

Об одном подходе к автоматизации процесса обучения в компьютерном тренажерном комплексе

Е.Л. Кулида (ИПУ РАН)

Описан подход, позволивший автоматизировать процесс компьютерного обучения операторов, управляющих технологическим процессом уничтожения химического оружия.

Ключевые слова: компьютерный тренажерный комплекс, информационная модель КТК, автоматизация процесса обучения, тренировочные упражнения.

В соответствии с международными обязательствами Россия, подписавшая в 1997 г. Конвенцию о запрещении разработки, создания, накопления, применения и распространения химического оружия, ведет работы по уничтожению запасов химического оружия (УХО) на своей территории. Важнейшей проблемой является обеспечение технической и экологической безопасности этого процесса, которая в первую очередь зависит от безопасности ТП УХО и его надежной практической реализации. Известно, что самым слабым звеном в системе обеспечения безопасности сложных технологических систем являются действия оперативного персонала. В связи с этим для обучения операторов объектов УХО был разработан и реализован компьютерный тренажерный комплекс (КТК) [1].

Имитационное моделирование ТП и реального рабочего места оператора позволяет реализовать такой подход, при котором обучение заключается в активном исследовании ТП и нахождении способов эффективного управления им. Такой подход незаменим при исследовании технологами дорогостоящих или опасных в реальной жизни режимов управления ТП. Однако обучение операторов объектов УХО имеет две существенные особенности. Первая особенность заключается в том, что, в силу серьезной потенциальной опасности объектов УХО, оператор, управляющий ходом ТП, в процессе работы должен точно соблюдать разработанный технологами и предписываемый регламентом алгоритм выполнения технологических операций, особенно в случаях отклонения процесса от штатного режима функционирования. Технологический регламент процесса УХО включает описание аварийных ситуаций и всех типов неисправностей, причины их возникновения, а также способы их обнаружения и устранения. Операторы объектов УХО в процессе обучения должны твердо усвоить регламентированные алгоритмы управления и научиться точно определять ситуации, в которых необходимо применять определенные алгоритмы. Вторая особенность заключается в том, что для реализации процессов УХО разрабатывались новые, никогда раньше не применявшиеся технологии. Возникла необходимость подготовки оперативного персонала объектов УХО в условиях, когда квалифицированных инструкторов, имеющих опыт работы с ТП УХО, просто не было. Разработку методической базы для обучения — тренировочных упражнений и лабораторных работ — взяли на себя технологи — разработчики ТП и создатели КТК. Разработанный комплекс упражнений включает в себя упражнения по проведению штатных техно-

логических операций, упражнения по устранению неисправностей исполнительных механизмов, упражнения для отработки действий в аварийных ситуациях. При этом комплекс упражнений открыт к изменению и дополнению по мере накопления новых знаний об особенностях проведения ТП и особенностях процесса усвоения знаний обучаемыми.

Специфика поставленной задачи породила необходимость разработки и реализации методики автоматизации процесса обучения на основе заранее созданных тренировочных упражнений.

Разработанная методика обучения позволяет имитировать понимание семантики действий обучаемого, контролируя и сравнивая в процессе выполнения тренировочных упражнений текущие состояния технологических устройств и значений технологических параметров с требуемыми состояниями и диапазонами значений, заданными в описаниях тренировочных упражнений. Данный подход позволяет реализовать самостоятельное обучение на основе тренировочных упражнений, естественным образом адаптирует процесс обучения к скорости восприятия обучаемого, позволяет управлять процессом обучения в зависимости от его эффективности на каждом шаге, определяемом на основе формальных оценок достижения поставленных целей.

Реализованная методика автоматизации процесса обучения включает:

- создание системой нужной исходной технологической ситуации при выборе обучаемым тренировочного упражнения для выполнения;
- демонстрацию алгоритма выполнения тренировочного упражнения на начальном этапе обучения;
- выполнение тренировочного упражнения по шагам с помощью подсказок системы на этапе отработки навыков (на основе автоматического перехода к следующему шагу при успешном выполнении предыдущего);
- проверку и автоматическую оценку качества и скорости действий обучаемого по управлению ТП на завершающей стадии обучения;
- воспроизведение ранее выполненных упражнений в случае необходимости для разбора и анализа;
- средства создания и редактирования тренировочных упражнений.

