

## ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ. ПРОГРАММНЫЕ КОМПЛЕКСЫ

---

УДК 004.94

### РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО И МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВИРТУАЛЬНОГО ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА

Д.Л. Дедов, М.Н. Краснянский, А.А. Руднев, М.В. Ионов

*Рецензент д-р техн. наук, профессор В.Е. Подольский*

**Ключевые слова и фразы:** виртуальный тренажерный комплекс; тренинг персонала; человеческий фактор.

**Аннотация:** Разработано программное обеспечение виртуального тренажерного комплекса. Выделены основные этапы проектирования виртуальных тренажеров. Представлена интерактивная 3D-модель производственного объекта.

Современные тенденции переоснащения производственных объектов и создания новых высокотехнологичных производств ставят вопрос о квалификации обслуживающего персонала. Полностью исключить влияние человеческого фактора на производственный объект не представляется возможным. Поэтому для снижения влияния человеческого фактора на надежность функционирования технической системы (ТС) необходимо повышать квалификацию обслуживающего персонала. Чаще всего для обучения персонала применяются виртуальные тренажерные комплексы (ВТК), поскольку их возможности очень высоки [1]. Рассмотрим основные этапы проектирования ВТК.

*Разработка структуры виртуального тренажерного комплекса.* Разработку модуля целесообразно начинать с выделения основных задач ВТК. Данная работа выполняется аналитической группой. В общем случае основными задачами ВТК являются: обучение теоретическим знаниям и практическим навыкам работы, проверка полученных знаний. Далее необходимо определить состав модулей и сформировать структуру информационных потоков, которую целесообразно создавать в редакторе Microsoft Visio. Надо учитывать, что при дальнейшей разработке ВТК состав модулей и их связи могут меняться.

---

Дедов Денис Леонидович – кандидат технических наук, ассистент кафедры «Автоматизированное проектирование технологического оборудования», e-mail: hammer68@mail.ru; Краснянский Михаил Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматизированное проектирование технологического оборудования», проректор по научно-инновационной деятельности; Руднев Александр Анатольевич – аспирант кафедры «Автоматизированное проектирование технологического оборудования»; Ионов Михаил Викторович – аспирант кафедры «Автоматизированное проектирование технологического оборудования», ТамбГТУ, г. Тамбов.

*Анализ нормативной документации.* Для химических производств основными нормативными документами, определяющими технологию выпуска продукции, последовательность технологических операций для аппаратурных стадий, деятельность обслуживающего персонала, является производственный регламент выпуска продукции и план локализации аварийных ситуаций (ПЛАС).

*Разработка передней панели тренажера.* Передняя панель виртуального тренажера должна в точности повторять пульт управления ТС. В настоящее время управление производствами осуществляется с использованием автоматизированных систем управления технологическим процессом (АСУ ТП), которые, как правило, разрабатываются с использованием различных SCADA-систем. Так как на передней панели тренажера должен присутствовать не только пульт управления, но и элементы управления тренажером, то необходимо размещать элементы тренажера с учетом эргономических особенностей и с целью минимизации вносимых отличий.

*Разработка математической модели деятельности человека-оператора.* Данный процесс целесообразно начинать с изучения последовательности действий оператора, полученной на этапе анализа нормативной документации. Для представления математической модели деятельности человека-оператора предлагается использовать систему производственных правил и теорию графов.

*Разработка основных модулей тренажерного комплекса.* Состав модулей определяется на этапе разработки структуры ВТК. Основные модули тренажерного комплекса: информационно-справочный; предварительных настроек; тестирования; сетевого взаимодействия; преподавателя; обучаемых; анализа результатов. Отдельно осуществляется обеспечение совместной работы модулей ВТК и разработка методики обучения.

Когда основные модули ВТК созданы и объединены в единое целое необходимо начать разработку методики обучения персонала с использованием ВТК. Данная методика должна войти в пакет технической документации, которая будет поставляться совместно с ВТК. Разработку методики логично проводить совместно со специалистами в области профессионального обучения и техническими специалистами со стороны компании разработчика, а также представителями заказчика.

*Апробация тренажерного комплекса.* Апробацию ВТК производит группа экспертов. В нее должны входить как сторонние эксперты в данной области, так и представители предприятия-заказчика. При апробации ВТК необходимо присутствие технолога производства, механиков, операторов, руководства производства. На данном этапе подтверждается адекватность математической модели, степень подобия пульта оператора и панели тренажера, соответствие возможностей ВТК требованиям технического задания.

Важную роль в работе тренажерного комплекса играет интерактивная 3D-модель производственного объекта. В основе 3D-компонента тренажера лежит трехмерная геометрическая модель производственной площадки, на которой размещен химико-технологический объект и функциональное

обеспечение, позволяющее реализовывать на виртуальной производственной площадке мероприятия, необходимые для локализации и ликвидации аварийных ситуаций. Обучающийся получает возможность перемещаться в виртуальном пространстве производственной площадки и операторной, осуществлять осмотр объектов (технологического оборудования, приборных щитов, средств пожаротушения и др.) и выполнять действия в соответствии с регламентом выпуска продукции и планом локализации аварийных ситуаций.

