**Вывод блока из эксплуатации**

Применение имитационных моделей для оценки технико-экономических характеристик вариантов работ по демонтажу оборудования блока АЭС

Выбор подходящего варианта вывода из эксплуатации (ВЭ) для конкретного блока АЭС осуществляется на основе многофакторного анализа, при котором необходимо рассмотреть ряд как общих для всех АЭС, так и конкретных факторов, присущих именно этому объекту. Эти факторы охватывают вопросы безопасности, охраны окружающей среды и здоровья населения, стоимости работ, социально-экономического воздействия на положение региона, наличия необходимых финансовых, технических, материальных и людских ресурсов и т. д.

С учетом длительности, сложности и потенциальной опасности процесса ВЭ для персонала, населения, окружающей среды, значительной стоимости практической реализации вывода, а также с учетом развития современных информационных технологий и наличия на сегодняшний день информационно наполненных баз данных вывода из эксплуатации на ряде АЭС РФ, созданных с применением трехмерного моделирования, представляется необходимым и возможным осуществлять предварительное моделирование процесса вывода (или его основных, наиболее сложных, технологических операций) на имитационных многомерных интерактивных моделях блока АЭС (ИМ ВЭ блока АЭС).

В требованиях нормативно-технических и руководящих документов Ростехнадзора и Концерна «Росэнергоатом» определено создание и наполнение информационной системы базы данных вывода из эксплуатации (ИС БДВЭ) для всестороннего информационного сопровождения процесса ВЭ. Формирование ИМ ВЭ должно являться составной частью создания ИС БДВЭ.

На сегодняшний день работы по созданию информационной системы базы данных вывода из эксплуатации блоков АЭС осуществляются достаточно активно. Однако все созданные и создаваемые на текущий момент информационные системы пока решают только базовую задачу систематизации, сохранения и передачи знаний на длительные временные сроки. Вместе с тем зарубежный опыт показывает возможность создания и высокую эффективность применения ИМ ВЭ блоков АЭС. Достаточно привести такие примеры, как система инженерной поддержки ВЭ АЭС Fugen, или программные комплексы STILLKO, CORA-CALCOM, которые позволяют получать достаточно точные оценки стоимости вывода, осуществлять расчеты объемов образующихся РАО, отрабатывать сложные технологии демонтажа на виртуальных моделях с подсчетом дозовых нагрузок, проводить обучение персонала и т. д. В качестве практического примера применения подобных технологий можно привести один из крупнейших проектов современности по выводу из эксплуатации 5 энергоблоков с реакторными установками типа ВВЭР на АЭС Greifswald в Восточной Германии, в процессе которого активно применялись информационные системы, базы данных и расчетные комплексы оценки различных аспектов вывода из эксплуатации блоков.

Основной целью создания и применения имитационной модели вывода из эксплуатации блока АЭС является снижение издержек и повышение безопасности осуществления выбранного стратегического варианта вывода блока за счет системного управления требованиями к его проекту, многофакторного предварительного компьютерного имитационного моделирования и оптимизации осуществления как всего процесса вывода в целом, так и его отдельных наиболее сложных технологических операций, итеративной верификации проекта для удовлетворения сформулированных требований.

Задавая в ИМ ВЭ различные варианты конечных состояний, планов‑графиков осуществления работ с указанием конкретных применяемых технологий и технологических процессов демонтажа элементов конструкций блока, на «выходе» возможно будет получить временные и финансовые характеристики варианта осуществления работ, объема образующихся РАО, величины дозовых нагрузок на персонал, выполняющий работы. Немаловажным фактором является возможность визуального динамического отображения процесса демонтажа элементов конструкций блока для оценки корректности и оптимальности осуществления этапов работ, выявления пространственно-временных коллизий, а также для предварительного обучения персонала.

Формирование ИМ ВЭ должно осуществляться после первоначального наполнения ИС БДВЭ блока АЭС в достаточном объеме.

Определенный по результатам применения ИМ ВЭ оптимальный способ осуществления работ в рамках выбранного стратегического варианта должен являться основой для преобразования ИМ ВЭ в ND-проектную модель вывода, которая совместно с данными комплексного, инженерного и радиационного обследования (КИРО), а также разработанной при проектировании ВЭ проектно-конструкторской, организационно-технологической, сметной и иной документацией, введенной в состав ИС БДВЭ, должна формировать электронный проект ВЭ блока АЭС (ЭП ВЭ).

ND-проектная модель ВЭ должна в дальнейшем использоваться при планировании и управлении практическими работами по выводу блока АЭС в соответствии с разработанными и отраженными в ней проектными решениями.

Для достижения указанной цели имитационная модель вывода из эксплуатации должна обеспечивать решение следующих задач:

Формирование и поддержание иерархически декомпозированной системы требований к проекту вывода из эксплуатации, применяемым методикам и технологиям выполнения работ, организационным, технологическим, экономическим и другим накладываемым ограничениям.

Использование данных ИС БДВЭ в качестве основы для формирования ИМ ВЭ, включая трехмерные инженерные модели промплощадки и блока АЭС, интегрированные с проектными, эксплуатационными данными и данными КИРО по зданиям, сооружениям, системам и оборудованию (ЗССО) промплощадки и элементам блока АЭС. Степень детализации указанной информации ИС БДВЭ, ее трехмерных моделей должна быть достаточна для решения задач имитационного моделирования и получения достоверных оценок аспектов реализации того или иного варианта выполнения отдельных работ по ВЭ и всего процесса вывода в целом.