Обобщенная схема КТК

Назначением КТК является компьютерный тренинг операторов на основе воспроизведения процес-

са управления ТП УХО с помощью компьютерного моделирования.

КТК строится на основе имитационного моделирования ТП УХО, реализующего произвольные вмешательства пользователей в ход моделируемого процесса. Для решения задач компьютерного тренинга реализованы три основные компоненты:

- имитационное моделирование ТП УХО;
- интерфейс пользователя – имитация рабочего места оператора в АСУ ТП на основе моделирования действий всех активных элементов, при помощи которых реализуются управляющие воздействия на ТП;
- реализация методики обучения.

Эти три различные по своей природе компоненты должны согласованно работать в единой системе для реализации эффективного обучения операторов. Предлагаемый подход заключается в использовании информационной модели КТК в качестве связующего звена для этих компонент [2]. Информационная модель КТК представляет собой единое информационное поле, через которое реализуется информационный обмен между компонентами КТК. На каждом такте моделирования тремя одновременно реализуемыми моделями: моделью ТП, моделью системы управления и моделью обучения вычисляются параметры информационной модели, при этом для обеспечения согласованной работы каждая из работающих моделей использует в качестве исходной информации все три типа параметров информационной модели (рис. 1) [3]. Набор параметров информационной модели обеспечивает однозначное воспроизведение текущей ситуации моделирования в КТК. Помимо текущих значений параметров, для некоторых параметров информационная модель содержит историю их изменения в предыдущие моменты времени, если это необходимо для моделирования. После n -го такта моделирования – в момент времени t_n – информационная модель содержит параметры трех типов моделей $I(t_n) = \{F(t), U(t), E(t)\}$ в моменты времени $t = t_{n-k}, \dots, t_n$, где $F(t)$ – параметры моделирования ТП УХО, $U(t)$ – параметры управления, $E(t)$ – параметры процесса обучения.

Понятие информационной модели лежит в основе построения ПО КТК. При помощи задания наборов параметров информационной модели формируются различные исходные ситуации для обучения, протоколируется и при необходимости может воспроизводиться ход учебного процесса. Идентификация состояния ТП реализуется на основе функций состояния, которые представляют собой логические функции над параметрами информационной модели. Идентификация состояния ТП при обучении лежит в основе анализа и оценки действий обучаемого, управления ходом обучения при автоматизации процесса обучения в КТК.

Тренировочные упражнения

Процесс обучения в КТК основан на использовании тренировочных упражнений. Они позволяют на-

Большая часть проблем либо не имеет решения, либо имеет несколько решений. Лишь очень немногие проблемы имеют только одно решение.

Эдмунд Беркли

капливать знания о процедурах выполнения технологических операций и лежат в основе организации процесса обучения.

Формализация тренировочного упражнения в КТК основана на использовании введенного выше понятия информационной модели $I(t)$. Исходная технологическая ситуация, при которой начинается выполнение тренировочного упражнения, задается при помощи набора параметров информационной модели $I^* = \{F^*, U^*, E^*\}$, поскольку он позволяет однозначно идентифицировать ситуацию, моделируемую в КТК. Алгоритм выполнения упражнения задается в виде последовательности шагов. Описание каждого шага включает описание управляющего воздействия и задание критерия, позволяющего определить состояние ТП, которое должно быть получено в результате применения этого воздействия. Критерий задается в виде логической функции над параметрами информационной модели. Если эта функция принимает значение *true*, значит цель шага достигнута, и происходит переход к следующему шагу тренировочного упражнения. Упражнение считается выполненным при достижении цели последнего шага.