Трехмерная геометрическая модель разработана для фрагмента производственной площадки предприятия химико-технологического профиля, на котором осуществляется производство пигмента красного Ж. С помощью Unreal Development Kit была разработана модель цеха, окружающих его зданий и сооружений, водоемов и насаждений; проложены межцеховые и транспортные коммуникации; разработаны трехмерные модели аппаратов, находящихся внутри цеха (рис. 1); представлена справочная информация в виде всплывающих окон (геометрические размеры оборудования, параметры технологического процесса и др.). Кроме того, реализовано звуковое сопровождение технологического процесса (звуки различных режимов работы аппаратов, аварийные сигналы, сигналы оповещения). Помимо возможности перемещения в виртуальном производственном пространстве, на основе созданной 3D-модели разработаны видеоролики, демонстрирующие маршруты эвакуации персонала при возникновении аварийных ситуаций.

Разработанный ВТК предназначен для обучения персонала ТС, а также студентов химико-технологического профиля в рамках производственной практики. С его помощью обучающийся имеет возможность не толькознакомиться с регламентной и проектно-конструкторской документацией, но и самостоятельно осваивать технологический процесс производства пигмента красного Ж, приобретать практические навыки управления

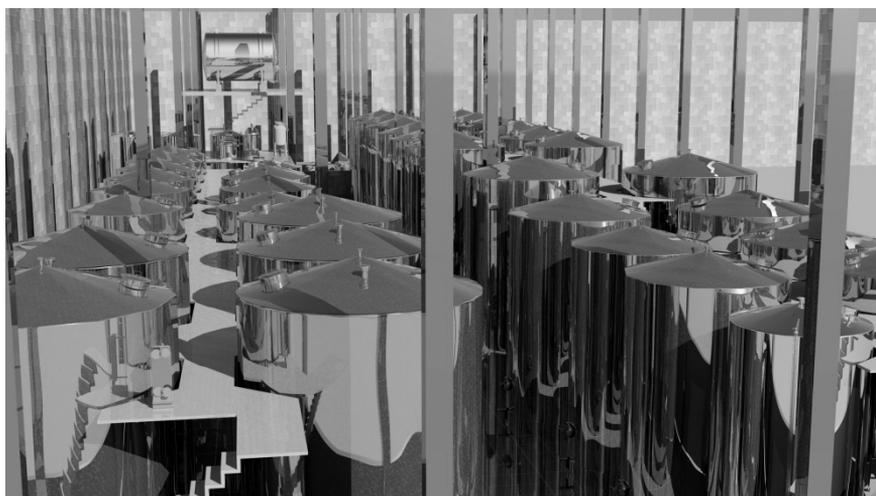


Рис. 1. 3D-модель производственной площадки

технической системой в штатных и аварийных режимах эксплуатации, отрабатывать полученные знания и умения по предупреждению и ликвидации аварийных ситуаций.

Тренажерный комплекс ориентирован на обучение двух и более операторов, осуществляющих управление ТС. В процессе обучения каждый оператор отрабатывает необходимые действия за своей рабочей станцией. Инструктор в реальном времени следит за ведением операторами продукта по схеме и может вносить любые изменения в технологический процесс.

Для работы на тренажере пользователю необходимо иметь на своей рабочей станции интернет-браузер, а также установить приложение LabVIEW Run-Time Engine. Данное приложение относится к классу свободно распространяемых, поэтому дополнительных затрат на приобретение программного обеспечения не требуется. При первом обращении к странице тренажера, автоматически выдается запрос на установку данного приложения. LabVIEW Run-Time Engine отвечает за отображение передней панели тренажера в окне браузера, а также за возможность использования органов управления тренажера.

Тренажерный комплекс расположен на удаленном сервере, доступ к которому осуществляется посредством интернет-браузера. Вводя в браузере адрес сайта виртуального тренажера, попадаем на страницу, где предоставляется выбор тренажера для обучения. Далее запрос обрабатывается сервером Apache и перенаправляется на LabVIEW-сервер. С использованием технологии Remote Panel генерируется html-страница и передается для отправки клиенту сервером LabVIEW. После этого в окне браузера клиента появляется передняя панель тренажера (рис. 2).

При работе с тренажером обработка действий оператора осуществляется непосредственно в используемом приложении на основании набора правил, которые сформулированы в математической модели деятельности человека-оператора.

