

ВИРТУАЛЬНЫЕ ТРЕНАЖЕРНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ И ТРЕНИНГА ПЕРСОНАЛА ХИМИЧЕСКИХ И МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

М.Н. Краснянский¹, А.В. Остроух², К.А. Баринов²,
Д.Л. Дедов¹, А.А. Руднев¹

*Кафедра «Автоматизированное проектирование технологического оборудования», ГОУ ВПО «ТГТУ» (1); кафедра «Автоматизированные системы управления», ГОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)» (2), г. Москва;
kras@tambov.ru*

Представлена членом редколлегии профессором В.И. Коноваловым

Ключевые слова и фразы: виртуальный тренажерный комплекс; интерактивная модель; 3D-моделирование.

Аннотация: Сформулирована постановка задачи проектирования виртуальных тренажерных комплексов. Разработан подход к интеграции виртуальных тренажеров в интерактивное 3D-пространство технологического объекта.

Обозначения

c_i – цветовое исполнение элементов;	\overline{AO}_j – вектор материалов по аппаратурному оформлению;
\overline{C}_i – вектор, определяющий цветовое исполнение функционального блока;	\overline{AP}_j^M – вектор методики обучения в аварийном режиме функционирования;
\overline{G}_j – вектор, определяющий состав графических информационно-справочных материалов;	\overline{AP}_j^T – вектор описания аварийного режима функционирования ТС;
j – порядковый номер продукта, выпускаемого технической системой;	\overline{BP}_j – вектор набора всплывающих подсказок;
K – число элементов функционального блока;	\overline{MI}_j – вектор методики работы инструктора;
l – порядковый номер объекта виртуально-тренажерного комплекса;	\overline{OP} – вектор обучающих роликов;
\overline{L}_l – вектор связей объектов;	\overline{RI}_j – вектор руководства инструктора;
$[M_j]$ – кластер, определяющий состав мультимедийных информационно-справочных материалов;	\overline{RO}_j – вектор руководства оператора;
n – число функциональных блоков;	\overline{RP}_j – вектор руководства программиста;
\overline{Ol} – вектор объектов взаимодействия;	\overline{TP}_j – вектор материалов по технологии производства;
\overline{Pl} – вектор технологий сетевого взаимодействия;	\overline{SP}_j^M – вектор методики обучения в штатном режиме функционирования;
r_i – размер элемента;	\overline{SP}_j^T – вектор описания штатного режима функционирования технической системы;
\overline{S}_i – вектор, определяющий состав функционального блока;	$[\mathcal{E}_i]$ – матрица элементов функционального блока;
$[T_j]$ – кластер, определяющий состав текстовых информационно-справочных материалов;	DB – база данных для хранения информационно-справочных материалов;
\overline{W}_i – вектор размеров функционального блока;	$3D$ – интерактивная 3D-модель производственного объекта.
x_i, y_i – координаты элемента в функциональном блоке;	
\overline{Z}_i – вектор координат функционального блока;	

Современные тенденции переоснащения производственных объектов и создание новых высокотехнологичных производств ставят вопрос о квалификации обслуживающего персонала. Полностью исключить влияние человеческого фактора на производственный объект не представляется возможным. Это связано со спецификой химических и машиностроительных производств, в особенности ориентированных на выпуск широкого быстроменяющегося ассортимента продукции [1]. Поэтому для снижения влияния человеческого фактора на надежность функционирования технической системы (ТС) необходимо повышать квалификацию обслуживающего персонала с использованием виртуальных тренажерных комплексов (ВТК), позволяющих формировать практические навыки работы в штатных и аварийных режимах функционирования. Существует возможность построения полномасштабных тренажеров, но для химических и машиностроительных производств данный подход не рентабелен. Поэтому все чаще для обучения персонала применяются виртуальные тренажерные комплексы.

К основным достоинствам ВТК можно отнести:

- высокую степень схожести пульта управления оператора и пульта тренажера;
- возможность отработки необходимых действий в штатных и аварийных ситуациях;
- отсутствие или малую продолжительность адаптивного периода перехода от тренажера к реальному объекту;
- высокую эффективность обучения при относительно короткой продолжительности;
- небольшую стоимость виртуального тренажера;
- возможность группового и дистанционного обучений.