Число параметров информационной модели достаточно велико, а на отдельном шаге тренировочного упражнения меняется лишь несколько из них. Поэтому удобно задавать логическое условие штатного функционирования ТП на все время проведения тренировочного упражнения в виде логической функции над параметрами информационной модели $F_0(I(t))$, а на каждом шаге указывать дополнительные условия для тех параметров, которые должны измениться в результате дей-

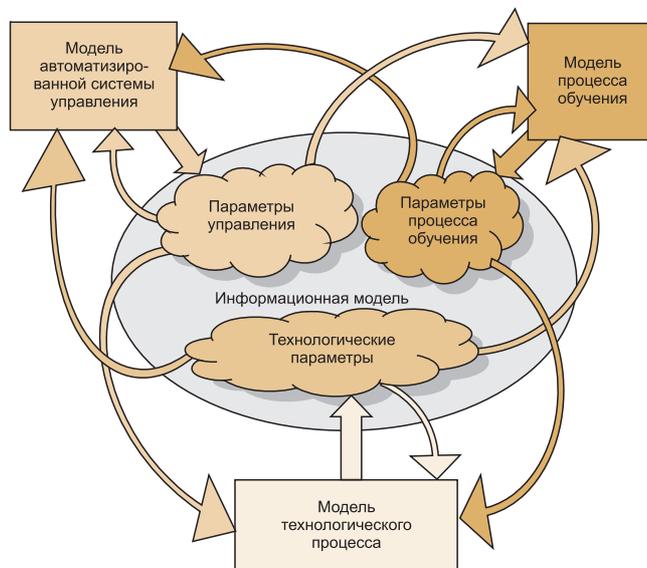


Рис. 1. Обобщенная схема КТК

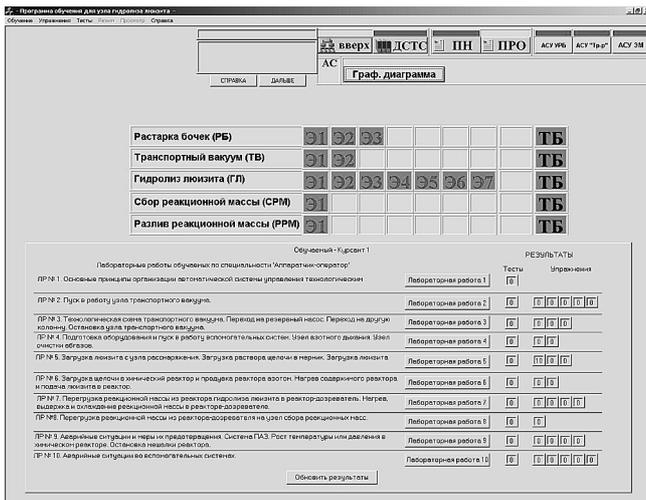


Рис. 2. Панель лабораторных работ на экране

ствий обучаемого на этом шаге, $F_n(I(t))$, $n = 1, \dots, N$, где N – число шагов упражнения. Определение логического условия штатного функционирования ТП для тренировочного упражнения требуется для контроля того, что обучаемый не только выполняет требующиеся по ходу тренировочного упражнения операции, но и полностью контролирует ход ТП. Проверка условия штатного функционирования ТП не позволит обучаемому продвинуться в выполнении тренировочного упражнения, если ТП находится в неудовлетворительном состоянии. Такая организация процесса обучения позволяет автоматизировать процесс обучения, вносить нарушения в ТП для контроля реакции обучаемого, а также реализовать групповое обучение, при котором группа обучаемых одновременно управляет разными технологическими узлами, что соответствует работе на реальном объекте [4]. В динамике обучения постоянным пересчетом условия штатного функционирования обеспечивается контроль проведения ТП.

