По заказу Министерства энергетики Республики Беларусь