Ведение информационного банка данных (альтернативных) технологий и методик осуществления типовых технологических операций по ВЭ (дезактивация, демонтаж, подъемно-транспортные операции) с указанием применяемого оборудования, механизмов, инструментов, а также временных, людских, финансовых и других параметров их применения.

Формирование планов‑графиков различного уровня выполнения работ по ВЭ с возможным указанием используемых ресурсов. Ведение пула используемых ресурсов с указанием характеристик ресурсов, стоимости их использования (персонал АЭС и подрядных организаций, механизмы, оборудование и инструменты).

Расчет укрупненной оценки стоимости вывода из эксплуатации по выбранному варианту на основе утвержденной в ОАО «Концерн Росэнергоатом» методики расчета укрупненной оценки стоимости вывода с использованием в качестве исходных данных информации ИС БДВЭ блока АЭС.

Динамическую визуализацию на трехмерных моделях блока АЭС и промплощадки блока АЭС управляемых электронных образов (имитационных макетов) оборудования, механизмов, персонала для моделирования отдельных наиболее сложных технологических операций по ВЭ с одновременным подсчетом дозовых нагрузок на персонал и применяемое оборудование, объемов и характеристик образующихся отходов, экономических аспектов осуществления моделируемых технологических операций.

Средства автоматизированной верификации технологических операций ВЭ и всего выбранного варианта вывода на предмет удовлетворения заложенным требованиям к проекту.

На основе зарубежного опыта создания имитационных моделей для задач вывода блоков АЭС и других ядерных установок целесообразно построение ИМ вывода из эксплуатации, включающей следующие элементы (функциональные подсистемы):

ИС БДВЭ блока АЭС. ИС БДВЭ содержит в себе всю необходимую информацию о блоке АЭС (трехмерные и двухмерные инженерные модели, перечни систем и оборудования с указанием массогабаритных и иных характеристик, данные по радиационной обстановке и радиационному загрязнению оборудования, электронный архив документации). ИС БДВЭ в целом обеспечивает датацентрический метод хранения информации, обмен данными между САПР, сбор, структурированное хранение и представление по запросу пользователя инженерно-технической информации.

Система управления требованиями (СУТ). СУТ предназначена для сбора, документирования, согласования, модификации и верификации требований, контроля реализации, управления изменениями требований, а также связывания и прослеживания требований к результатам разработок стадий технического проектирования и рабочей документации проекта ВЭ.

Система календарно-сетевого планирования (СКПС). Содержит в себе планы-графики выполнения работ по ВЭ нужной степени детализации с указанием потребного объема ресурсов для их реализации.

Система расчета конфигурации радиационных полей (СРКРП). Данная расчетная система на основании данных ИС БДВЭ о радиоактивном загрязнении оборудования, трубопроводов, строительных конструкций блока АЭС обеспечивает расчеты конфигурации радиоактивных полей в локальных местах блока АЭС для определения дозовых нагрузок на персонал и технические средства, планируемые к применению для выполнения технологических операций по ВЭ.

Система расчета объемов РАО (СРОРАО). Данная расчетная система на основании информации ИС БДВЭ должна обеспечивать функции подсчета объемов РАО, образующихся при демонтажных работах и работах по дезактивации оборудования и систем, с указанием типов и категорий образующихся РАО.

Система расчета дозовых нагрузок (СРДН). Данная расчетная система предназначена для оценки дозовых нагрузок персонала, привлекаемого к выполнению тех или иных технологических операций по ВЭ в условиях существующей конфигурации радиационных полей.

Нормированная база данных технологий (НБДТ). Данная система содержит в себе перечень и описание апробированных референтных технологий по ВЭ (дезактивация, демонтаж и пр.) с нормативами их применения для расчета стоимости.

Система укрупненного расчета стоимости (СУРС). Данная система обеспечивает на основе данных смежных систем расчет стоимости выполнения отдельных технологических операций по ВЭ с возможным учетом затрат на обращение с образующимися РАО.

Система моделирования технологических операций (СМТО). Система обеспечивает отработку (моделирование) на трехмерных моделях блока АЭС тех или иных технологических операций с применением управляемых электронных образов (имитационных макетов) оборудования, механизмов, персонала с одновременным подсчетом дозовых нагрузок на персонал и применяемое оборудование, объемов и характеристик образующихся отходов, экономических аспектов осуществления моделируемых технологических операций.

Имитационно-обучающий тренажер (ИОТ). Представляет собой комплекс программно-технических средств, реализующий элементы технологий виртуальной реальности и применяемый для обучения персонала организаций, привлекаемого к практическим работам по ВЭ, выполнению последовательностей работ в рамках разработанных технологических операций.

На сегодняшний день создание и применение ИМ ВЭ наиболее актуально для подготовки к выводу из эксплуатации и выводу блоков №№ 1, 2 Белоярской и Нововоронежской АЭС. Целесообразно создание ИМ ВЭ и для блока № 1 Ленинградской АЭС, для которого, с одной стороны, приближается истечение продленного срока службы, а, с другой, сформирована и информационно наполнена база данных вывода из эксплуатации. Реализация ИМ ВЭ для этого блока может послужить основой для отработки проектных решений и технологий по выводу из эксплуатации блоков АЭС с РБМК в целом.

Список литературы

Журнал "Росэнергоатом"