Формальное описание тренировочного упражнения включает:

- название упражнения – текстовое объяснение цели упражнения;
- начальное состояние информационной модели КТК $I^* = \{F^*, U^*, E^*\}$;
- логическое условие штатного функционирования ТП во время выполнения упражнения $F_0(I(t))$;
- число шагов упражнения N ;
- описание структуры упражнения в виде ориентированного графа: вершинами графа являются шаги упражнения, дуга из вершины v_1 идет в вершину v_2 , если от шага, соответствующего вершине v_1 , возможен переход к шагу, соответствующему вершине v_2 ; в этом графе должен существовать хотя бы один путь от вершины, соответствующей первому шагу упражнения, к вершине, соответствующей последнему шагу упражнения;
- описание шагов упражнения:
 - название шага – текстовое объяснение цели шага;
 - описание действия: название устройства и подаваемая команда;

- текстовое объяснение выполняемого действия (подсказка);

- критерии, позволяющие в ходе обучения управлять процессом обучения и оценивать качество его выполнения на основе идентификации состояния ТП. Критерии задаются в виде правил, содержащих логическое условие над параметрами информационной модели и действие. Для определения логического условия задаются: набор контрольных параметров $\{p_1, \dots, p_k\}$ и множества или диапазоны их значений $\{D_1, \dots, D_k\}$. Логическое условие формируется в виде: $F_n(I(t)) = p_1(t) \in D_1 \& \dots \& p_k(t) \in D_k \& F_0(I(t))$. Действиями, задаваемыми в правилах, могут быть, например следующие: выдать подсказку обучаемому; перейти к следующему шагу упражнения; оценить и завершить выполнение упражнения. Должны быть определены критерии завершения шага для переходов по всем исходящим из вершины дугам. Если исходящих дуг нет (вершина соответствует последнему шагу), должен быть определен критерий завершения выполнения шага, который является критерием завершения упражнения;

- контрольное время выполнения шага \hat{t}_n .

Организация процесса обучения

Компьютерный тренинг обеспечивает решение следующих основных задач в процессе подготовки операторов:

- изучение ТП;
- выработка автоматизма при выполнении стандартных операций;
- выработка навыка принятия решений при возникновении нестандартных ситуаций;
- проверка уровня квалификации оператора.

Для реализации этих задач используются различные режимы обучения на основе тренировочных упражнений. Проведение технологических операций, таких как пуск аппаратуры в работу, управление ходом выполнения ТП в штатных и аварийных ситуациях, остановка технологического узла и других представляется в виде лабораторных работ, включающих последовательность тренировочных упражнений. Набор лабораторных работ для обучения подбирается индивидуально в зависимости от специализации обучаемого, от имеющейся информации об обучаемом – целях обучения, результатах предыдущего обучения, предполагаемого времени обучения и других. На рис. 2 представлен экран со списком лабораторных работ для обучаемого по специальности "Аппаратчик-оператор". В нижней части экрана расположена панель лабораторных работ, на которой приведен список из 10 названий лабораторных работ. Каждая лабораторная работа включает набор тестов по теоретическому материалу, связанному с проводимой технологической операцией и набор упражнений. После названия лабораторной работы расположены окошки для оценок за выполнение тестов и упражнений. Программа обучения считается выполненной, если во всех этих окошках отображаются ненулевые значения, которые характеризуют качество выполнения соответ-

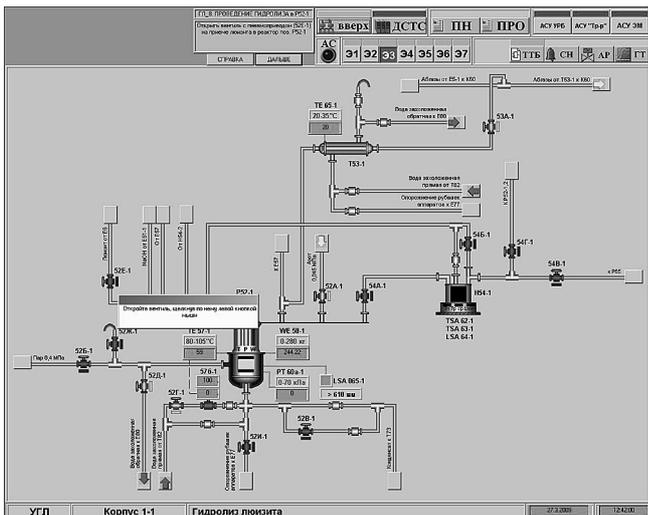


Рис. 3. Подсказка в демонстрационном режиме обучения

ствующих тестов и упражнений (по десятибалльной системе). К выбору режима обучения и выполнению тестов или тренировочных упражнений можно перейти при помощи меню.