Сформулируем постановку задачи проектирования тренажерного комплекса для обучения операторов технической системы.

Необходимо разработать виртуальный тренажерный комплекс для обучения операторов ТС, включающий:

- кластер информационно-справочных материалов [Λ]

$$[\Lambda] = [[T_j], \bar{G}_j, [M_j], DB];$$

- кластер функциональных блоков панелей виртуального тренажера [Φ]

$$[\Phi] = \begin{bmatrix} \bar{S}_1 & \bar{W}_1 & \bar{Z}_1 & \bar{C}_1 & [\mathcal{E}_1] \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \bar{S}_n & \bar{W}_n & \bar{Z}_n & \bar{C}_n & [\mathcal{E}_n] \end{bmatrix};$$

- способы и каналы сетевого взаимодействия обучаемых и инструктора [Net]

$$[\text{Net}] = [\bar{O}_l, \bar{L}_l, \bar{P}_l];$$

- методику обучения и тренинга операторов [MT]

$$[\text{MT}] = [\overline{\text{ШР}}_j^M, \overline{\text{АР}}_j^M, \overline{\text{МИ}}_j],$$

формирующий требуемый состав и уровень навыков управления ТС в штатных и аварийных ситуациях \bar{U}_j^* , в соответствии с входящими в состав информационно-аналитического регламента ТС R моделями функционирования и отказов ТС, моделями деятельности операторов ТС

$$R: \bar{U}_j \xrightarrow{[\Lambda], [\Phi], [\text{Net}], [\text{MT}]} \bar{U}_j^*$$

Используемая в постановке задачи матрица элементов функционального блока $[\Theta_i]$ описывается следующим образом

$$[\Theta_i] = \begin{bmatrix} r_1 & x_1 & y_1 & c_1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_K & x_K & y_K & c_K \end{bmatrix}.$$

Кластер $[T_j]$, определяющий состав текстовых информационно-справочных материалов, включает

$$[T_j] = [\overline{\text{ТП}}_j, \overline{\text{АО}}_j, \overline{\text{ШР}}_j^T, \overline{\text{АР}}_j^T, \overline{\text{РО}}_j, \overline{\text{РИ}}_j, \overline{\text{РП}}_j, \overline{\text{ВП}}_j].$$

Кластер $[M_j]$, определяющий состав мультимедийных информационно-справочных материалов,

$$[M_j] = [3D, \overline{\text{ОР}}].$$

Виртуальный тренажерный комплекс должен быть разработан для обучения всего персонала промышленного предприятия. Для вспомогательного персонала необходимо предусмотреть возможность обучения действиям в аварийных ситуациях, то есть отработку действий по эвакуации при выбросе отравляющих веществ, в случае пожарной тревоги и т.д. Для персонала, принимающего непосредственное участие в технологическом процессе, должны быть разработаны виртуальные тренажеры, имитирующие пульт управления ТС. Основной задачей интеграции виртуального тренажера в 3D-пространство моделируемого объекта становится разработка программного обеспечения объединяющего трехмерный объект и виртуальный тренажер.

Для работы оператору необходимо знать расположение как технологического оборудования, так и основные транспортные магистрали, а также расположение органов управления. На сегодняшний момент многими технологическими операциями управляют не только с пульта управления, но и с применением органов управления, расположенных по месту. Так же при отказе автоматики оператор должен знать, как продолжить технологический процесс в ручном режиме.

Концепцию интерактивного трехмерного пространства можно представить следующим образом. В интерактивное трехмерное пространство моделируемого объекта закладывается возможность вызова программы виртуального тренажера. Тогда 3D-модель рабочего места оператора должна быть построена таким образом, что при подходе к своему рабочему месту у оператора появляется возможность открыть виртуальный тренажер и начать тренинг. При подходе к пулту управления выводится возможное действие и подсказка к нему, например, «Для начала работы нажмите клавишу Е». В случае возникновения аварийной ситуации или при любой другой необходимости воспользоваться органом управления, расположенном по месту в тренажере, должна быть предусмотрена кнопка, например, «Выход в цех». При ее нажатии автоматически открывается интерактивная трехмерная модель рабочего места оператора и появляется возможность пройти в цех и совершить необходимые действия. При этом качество и правильность совершаемых действий должна оценивать система.