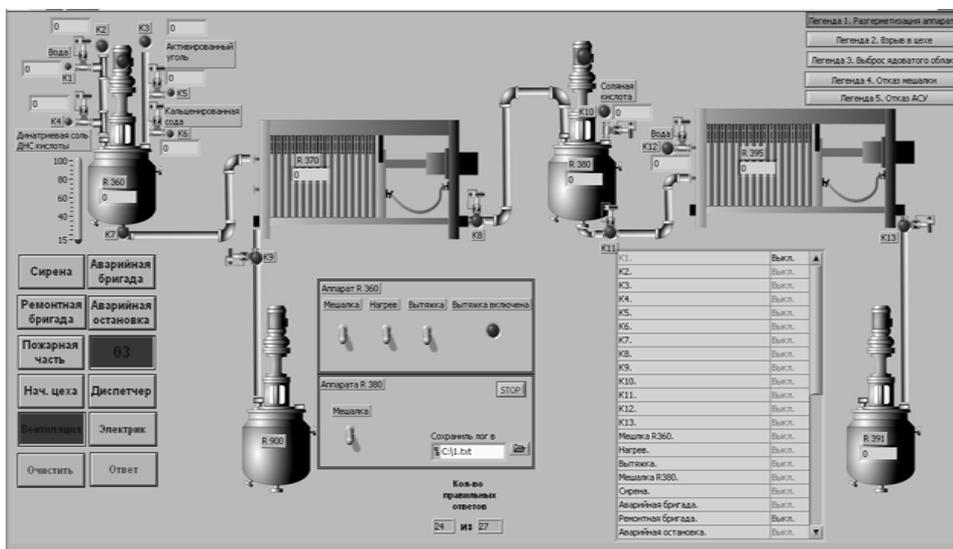


Рис. 2. Передняя панель тренажера

Основным недостатком технологии Remote Panel является невозможность одновременного использования приложения в активном режиме различными рабочими станциями. Поэтому для решения данной проблемы, а также для упорядочивания информационных потоков проведена декомпозиция тренажера на следующие модули: обработки действий операторов; обработки действий инструктора; взаимодействия.

Взаимодействие между модулями происходит через протоколы ТСР/ІР. Первые три модуля осуществляют прием данных о действиях пользователей и пересылку их в четвертый модуль, где с использованием математической модели деятельности человека-оператора проводится анализ полученной информации и формируются ответные реакции. Такое разделение дает возможность полностью разграничить права пользователей.

Использование современных технологий позволило создать систему дистанционного обучения операторов ТС. Данный вид обучения является единственным доступным способом формирования практических навыков у операторов химических производств по причине нерентабельности или невозможности производства полномасштабных тренажеров.

Передняя панель тренажера представляет собой имитацию рабочего места оператора (см. рис. 2). На ней отображается ход технологического процесса. Оператор ведет продукт по схеме, совершает необходимые управляющие воздействия, следит за возможными отклонениями в режиме функционирования оборудования. Оператор может следить за действиями других операторов, что позволяет отработать совместные действия группы операторов. Для отработки взаимодействия при возникновении нештатной ситуации в тренажере предусмотрен комплекс готовых сценариев развития аварийных ситуаций.

Для более полного контроля и наиболее точной оценки действий оператора в тренажере предусмотрено рабочее место инструктора. Инструктор находится за удаленной рабочей станцией, имеет высший приоритет и полный доступ к органам управления ТС. Это позволяет инструктору не только вносить коррективы в действия операторов, но и создавать возмущающие воздействия, непредусмотренные базовыми сценариями.

Для ведения статистики ошибок обучаемых предусмотрен модуль журнала прохождения тренинга. Он позволяет сделать процесс обучения более интенсивным за счет обработки полученных данных и выявления «узких» мест в навыках оператора. При следующем тренинге система моделирует необходимую ситуацию, в которой оператор допустил наибольшее количество ошибок, и тем самым позволяет наработать требуемый уровень навыков.

Разработанный алгоритм и программное обеспечение были использованы при создании тренажерного комплекса для обучения операторов химико-технологических производств на базе ОАО «Пигмент». Он позволяет осваивать технологический процесс и систему управления; получать практические навыки при работе с технической системой в штатных условиях функционирования; приобретать практические навыки выполнения

работ по предупреждению, локализации и ликвидации аварийных ситуаций; снижать влияние человеческого фактора на надежность технической системы.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы, соглашение № 14.132.21.1806.*

#### *Список литературы*

1. Дедов, Д.Л. Виртуальный тренажерный комплекс предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций техногенного характера на основе моделирования деятельности человека-оператора / Д.Л. Дедов, М.Н. Краснянский, А.А. Руднев // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2012. – № 4. – С. 834–839.

---

### **Development of Software and Methodological Support of a Virtual Training Complex**

*Tambov State Technical University, Tambov*

**D.L. Dedov, M.N. Krasnyansky, A.A. Rudnev, M.V. Ionov**

**Key words and phrases:** human factor; personnel training; virtual training complex.

**Abstract:** Software of a virtual training complex is developed. Main stages of virtual simulator design are highlighted. 3D interactive model of a facility is described.

---

© Д.Л. Дедов, М.Н. Краснянский,  
А.А. Руднев, М.В. Ионов, 2013