Предложенная формализация тренировочного упражнения позволяет по заданному описанию автоматизировать различные режимы обучения: демонстрационный для изучения ТП, режим тренировок с подсказками или без них, режим проверки с оценкой качества и времени выполнения, режим воспроизведения ранее выполненных упражнений для разбора и анализа.

Для организации процесса обучения используются два окошка и две кнопки, расположенные вверху экрана по центру (рис. 3). После выбора тренировочного упражнения для выполнения в верхнем окошке отображается цель выполняемого упражнения, в нижнем — цель выполняемого шага упражнения. Демонстрационный режим предназначен для активного ознакомления обучаемого с ТП. Шаг упражнения в демонстрационном режиме выполняется следующим образом: на экране при помощи курсора указывается технологическое устройство, на которое необходимо подать команду, и выводится текстовое окошко с подсказкой — описанием необходимого действия (рис. 3).

Выполнить указанное действие обучаемый должен самостоятельно. Если выполненное действие приводит к достижению цели шага, то происходит переход к следующему шагу упражнения. При достижении цели последнего шага выполнение упражнения успешно завершается.

При обучении в тренировочном режиме пользователь уже должен знать расположение технологического оборудования и правила работы с ним, поэтому помощь системы заключается в выводе информации о цели упражнения и цели текущего шага. Для достижения поставленных целей обучаемый управляет процессом самостоятельно. При этом обучаемый может выполнять любые воздействия на ТП, даже никак не связанные с выполняемым тренировочным упражнением. Параллельно работающий блок моделирования

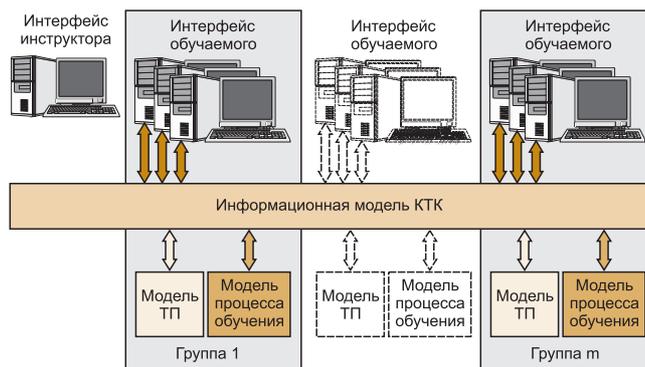


Рис. 4. Схема взаимодействия моделей при обучении

постоянно обновляет значения параметров информационной модели ТП и обучаемый видит результат управления процессом в соответствии со своими воздействиями. Однако, чтобы продвинуться в выполнении упражнения, необходимо привести ТП в состояние, удовлетворяющее логическим функциям, заданным в тренировочном упражнении для текущего шага.

В режиме проверки знаний система протоколирует все действия обучаемого и оценивает качество и скорость выполнения в соответствии с критериями, заданными инструктором. Протоколирование действий обучаемого позволяет в случае необходимости воспроизвести ход выполнения тренировочного упражнения для разбора и анализа.

Описанные выше режимы обучения по тренировочным упражнениям реализуются в КТК в автоматическом режиме и могут использоваться обучаемыми самостоятельно без помощи инструктора.

