



УДК 004.94, 004.85

Ю. В. Романенко

Технология разработки компьютерных обучающих средств для подготовки эксплуатирующего персонала космического ракетного комплекса

Описываются состав, функциональные модули, технология разработки и архитектура компьютерных обучающих средств для подготовки персонала космического ракетного комплекса.

Компьютерные обучающие системы, интерактивные обучающие комплексы, программные тренажеры, надежность оператора

Современные космические ракетные комплексы (КРК) представляют собой сложные технологические системы, управляемые боевыми расчетами (БР) посредством формирования команд и воздействий с пультавого оборудования или ручных операций на технике, часто представляющей объекты повышенной опасности. Существенная доля технологических нарушений при эксплуатации КРК не связана ни со старением оборудования, ни с его конструктивным несовершенством, а вызвана недостатками ведения технологического процесса, просчетами в системе обслуживания материально-технических ресурсов и так называемым «человеческим фактором». Сложность структуры космических систем и комплексов, опасность некоторых операций, неизбежная потеря персоналом практических навыков работы в периоды между реальными процессами, а также высокая стоимость ремонта оборудования определяют и высокую цену любых сбоев в работе или ошибок персонала систем КРК. Поэтому остро стоит вопрос создания адекватной системы обучения, способной быстро реагировать на изменяющиеся требования и условия эксплуатации сложных систем КРК. Особую важность приобретает ее качество, обеспечение постоянной готовности БР и эффективности их действий в нестандартных ситуациях.

В последнее время в связи с бурным развитием компьютерных технологий появилась возможность создания и использования компьютерных обучающих средств (КОС). Применение КОС

дает следующие преимущества и возможности в подготовке личного состава БР по сравнению с традиционными видами подготовки:

- сохранение ресурса дорогостоящего и уникального оборудования с одновременным повышением уровня подготовленности эксплуатирующего персонала;
- эффективное комбинирование различных режимов обучения: теоретической и практической подготовки, самоподготовки, групповой отработки действий в составе расчетов и т. п.;
- обеспечение технологической основы для гибкого взаимодействия между обучаемыми и обучающими (инструкторами);
- немедленная реакция инструктора и корректирующие воздействия при неправильных действиях обучаемых;
- комбинирование различных форм представления информации (текстовой, графической, мультимедийной);
- динамическая адаптация режимов и курсов обучения к индивидуальным особенностям обучаемых;
- предоставление обучаемым права управлять объемом и очередностью порций учебного материала;
- ведение статистики и составление индивидуальных и групповых программ обучения с учетом результатов усвоения материала.

Комплексный подход к обучению персонала КРК, эксплуатирующего и обслуживающего сложные электронные системы, разработан в ОАО

«НИЦ СПб ЭТУ». Заключается он в применении на практике постоянно актуализируемого методического обеспечения и автоматизированных средств, реализующих принцип непрерывного обучения. Автоматизированные средства разрабатываются с использованием современных мультимедийных компьютерных технологий и выполняют следующие основные функции:

- моделирование ведения технологического процесса с отображением средств управления, соответствующих реальному операторскому интерфейсу и возможностью выполнения операций всех технологических режимов;

- моделирование аварийных и нештатных ситуаций технологического процесса;

- моделирование неисправностей оборудования и воздействия внешних факторов;

- протоколирование событий в системе и действий обучаемых.

Модульный принцип построения программ обучения позволяет конструировать индивидуальные учебные комплексы, наиболее полно отвечающие запросам потребителей в каждый момент времени. Процесс обучения организуется в соответствии со стандартом ГОСТ Р ИСО 10015–2007 «Менеджмент организации. Руководящие указания по обучению» (Москва, 2008). Указанный стандарт идентичен международному стандарту ISO 10015:1999 «Менеджмент качества. Руководящие указания по обучению». Указанные стандарты предполагают четыре стадии процесса обучения:

1. Определение потребностей (целей) обучения.

2. Проектирование (разработка) и планирование обучения.

3. Процесс обучения.

4. Оценка результатов обучения.