Возможности тренажерного комплекса оговариваются каждый раз индивидуально, но если технологическим объектом управляет не один, а несколько операторов, то в этом случае необходимо предусматривать возможность совместных действий. Поэтому необходимо при разработке интерактивного трехмерного пространства предусмотреть возможность многопользовательского режима работы, а в системе контроля должна быть разработана программа, оценивающая совокупность совершаемых действий и выдающая подробный отчет об ошибках каждого оператора в отдельности и ошибках во взаимодействии.

Анализ ошибок должен осуществлять отдельный модуль. Это связано с большим числом журналов, в которых ведется учет действий оператора с сохранением текущей даты. На основании полученных данных система будет принимать решение о правильности действий персонала и выдавать рекомендации для продолжения подготовки.

Предложенный подход к созданию ВТК используется при проектировании тренажерного комплекса [2] для обучения операторов химико-технологических производств на базе ОАО «Пигмент». Он позволяет осваивать технологический процесс и систему управления ТС; получать практические навыки при работе с ТС в штатных условиях функционирования, а также при предупреждении, локализации и ликвидации аварийных ситуаций; снижать влияние человеческого фактора на надежность технической системы.

Работа выполнена в рамках государственного контракта № 14.740.11.0961 Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 годы».

Список литературы

1. Егоров, А.Ф. Управление безопасностью химических производств на основе новых информационных технологий / А.Ф. Егоров, Т.В. Савицкая. – М. : Химия ; КолосС, 2004. – 416 с.
2. Краснянский, М.Н. Обучение операторов химических производств с применением тренажерных систем / М.Н. Краснянский, С.В. Карпушкин, Д.Л. Дедов // Хим. пром-сть сегодня. – 2011. – № 4. – С. 44–49.

Virtual Simulators for Teaching and Training of the Chemical and Mechanical Engineering Staff

**M.N. Krasnyanskiy¹, A.V. Ostroukh², K.A. Barinov²,
D.L. Dedov¹, A.A. Rudnev¹**

*Department “Computer-Aided Design of Technological Equipment”, TSTU (1);
Department “Automated Control Systems”, Moscow Automobile and Road State
Technical University (MADI) (2), Moscow; kras@tambov.ru*

Key words and phrases: 3D modeling; interactive model; virtual simulator.

Abstract: We formulate the problem of designing virtual simulators. The approach to the integration of virtual simulators in interactive 3D space of technological object is developed.

Virtuale Trainerkomplexe für die Ausbildung und das Trainieren des Personals der chemischen und maschinenbauenden Produktionen

Zusammenfassung: Es ist die Aufgabestellung der Projektierung der virtualen Trainerkomplexe formuliert. Es ist das Herangehen zur Integrierung der virtualen Trainers in den interaktiven 3D Raum des technologischen Objektes formuliert.

Complexes virtuels de home-trainer pour l'enseignement et l'entraînement du personnel des productions chimiques et celles de la construction mécanique

Résumé: Est formulée la mise en problème de la conception des complexes virtuels de home-trainer. Est élaborée une approche envers l'intégration des home-trainers virtuels dans l'espace 3D de l'objet technologique.

Авторы: *Краснянский Михаил Николаевич* – доктор технических наук, доцент кафедры «Автоматизированное проектирование технологического оборудования»; *Остроух Андрей Владимирович* – доктор технических наук, доцент, член-корреспондент Российской академии естествознания, профессор кафедры «Автоматизированные системы управления»; *Баринов Кирилл Александрович* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизированные системы управления», ГОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», г. Москва; *Дедов Денис Леонидович* – аспирант кафедры «Автоматизированное проектирование технологического оборудования»; *Руднев Александр Анатольевич* – магистрант кафедры «Автоматизированное проектирование технологического оборудования», ГОУ ВПО «ТГТУ».

Рецензент: *Подольский Владимир Ефимович* – доктор технических наук, профессор, проректор по информатизации, ГОУ ВПО «ТГТУ».