Моделирование процесса обучения

Важной задачей является организация индивидуальной или групповой работы обучаемых. Для реализации процесса обучения одновременно выполняется m экземпляров программы, моделирующей ТП, где m — число групп обучаемых. Каждый экземпляр программы моделирует ТП для одной группы. Все команды пользователей записываются в информационную модель КТК. Программа, моделирующая ТП, считывает и обрабатывает команды пользователей своей группы. Таким образом, обучаемые из одной группы вместе управляют одним ТП. Для автоматизации процесса выполнения тренировочных упражнений параллельно с каждой программой, моделирующей ТП, запускается программа, моделирующая процесс обучения. Для каждой группы обучаемых реализуется своя модель ТП и своя модель обучения (рис. 4). При индивидуальном обучении для каждого пользователя запускается свой экземпляр программы, моделирующей ТП, и свой экземпляр программы, моделирующей процесс обучения.

Интерфейс инструктора позволяет ему переключаться между группами, что дает возможность инструктору во время обучения на своем рабочем месте не только наблюдать за работой обучаемых, но и моделировать

неисправности в работе оборудования и вносить возмущения в ход моделируемого ТП. Инструктор может вмешиваться в процесс выполнения упражнения с целью усложнить задачу обучаемого или опробовать изменения перед внесением их в описания упражнений. Обучаемый должен устранить возникшую проблему и все-таки реализовать поставленную цель, иначе добиться успешного завершения упражнения нельзя. Вмешательство в выполнение упражнения в режиме проверки знаний не предполагается, т.к. приведет к снижению оценки, поскольку вызовет задержку по времени и увеличение количества выполненных действий, по сравнению с контрольными значениями, заданными в описании упражнения.

Программы, реализующие интерфейс обучаемых, интерфейс инструктора, моделирование ТП и моделирование процесса обучения взаимодействуют между собой на основе обмена информацией. Моделирование процесса обучения основано на использовании формальных описаний тренировочных упражнений, имеющихся в КТК. При моделировании процесса обучения реализуется помощь обучаемому в соответствии с выбранным режимом выполнения тренировочного упражнения, оценка успешности действий обучаемого, автоматический переход к следующему шагу при достижении цели предыдущего шага, вывод на экран подсказок, передача сообщений инструктору в случае возникновения серьезных затруднений.

Входными параметрами модели обучения являются режим обучения и номер тренировочного упражнения, выбранного пользователем.

Выполнение выбранного тренировочного упражнения начинается в момент t_0 с загрузки в информационную модель КТК исходных параметров упражнения $I^* = \{F^*, U^*, E^*\}$. В результате этого ТП моделируется, начиная с заданной исходной ситуации. Текущим шагом становится первый шаг упражнения.

Логическое условие завершения текущего шага тренировочного упражнения $F_n(I(t))$ вычисляется на каждом такте процесса моделирования. Если контрольное время выполнения текущего шага \hat{t}_n истекло, а условие завершения шага не выполнено, то анализируются значения контрольных параметров текущего шага $\{p_1(t), \dots, p_k(t)\}$ и определяются те из них, которые не удовлетворяют заданным условиям. На основе этого анализа в тренировочном режиме определяется, какие подсказки необходимы пользователю. Время выполнения шага используется системой, чтобы определить, что пользователю необходима подсказка в режиме выполнения упражнений с подсказками, или для автоматического выставления оценки. На работу обучаемого это время никак не влияет. Он может продолжать выполнение упражнения как угодно долго. В случае возникновения затруднений пользователь может пользоваться обширным справочным материалом, имеющимся в информационно-справочной системе КТК, или вернуться к более легкому режиму обучения. Например, в демонстрационном режиме любой поль-

зователь может выполнить любое упражнение, поскольку система сама показывает и объясняет, что и как надо делать. После этого можно снова пытаться выполнить упражнение в более сложном режиме.

Если выполняется условие $F_n(I(t)) = true$ и текущий шаг — не последний, происходит переход к соответствующему шагу упражнения, который становится текущим. Если выполняется условие $F_N(I(t)) = true$ для последнего N -го шага упражнения, то упражнение успешно завершается.