Целью создания КОС подготовки БР КРК является создание условий всестороннего изучения персоналом устройства, принципов функционирования и правил эксплуатации бортовых систем ракетносителей (РН), наземного технологического оборудования КРК, а также формирование, совершенствование и поддержание профессиональных навыков и умений персонала по выполнению технологических операций эксплуатации КРК. При этом КОС КРК должны обеспечивать:

- профессиональную подготовку персонала к выполнению действий, регламентированных эксплуатационной документацией, нормативно-техническими, распорядительными и уставными документами;

- поддержание профессиональных навыков обслуживающего персонала на уровне, обеспечивающем необходимое качество выполнения поставленных задач;

- контроль, анализ и оценку профессиональной подготовки, а при необходимости автоматическое документирование результатов выполнения функциональных обязанностей обслуживающего персонала;

- оценку профессионально-психологической пригодности обучаемых к работе по специальности.

Стадия проектирования (разработки) и планирования обучения предусматривает решение следующих задач:

- определение содержания программ;

- выбор существующих или разработка новых методов обучения;

- разработка методик, способов и средств обучения.

Выбор метода обучения зависит от конкретной цели: получить новые знания, сформировать умения, выработать установку на уровне мышления. Комплексный эффект достижения этих целей возможен только при сочетании нескольких методов обучения. Сегодня популярны активные методы, которые большое внимание уделяют именно практической основе передаваемых слушателям знаний, навыков и умений.

Процесс обучения и оценка результатов выполняются специалистами учебных центров непосредственно в воинских частях. В современных средствах обучения используются специальные макетные устройства и все возможности компьютерных программ. И хотя такие учебные комплексы требуют существенных финансовых вложений, они окупаются высоким качеством тренировки и приближенностью к реальным условиям работы. Однако количество обучаемых, допущенных одновременно к занятиям, ограничено и часто не удается комплексно отработать нештатные ситуации, а в некоторых случаях разработка и использование макетов реального оборудования невозможна по объективным причинам. Современные мультимедийные технологии и средства компьютерного моделирования позволяют создавать эффект реальности рабочих ситуаций и добиваться максимальной схожести виртуального оборудования и средств управления реальными системами.

Эффективность и результативность обучения персонала КРК в значительной степени определяются содержанием программно-методического комплекса, его соответствием эксплуатационным требованиям. Основными факторами, влияющими на содержание конкретного КОС, являются:

- этап обучения, для которого используется КОС;

- режим функционирования обучающего комплекса (форма занятия);

- приобретаемые знания и отрабатываемые навыки;
- требуемый уровень контроля действий обучаемого;
- уровень начальной подготовки обучаемых.

В общем случае в КОС КРК предусматриваются определенные этапы обучения.

1. *Изучение.* Цель этого этапа состоит в усвоении теоретических основ работы технических систем, приобретении глубоких знаний в области их устройства, порядка применения, особенностей функционирования и технического обслуживания.

2. *Индивидуальный тренаж.* Цель – приобретение, закрепление и совершенствование навыков управления техникой, выполнения технологических операций и т. д.

3. *Комплексный тренаж.* Цель – отработка слаженности действий подразделения (группы) при решении задач некоторого технологического процесса.

На каждом из перечисленных этапов обучения целесообразно применять различные виды КОС и обеспечиваемые ими формы занятий, в том числе:

- компьютерные учебные пособия;
- интерактивные обучающие комплексы;
- тренажеры.

Компьютерное учебное пособие (КУП) – это программно-методический комплекс, обеспечивающий возможность самостоятельно освоить учебный курс или его раздел. Оно объединяет свойства обычного учебника, справочника и вопросника. Компьютерное учебное пособие предоставляет обучаемому материалы по курсам и разделам курсов, выбранным руководителем занятий для индивидуальной подготовки, и вопросы для самопроверки и тестирования.

Интерактивные обучающие комплексы (ИОК) расширяют функции КУП возможностью оперировать с объектами определенного класса. Среда реализует отношения между объектами, операции над объектами и отношениями, соответствующие их определению, а также обеспечивает наглядное представление объектов и их свойств. Такие программы позволяют реализовать обучающие комплексы для операторов оборудования, требующего выполнения, например, механических операций.

