

## ОПЫТ РАЗРАБОТКИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ (КОС) «ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА (ЯТ) НА КАЛИНИНСКОЙ АЭС»

А.С. Ахтямов, А.Н. Бугаев, В.С. Щербнев\*

*Калининская АЭС,*

*\*Ивановский государственный энергетический университет*

Аннотирован компьютерный учебный курс «Эксплуатация ядерного топлива на калининской АЭС» как пример применения компьютерной обучающей системы (КОС), используемой на Калининской АЭС. Курс состоит из 14 частей, каждая из которых имеет блок тестирования. Рассмотрены все технические решения, связанные с модернизацией ядерного топлива на Калининской АЭС (за последние 15 лет). Большое внимание уделено вопросам ядерной и радиационной безопасности. Рассмотрены перспективы использования ядерного топлива для реакторов ВВЭР-1000. Курс предназначен для тех категорий оперативного персонала атомных станций, в чьи должностные обязанности входят вопросы, связанные с эксплуатацией ядерного топлива. Курс может быть полезен и для студентов соответствующих специальностей.

Приводится краткое описание компьютерной обучающей системы, используемой на Калининской АЭС и позволяющей решать широкий спектр вопросов, связанных с компьютерным обучением, особенно по тематике атомных станций. Перечислены и кратко охарактеризованы составляющие пакета программ «Курсограф». Показано, что используемые визуальные технологии разработки учебных материалов, облегчают разработку и увеличивают производительность труда. Отсутствие необходимости знать языки программирования оказывается крайне полезной в случаях, когда разработкой курсов занимаются работники имеющие квалификацию, в других отраслях знаний.

Широкое использование компьютеров как в научных исследованиях, так и в практике эксплуатации промышленных и экспериментальных ядерных установок предопределяет рост и совершенствование компьютерных технологий в обучении и профессиональной подготовке персонала.

Опыт эксплуатации отечественных и зарубежных АЭС показал, что условия использования ядерного топлива в основном определяют уровень безопасности, так как накапливаемые в ТВС радиоактивные продукты деления являются потенциально опасным источником возможного воздействия на персонал АЭС, население и окружающую среду. Исключить возможность выхода радиоактивных продуктов деления за существующие на этом пути барьеры – главная задача, решение которой складывается из четкой организации работ с ядерным топливом.

Анализ существующих учебно-методических материалов для персонала по вопросам, связанным с эксплуатацией ЯТ на АЭС, показал, что, к сожалению, отсутствует единый комплексный подход не только в части, касающейся состава того или иного учебного материала, но и в вопросах, связанных с его изложением. Информационный материал излагается, как правило, электрически. Приводимые сведения плохо упорядочены или вообще никак не структурированы. Зачастую они неполны или даже обрывочны. Современные технологии подачи материала студенту в этих случаях никак не реализованы. Это объясняется, в первую очередь, отсутствием специальных программных средств, предназначенных для разработки учебных материалов, а также отсутствием учебных материалов соответствующего формата в электронном виде. В действительности же компьютерная техника и эффективное программное обеспечение сегодня являются единственным инструментом, предоставляющим возможность смоделировать соответствующие условия деятельности персонала и создать надлежащую учебную среду.

Сотрудниками кафедры АЭС ИвГЭУ совместно с персоналом Калининской АЭС разработана КОС «Эксплуатация ядерного топлива на Калининской АЭС». На

примере этого курса показана эффективность использования компьютерных технологий для обучения или поддержания квалификации персонала атомной станции, а также при обучении студентов.

Компьютерный курс содержит материал, предназначенный для изучения конструкции ядерного топлива, а также освещает вопросы, связанные с эксплуатацией ядерного топлива на Калининской АЭС. Так или иначе, круг этих вопросов охватывает деятельность многих служб и подразделений станции. Системно изложен учебный материал, касающийся эксплуатации ядерного топлива. Отличительной особенностью курса является объективное рассмотрение всех этапов обращения с ядерным топливом, начиная с заказа, приёмки и заканчивая отправкой отработавшего топлива на завод по его регенерации (кроме выгорания в реакторе).

При изложении материала сделан акцент на вопросы, связанные с обеспечением ядерной безопасности при обращении с ядерным топливом. Большое число графического и справочного материала, безусловно, способствует легкому и одновременно глубокому пониманию затронутых в курсе вопросов.

Курс состоит из 14 модулей и имеет следующую структуру:

1. Инструкция пользователя
2. Введение
3. Организация работ с ядерным топливом
4. Транспортно-технологические операции с ядерным топливом
5. Конструкция ТВС, ПС СУЗ, СВП
6. Технология обращения со свежим топливом
7. Оборудование, используемое при эксплуатации ЯТ
8. Подготовка ЯТ к перегрузке реактора
9. Перегрузка ЯТ
10. Контроль герметичности оболочек (КГО) твэлов
11. Хранение (выдержка) отработавшего ЯТ
12. Отправка отработавшего ЯТ с АС
13. Обеспечение ЯБ при работе с ЯТ
14. Система аварийной сигнализации о возникновении СЦР
15. Ядерное топливо для реакторов ВВЭР. Состояние и перспективы
16. Глоссарий терминов и определений

Материал, изложенный в курсе, в первую очередь предназначен для персонала цехов и подразделений, которые непосредственно участвуют в выполнении ядерно-опасных работ с ЯТ, а также студентам и преподавателям энергетических вузов. Несомненную пользу для себя извлекут при изучении данного курса административно-технические и инженерно-технические работники подразделений, которые по характеру своей деятельности сталкиваются с вопросами инженерного обеспечения работ с ядерным топливом.