В режиме проверки знаний в момент успешного завершения тренировочного упражнения формируется оценка. Оценка зависит от времени выполнения упражнения и от точности соблюдения алгоритма. Зависимость оценки от этих критериев может регулироваться инструктором с помощью настроечных коэффициентов. Для завершения упражнения отслеживается не алгоритм, а выполнение логических условий. Но количество выполненных команд подсчитывается и сравнивается с контрольным значением. Лишние выполненные команды свидетельствуют об отклонении от ожидаемого алгоритма.

Таким образом, моделирование процесса обучения на основе анализа значений контрольных параметров при выполнении тренировочного упражнения позволяет КТК интерпретировать ход процесса обучения, управлять им и автоматически оценивать успехи обучаемого.

Интерфейс инструктора

Основными задачами инструктора КТК являются создание и корректировка тренировочных упражнений в соответствии с изменением или новым пониманием способов управления ТП, задание критериев для автоматической оценки выполнения тренировочных упражнений, организация группового обучения, анализ эффективности обучения. Для решения этих задач в КТК реализован интерфейс инструктора и созданы инструментальные средства, позволяющие создавать новые и корректировать существующие тренировочные упражнения.

Задать "вручную" начальное состояние информационной модели ТП $I^* = \{F^*, U^*, E^*\}$, при котором должно начинаться выполнение тренировочного упражнения, не представляется возможным ввиду слишком большого числа параметров информационной модели. В КТК реализован подход, заключающийся в запоминании начальных условий для выбранного упражнения в тот момент, когда нужная технологическая ситуация в КТК создана с помощью органов управления.

Логическое условие штатного функционирования ТП во время выполнения упражнения строится на основе реализованных в КТК логических условий штатного функционирования технологических узлов на различных стадиях ТП. Логическим условием штатного функционирования технологического узла P на заданной стадии S называется логическая функция $F_P^S(I(t))$, такая что $F_P^S(I(t)) = true$, если в момент времени t для узла P и стадии S выполняются все рег-

ламентированные технологические нормы и все технологические параметры находятся в допустимых пределах, $F_p^S(I(t)) = false$, в противном случае. Если тренировочное упражнение связано с какой-либо технологической операцией, относящейся к стадии S ТП, то логическое условие штатного функционирования ТП во время выполнения упражнения формируется в виде: $F_0(I(t)) = F_1^S(I(t)), \&\dots\&, F_p^S(I(t))$, где $p = 1, \dots, P$ – узлы ТП, функционирование которых необходимо контролировать во время проводимой технологической операции.

Описание шагов упражнений реализуется на основе набора форм, при помощи которых вводятся текстовые описания (комментарии или подсказки), названия устройств, над которыми выполняются действия, контролируемые состояния устройств и проверяемые условия для технологических параметров.

Важными параметрами для автоматической оценки выполнения тренировочного упражнения являются контрольное число выполняемых команд и контрольное время выполнения. Для удобства инструктора реализован режим контрольного выполнения тренировочного упражнения, при котором число выполненных команд и время выполнения заносятся в БД в качестве контрольных значений. Кроме этого, инструктор может задавать коэффициенты, позволяющие на разных этапах обучения изменять вес разных критериев оценки выполнения тренировочного упражнения.

Кулида Елена Львовна – канд. техн. наук, ст. научный сотрудник Института проблем управления РАН. Контактный телефон (495)334-92-49. E-mail: lenak@ipu.ru

НОВЫЕ КНИГИ

Харазов В.Г. Интегрированные системы управления технологическими процессами"

Издательство "Профессия", стр. 592 с. ил., табл., сх. 2009 г.

Книга состоит из пяти разделов, освещающих современное состояние технического и ПО современных рас-пределенных систем управления (PCU) ТП.

В первом разделе в главе 1 рассмотрены приборы контроля основных параметров ТП – температуры, расхода, давления, уровня, анализаторы газов и жидкостей, спектроскопия, весоизмерительная техника, бесконтактные выключатели (сенсоры), показывающие и регистрирующие приборы, функциональные устройства, исполнительные механизмы, приборы учета энергоносителей. В главе 2 приведено описание ПЛК и компонентов ПЛК и встраиваемых систем. В главе 3 рассматривается оборудование и компоненты распределенных систем управления, шитовое оборудование, в том числе низковольтная аппаратура, промышленные компьютеры, панели оператора, источники бесперебойного питания и локальные микропроцессорные регуляторы.