Контент КУП и ИОК включает следующие элементы:

- содержание, глоссарий, интерактивный текстовый контент с ссылочной структурой;

- фотографии и двумерные статические изображения;
- динамические двумерные изображения, ролики;
- динамические трехмерные изображения, модели и анимационные фрагменты;
- видеоролики работы с реальным оборудованием;
- звуковое сопровождение;
- вопросы самопроверки;
- программы обучения, группы обучения, конфигурации учебных модулей;
- тестовые задания, статистику ответов, протоколы обучения и проверки знаний.

Типовая технология разработки КУП и ИОК состоит из нескольких этапов:

- информационное обследование, сбор и обработка исходных данных, фотографирование реального оборудования и помещений, оцифровка конструкторских и эксплуатационных документов;
- анализ исходных данных, разработка учебного контента, наполнение текстовых разделов КОС;
- обработка фотографий, разработка статических графических изображений;
- разработка сценариев динамических двумерных изображений и трехмерных роликов;
- разработка двумерных динамических изображений (flash-роликов);
- разработка трехмерных моделей оборудования, создание и генерация трехмерных роликов;
- разработка трехмерных роликов с операциями использования оборудования по назначению и его обслуживания;
- разработка звуковых сценариев, озвучивание контента;
- сборка интерактивно-обучающего комплекса, тестирование, отладка, проверка контента;
- разработка эксплуатационной документации КУП (ИОК);
- сборка и наладка дистрибутива;
- передача изделия заказчику, пуско-наладочные работы, обучение эксплуатирующего персонала, ввод в эксплуатацию.

Аппаратно-программные тренажеры предназначены для максимально достоверной имитации технологии работы с оборудованием и отработки практических навыков, в том числе при групповых операциях. Такие тренажеры представляют собой специальное программное обеспечение, работающее на одном или нескольких персональных компьютерах, объединенных общей сетью, и реализующее математическую модель изменения состояния системы в зависимости от действий

операторов и задаваемых внешних факторов. Обучаемый взаимодействует с виртуальными устройствами, внешний вид и технология работы с которыми повторяют реальные устройства. Тренажеры для индивидуального и группового обучения моделируют штатные технологические процессы и нештатные ситуации. Программный тренажер легко перенастраивается при модернизации оборудования, что позволяет реализовать практически любые по сложности эксперименты в соответствии с методиками отработки разных нештатных ситуаций.

Тренажеры разрабатываются на основе современных компьютерных и мультимедийных технологий и реализуют следующие основные функции:

1. *Имитация системы.* Реализуется имитация рабочего места оператора и его действий путем интерактивного взаимодействия с компьютером. Имитация рабочего места имеет две составляющие: визуальную и функциональную. Визуальные образы рабочих мест создаются с помощью графических программ. Для реализации движений, динамических процессов или физических явлений используется программная анимация. Функциональная имитация объектов выполняется на основе модели системы. Она представляет собой совокупность параметров, характеризующих состояние системы в каждый момент времени и математические законы их изменения. Законы отражают физические процессы, которые происходят в системе при работе с ней операторов и при изменении ее состояния.

2. *Взаимодействие обучаемого с объектами компьютерного тренажера.* Выполняется мышкой или через сенсорные экраны.

3. *Моделирование штатного технологического процесса и нештатных ситуаций.* Компьютерный тренажер обеспечивает возможность обучения и оценки операторов при выполнении ими операций, увязанных в единый технологический процесс. В соответствии с заложенной моделью тренажер реагирует на действия оператора и на заданные внешние факторы, изменяя состояния устройств управления. Помимо штатных технологических процессов в тренажере реализуется возможность моделирования условий возникновения нештатных ситуаций, отработки операторами правильной последовательности действий для выхода из них и приведения системы в штатное состояние.

4. *Контроль действий обучаемых, накопление и анализ статистики работы операторов.* Контроль заключается в постоянном автоматическом мониторинге тренажером действий обучаемого.