Как показал опыт, несмотря на то, что КОСы – чрезвычайно трудоемкие и дорогие программные продукты, их создание вполне оправдано для основополагающих (базовых) предметов обучения оперативного персонала (физика ядерных реакторов, радиационная безопасность, эксплуатация ядерного топлива и т.д.).

КОС как программный комплекс содержит:

- последовательное дидактическое изложение предмета в виде компьютерной лекции с интерактивными диалогами и графикой;
- глоссарий терминов и определений, предметные указатели;
- дополнительную энциклопедическую или нормативную информацию;
- справочные данные;

- тестирующий модуль (раздел) или экзаменационную программу;
- единую систему управления и навигации.

Рассматриваемый курс реализован с использованием пакета программ «Курсограф», разработанного сотрудниками Калининской АЭС.

Упомянутый пакет программ представляет собой программную часть аппаратно-технического комплекса, который является автоматизированной обучающей системой (далее АОС), которая в течение ряда лет эксплуатируется в УТП Калининской АЭС. Одновременно ведется доработка и усовершенствование пакета.

В состав рассматриваемого пакета входят:

- оболочка обучаемого (студента);
- оболочка инструктора (преподавателя);
- инструментальные средства – редактор курсов и математических моделей, проигрыватель курсов, средства статистической обработки данных.

Функционирование пакета осуществляется в локальной сети учебно-тренировочного подразделения (УТП) Калининской АЭС. Готовые учебные материалы хранятся на выделенном для этой цели ПК, который является сервером автоматизированной обучающей системы. Все учебные материалы зарегистрированы в базе данных АОС.

Оболочка студента обеспечивает регистрацию и идентификацию студентов, выбор учебного курса и его воспроизведение, осуществляет доступ к базе данных, где сохраняет результаты текущего сеанса обучения.

Кроме протоколов сеансов обучения в базе данных хранятся данные по всем обучаемым, преподавателям, программам обучения, данные по учебным материалам, результаты контроля знаний обучаемых и многое другое.

Оболочка инструктора позволяет просматривать результаты обучения, составлять учебные программы, производить поиск и статистическую обработку данных, редактировать данные по студентам.

Инструментальные средства позволяют осуществлять ускоренную разработку учебных материалов любой сложности (включая моделирование работы реальных объектов в реальном масштабе времени). Полностью реализован метод агрегатного конструирования. Обеспечивается навигация по учебным материалам (в локальной сети) произвольной сложности и полномасштабное использование internet технологий. Знания языков программирования от разработчика не требуется.

Дополнительные инструменты пакета, в частности проигрыватель курсов, позволяют воспроизводить учебные материалы и в изолированных условиях (отсутствие локальной сети и базы данных). При этом обеспечиваются полномасштабная прокрутка учебных курсов и тестирование обучаемых. Единственное ограничение в этом случае – невозможность сохранения результатов тестирования и оценок.

При помощи «Курсографа» можно разрабатывать учебные курсы не только по «ядерной», но и по любой другой тематике.

Основная задача, которую удалось решить при разработке пакета – это освобождение разработчика (за счет применения технологии визуального конструирования) от необходимости знания какого-либо языка программирования, который в то же время имеет возможность полноценно использовать возможности ПК. Всё это позволяет привлекать к разработке учебных курсов опытный персонал, хорошо знакомый с технологическими и эксплуатационными вопросами, не затрачивая при этом существенного времени на освоение инструментальных программ.

Разработка пакета «Курсограф» в УТП Калининской АЭС продолжается уже 6 лет и в настоящее время приближается к завершению.

Практика применения КОС в учебном процессе показывает, что обучение с их помощью в 4 раза эффективнее традиционного. Примерно в 2 раза уменьшается требуемое для обучения время, и в 2 раза больше знаний остается в памяти после прохождения обучения. Следует отметить, что КОСы являются одним из наиболее эффективных способов повышения профессионального уровня эксплуатационного персонала ядерных установок.

#### Литература

1. Афонин В.К., Галимова Л.К., Сухоруков А.В. Перспективы развития компьютерных систем обучения в ГНЦ НИИАР: Доклад на международной научно-технической конференции «Исследовательские реакторы: наука и высокие технологии» s– Димитровград, 2001.

### **TRAINING COURSE «NUCLEAR FUEL EXPLOITATION ON KALININ NPP» EXPERIENCE OF COMPUTER BASED TRAINING SYSTEM APPLICATION**

**A. Akhtyamov, A. Bugaev, V. Stehebnev\***

*Kalinin NPP,*

*\*Ivanovo Public Power Engineering University*

Computer based training course "Nuclear Fuel Exploitation on Kalinin NPP" is described as an example of Kalinin NPP CBT System application. Entire course consists of 14 parts, every of one is supplied with a knowledge checking subsection. All technical solutions concerning nuclear fuel modernization on Kalinin NPP (during last 15 years) are described. Nuclear and radiation safety during nuclear fuel operations has been given a lot of consideration. Perspective questions of nuclear fuel using on NPP (reactor type - PWR, 1000MW) are viewed. Course is intended for NPP operating personnel, whose duties include nuclear fuel exploitation and may be useful for high school students of corresponding specialties.

Short description of Kalinin NPP Computer based Training System is added. This system allows the solving of a wide range of problem in computer training especially with NPP thematic. Members of software package "Kursograph" are enumerated and shortly described. There is shown that two-way-tools technology using makes visual computer training courses development easier and productive. The absence of necessity to know programming languages is founded very useful when experienced personnel (in other sphere of knowledge) is attracted for computer training courses development.