Второй раздел посвящен программному обеспечению PCU, в том числе программированию контроллеров на языках по стандарту IEC 61131-3 и примеры программирования. Рассмотрены инструментальные системы программирования ISaGRAF, CoDeSys, Unity Pro, STEP7 и др., а также программное обеспечение рабочих станций (SCADA-системы). В отдельном разделе рассмотрены БД

Заявки на приобретение книги принимает редакция "Профессия": 191002, Санкт-Петербург, Измайловский пр., 29, а/я 600. Тел. (812) 740-12-60. E-mail: bookpost@professija.ru. http://www.professija.ru

Поликарпова Н. И., Шальто А. А. "Автоматное программирование"

ИСПб.: Питер, 2009. - 176 с.: ил. ISBN 978-5-388-00692-9

В книге рассматривается автоматное программирование – подход к разработке программных систем со сложным поведением, основанный на модели автоматизированного объекта управления (расширении конечного автомата). Предлагаемый подход позволяет создавать качественное программное обеспечение для ответственных систем, охватывая все этапы его жизненного цикла и поддержи-

Предложенный подход к автоматизации процесса обучения был реализован в КТК для обучения операторов, управляющих ТП уничтожения химического оружия, разработанном для учебного центра ФГУП "Государственный научно-исследовательский институт органической химии и технологий". Для использования КТК в учебном процессе Саратовского военного института радиационной, химической и биологической защиты на основе тренировочных упражнений были разработаны лабораторные работы и учебные курсы для самостоятельного обучения курсантов в зависимости от специализации и количества учебных часов.

Список литературы

1. Уткин А.Ю., Лебедев В.Г., Костикова Н.А., Кулида Е.Л., Рождественский Д.Б. Компьютерный тренажерный комплекс для обучения персонала центрального пульта управления объекта уничтожения химического оружия // Проблемы управления. 2005. № 1.
2. Кулида Е.Л., Лебедев В.Г. Организация информационного обмена в тренажере для объекта повышенной опасности // Датчики и системы. 2004. № 10.
3. Кулида Е.Л., Лебедев В.Г. Модели компьютерного тренажерного комплекса для обучения операторов объекта уничтожения химического оружия // Проблемы управления. 2005. № 6.
4. Кулида Е.Л. Метод реализации тренировочных упражнений в компьютерном тренажерном комплексе // Там же. 2007. № 5.

и СУБД в структуре современных PCU, в том числе модели БД, клиент-серверная архитектура доступа к данным, язык запросов SQL, серверы БД.

В третьем разделе приведены характеристики промышленных сетей – топология и методы доступа, активное оборудование промышленных сетей, характеристики открытых промышленных сетей, беспроводные сети систем управления.

Четвертый раздел посвящен алгоритмическому обеспечению PCU, в том числе нечетким и нейронечетким, адаптивным, робастным и ситуационным системам управления, а также искусственным нейронным сетям. Рассмотрены современные зарубежные и отечественные распределенные системы управления фирм Honeywell, Foxboro, Yokogawa, ABB, Emerson Process Management, Текон, Импульс и др.

В пятом, заключительном разделе учебно-справочного пособия рассмотрены современные системы класса ERP и MES, принципы и основы интеграции систем управления.

Книга предназначена для специалистов по автоматизации ТП, сотрудников проектных организаций и НИИ, студентов, аспирантов и преподавателей профильных ВУЗов.

вая его спецификацию, проектирование, реализацию, тестирование, верификацию и документирование. Книга предназначена для специалистов в области программирования, информатики, вычислительной техники и систем управления. Ее можно приобрести в книжных магазинах России, Беларуси и Украины, а также в различных интернет-магазинах, например, www.books.ru или www.ozon.ru