В случае неверных действий обучаемого возможны различные сценарии реакции тренажера: приостановка процесса обучения, подсказка с продолжением обучения после правильного действия оператора и др. Альтернативным методом контроля является визуальный контроль действий обучаемого преподавателем, который в режиме реального времени или после сеанса обучения анализирует результаты и определяет успешность действий обучаемого.

5. *Информационная поддержка обучаемого.* Эта функция заключается в выдаче оператору дополнительной информации в интерактивном и контекстном режимах.

6. *Автоматическое выполнение тренажером действий операторов.* При одновременном обучении нескольких операторов в рамках одного технологического процесса возможна ситуация, при которой состав обучаемых будет неполным. В этом случае компьютерный тренажер автоматически выполняет действия отсутствующих операторов.

7. *Групповое обучение* (одновременная работа нескольких номеров боевых расчетов). В сложных технологических процессах, где участвуют несколько номеров боевых расчетов, важна не только правильная работа каждого оператора, но и синхронность их действий. Компьютерный тренажер обеспечивает сетевой вариант работы, при котором расчеты работают за отдельными компьютерами, соединенными в общую сеть. Тренажер выполняет синхронизацию работы нескольких компьютеров в рамках одного сеанса, имитирующего процесс несения боевого дежурства и выполнения боевых задач.

Типовая технология разработки компьютерного тренажера включает следующие этапы:

- сбор и анализ исходных данных для разработки сценариев работы тренажера и графических ресурсов;
- формализация и описание рабочих мест операторов боевых расчетов;
- разработка сценария работы тренажера, описание действий, выполняемых операторами, и реакций системы в штатном технологическом процессе и нештатных ситуациях;
- разработка виртуальных рабочих мест операторов;
- реализация сценария работы тренажера, динамического поведения элементов управления и индикации в зависимости от действий операторов в штатном технологическом процессе и нештатных ситуациях;

– разработка двумерных и трехмерных динамических изображений, изготовление и монтаж видеороликов;

– разработка конструкторской и эксплуатационной документации;

– тестирование, отладка, корректировка исходного кода, сборка дистрибутива;

– испытания и корректировка программных модулей и документации по результатам испытаний, пуско-наладочные работы, передача заказчику, ввод в эксплуатацию, обучение персонала.

Значительную часть процесса разработки КОС занимает этап анализа предметной области и разработки наполнения КУП, ИОК и программных тренажеров. Определяющим фактором успешного выполнения этапа анализа и разработки КОС в целом является квалификация аналитиков – экспертов в предметной области. Именно специалисты предметной области выполняют анализ конструкторской и эксплуатационной документации, формальное описание технологических процессов, разработку сценариев демонстрационного и обучающего контента.

Современные КОС разрабатываются с использованием трехуровневой архитектуры, включающей клиентское и серверное приложения и базу данных. Клиентское приложение обеспечивает интерфейс пользователя и предназначено для отображения экранных форм, ввода и отображения данных, необходимых для работы КОС. Посредством клиентского приложения отображаются учебные материалы, преподаватель осуществляет настройку групп обучаемых и профилей обучения, проводятся тесты и проверки знаний. Серверное приложение предназначено для управления КОС, обработки данных, необходимых для работы клиентского приложения, обработки результатов (статистики) обучения и тестирования, управления правами доступа в соответствии с назначенными профилями обучения. Серверное приложение может также осуществлять выгрузку, передачу и загрузку данных на узлах КОС в случаях, когда они представляют собой территориально распределенную систему. Через серверное приложение при необходимости осуществляется интеграция различных типов КОС в единую систему обучения. База данных предназначена для хранения всей совокупности данных, необходимых для работы КОС. Она обеспечивает механизмы доступа к данным на чтение и запись, контроль целостности и непротиворечивости данных. База данных представляет собой совокуп-

ность данных, хранящихся в структурированном виде и в виде файлов. В структурированном виде хранятся справочники и оперативные данные, список персонала, составы учебных групп и профили (программы) обучения. В файловой системе хранятся учебные материалы, ресурсы (чертежи, видеофрагменты, текстовые страницы), сценарии работы тренажерных комплексов и т. д. Такая архитектура позволяет обеспечить одновременную работу нескольких пользователей, разделение специального программного обеспечения руководителя обучения и обучаемых при сохранении принципа централизованной обработки и хранения данных серверным приложением и базой данных. Подробно архитектурные аспекты разработки КОС рассмотрены в [1], [2].

Описанная технология разработки КОС обеспечивает возможность создания учебно-тренировочных средств для теоретической и практической подготовки специалистов в различных областях деятельности, обучать их как стандартным процедурам управления техникой, так и действиям в нестандартных (аварийных) ситуациях. Представленная технология предполагает использование платформенного подхода, при котором КОС создаются на базе ранее разработанных и отлаженных технических решений. Использование платформы позволяет значительно сократить сроки и трудоемкость разработки конкретного КОС.

Компьютерные обучающие средства позволяют готовить специалистов к работе со сложными механизмами, оборудованием и приборами, изучать технологические процессы, в которых одновременно участвуют несколько операторов. Внедрение систем обучения и тренинга персонала позволяет снижать аварийность на производственных участках и в связи с этим уменьшать простои и разного рода затраты и компенсации. Полное использование персоналом знаний, навыков и умений, полученных в результате обучения, позволяет достаточно быстро окупать инвестиции, вложенные в КОС. Через обучение достигается и повышение способности персонала адаптироваться к изменяющимся условиям работы и все более жестким требованиям к эксплуатации сложных технических комплексов. Немаловажным аспектом обучения персонала и повышения его квалификации является обеспечение требуемого уровня надежности функционирования дорогостоящего оборудования за счет минимизации влияния «человеческого фактора».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Филатова Н. Н., Вавилова Н. И., Ахремчик О. Л. Мультимедиа-тренажерные комплексы для технического образования // Educational Technology & Society. 2003. № 6 (3). С. 164–186.
2. Романенко Ю. В. Архитектура компьютерного тренажера для обучения и аттестации операторов при управлении технологическими процессами и возникновении нештатных ситуаций // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2007. Вып. 2. С. 70–80.

Yu. V. Romanenko

COMPUTER TRAINING TOOLS DEVELOPMENT TECHNOLOGY FOR LEARNING OF OPERATING PERSONNEL SPACE ROCKET COMPLEX

Structure, functional modules, development technology and architecture of computer-based simulators for operators of space-rocket complex are described in the article.

Computer training systems, interactive E-learning systems, computer-based simulator, operator

УДК 004.942, 519.876.5

М. Г. Пантелеев, А. В. Рюмин, С. В. Лебедев

Программный комплекс моделирования пусков для подготовки специалистов-анализаторов в области ракетной техники

Рассматриваются вопросы создания программного комплекса имитационного моделирования пусков ракет для подготовки специалистов-анализаторов результатов испытательных пусков. Приводятся математические модели полета ракет, используемые при разработке комплекса, методика моделирования нештатных и аварийных ситуаций. Представлена архитектура программного комплекса.

Моделирование пусков, математическая модель, программный комплекс, архитектура

Важнейшим этапом освоения новых образцов ракетно-космической техники (РКТ) является проведение пусковых испытаний с последующим анализом летно-технических характеристик (ЛТХ) изделий. Поддержание высокого уровня подготовки специалистов-анализаторов (СА) результатов испытательных пусков предполагает регулярные тренинги. В условиях достаточно редких реальных пусков и неприемлемости (по экономическим соображениям) натурного воспроизведения нештатных и аварийных ситуаций такую задачу целесообразно решать с использованием средств имитационного моделирования пусков.

Основные требования к программному комплексу моделирования пусков:

- возможность моделирования *различных* типов *изделий* в *широком* диапазоне начальных условий (состояние атмосферы, модель Земли и др.) с целью изучения их влияния на процесс полета;
- возможность моделирования нештатных и аварийных пусков за счет внесения различных (внешних и внутренних) возмущающих факторов;
- открытость и расширяемость.

Базовая математическая модель. В основу разработки программного комплекса положена математическая модель движения ракеты как тела