

НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТРЕНАЖЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ОПЕРАТОРОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВОК

В.А. Казанцев, Пол Ричмонд (Invensys Operations Management)

Сформулированы возможности и области применения современных компьютерных тренажеров. Представлены основные программные компоненты, присутствующие в системах динамического моделирования и обучения операторов от компании Invensys Operations Management. Описываются понятие и характеристики виртуальной реальности (VR) - генерируемой компьютером 3D рабочей среды, имеющей точное сходство с реальностью для человека, взаимодействующего с этой средой.

Ключевые слова: тренажер, динамическое моделирование, виртуальная реальность.

Системы динамического моделирования и обучения операторов (Operator Training Simulator – OTS) давно появились на рынке. А в последние 5 лет в результате бурного развития компьютеростроения использование OTS стало реальностью для многих производственных предприятий. Тренажеры, ранее использовавшиеся в основном для обучения только пилотов авиалиний, космонавтов и операторов атомных электростанций, теперь доступны на таких объектах, как плавучие системы добычи, хранения и выгрузки нефтепродуктов (FPSO), терминалы сжиженного природного газа (LNG), установки, реализующие GTL-технологии по переводу газа в жидкое состояние, нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ), химические, нефтехимические и другие предприятия, характеризующиеся опасным производством. Системы OTS используются во всем мире в крупных проектах не только для обучения операторов, но и для тщательных проверок конфигураций систем автоматизированного управления и систем промышленной безопасности до начала их использования на реальных технологических установках. Относительно небольшие капиталовложения в OTS позволяют сэкономить сотни тысяч долларов, при этом период окупаемости капиталовложений вполне разумен. Рассмотрим решение компании Invensys Operations Management по тренажерным комплексам последнего поколения, остановимся подробнее на наиболее перспективных направлениях развития, характерных для данной области автоматизации.

Назначение тренажеров

Классические OTS используются в основном для обучения операторов технологических установок, управляющих ТП из операторных установок, следующим навыкам работы:

- выполнение операций пуска/останова за более короткое время;
- действия в случае отключений и других неисправностей системы энергоснабжения технологической установки;
- диагностирование неисправностей, реагирование на аварийную сигнализацию и выполнение корректирующих мероприятий в случае появления неисправности технологического оборудования во время нормальной эксплуатации;

- управление в стационарном режиме;
- повышение безопасности работы установок;
- уменьшение загрязнения окружающей среды;
- увеличение времени безотказной работы;
- повышение мастерства, навыков и готовности операторов.

К дополнительным применениям систем OTS относятся:

- тестирование корректности и полноты функциональных возможностей системы управления ТП;
- устранение "узких" мест;
- анализ инженеринговых решений;
- анализ сценариев развития аварийных ситуаций и различных режимов ведения процесса операторами, работающими в разные смены.

Большинство разработчиков современных OTS предусматривают в своих продуктах не только возможность обучения операторов, но и прочую функциональность, позволяющую поддерживать технологическую установку в работоспособном состоянии на протяжении всего ее жизненного цикла. Рассмотрим эти дополнительные возможности OTS подробнее.

Проверка системы управления

OTS предоставляют инструментарий, позволяющий осуществлять тестирование работы новых средств управления технологической установкой до ее фактического начального запуска в эксплуатацию.

Проверка системы управления позволяет использовать тренажерный комплекс для: предварительной настройки контуров управления; тестирования логики пуска/останова; оценки стабильности управления; проверки графических дисплеев; проверки средств управления на технологической установке; тестирования систем аварийного останова и логических последовательностей.

Модификации системы управления, которые требуются для пуска и надлежащей работы технологической установки, могут быть проверены на тренажерном комплексе, а затем реализованы на технологической установке. Клиенты компании Invensys, использовавшие данный тип тестирования и возможность обучения операторов до пуска установки в эксплуатацию, в результате смогли избежать множества проблем, часто сопровождающих первоначальный пуск установки в эксплуатацию.

Сокращение дополнительных дней пуска-наладки благодаря проверке системы управления с помощью точной динамической модели часто является достаточным обоснованием для покупки тренажера.

Испытательный стенд для анализа и настройки системы управления

Система управления, реализованная на тренажере, является точной копией реальной системы управления. Поэтому тренажер позволяет обучить инженеров, обслуживающих контрольно-измерительное оборудование, и инженеров АСУ:

- составлять тесты и проводить анализ систем управления;
- научиться устранять на тренажере неисправности, появляющиеся в реальной системе управления установкой;
- проверять на тренажере все изменения в системе управления, прежде чем реализовывать их на реальной установке;
- предварительно настраивать новые контуры регулирования;
- настраивать контуры регулирования системы противоаварийной защиты (СПАЗ) без риска нарушения нормальной работы установки.

Испытательный стенд для анализа работы установки и инжиниринга

Современный тренажерный комплекс базируется на точных термодинамической, кинетической и гидравлической моделях процесса, учитывающих все проектные особенности установки и системы управления. В связи с этим обучающий тренажер позволяет учитывать существующие реальные ограничения, которые не всегда принимаются во внимание при моделировании стационарных состояний, связанные с гидравликой, размерами регулирующих клапанов, рабочими кривыми насосов и компрессоров, захлыванием ректификационной колонны, площадью поверхности теплообменников и т.п.

Когда модель будет настроена так, чтобы достоверно отображать работу технологической установки, инженерно-технический персонал сможет использовать тренажерный комплекс для:

- оценки изменений настройки оборудования;
- выполнения исследований, связанных с устранением "узких" мест;
- оценки альтернативных методик эксплуатации;
- анализа сценариев альтернативных вариантов работы установки (анализ "Что, если...").

Тренажерные комплексы от компании Invensys

Компания Invensys потратила многие годы на разработку оптимального программного решения, позволяющего с минимальными финансовыми и временными затратами разрабатывать и внедрять OTS для различных отраслей промышленности. В результате были созданы программные компоненты тренажера,

являющиеся высокоэффективными и простыми приложениями, реализующими все необходимые функции высокоточного тренажера и позволяющие легко собирать тренажеры не только из приложений компании Invensys, но и из приложений других производителей, базирующихся на платформе Microsoft .Net.

Основные программные компоненты, заложенные в решение компании Invensys OTS:

- SIM4ME/DSS – модульная среда динамического моделирования;
- DYNOSIM™ – ПО динамического моделирования;
- FSIMplus™ – ПО моделирования PCU Foxboro I/A Series
- TRISIM Plus™ – ПО моделирования системы ПАЗ Triconex.

Среда динамического моделирования SIM4ME/DSS представляет собой открытую модульную архитектуру ПО, позволяющую разрабатывать масштабируемые интегрированные системы тренажерных комплексов для обучения операторов. Среда SIM4ME OTS включает инструментарий, позволяющий проигрывать различные модели ТП, обладает возможностью подключать различные подпроцессы, к которым могут относиться имитационные модели, модели эмуляции подключения PCU, эмуляции ПЛК, приложения сторонних поставщиков и др. Вся система управляется супервизором SIM4ME, который синхронизирует передачу данных.

Пакет динамического моделирования DYNOSIM™ – комплексное, точное, опробованное на практике ПО моделирования динамических процессов, которое позволяет пользователям успешно решать задачи проектирования и безопасной, рентабельной эксплуатации современных технологических установок. DYNOSIM включает следующие системы для точного динамического моделирования ТП:

- базовые модели технологического оборудования;
- модели управляющих элементов и контуров регулирования для моделирования алгоритмов управления PCU и СПАЗ;
- электротехнические модели для моделирования электротехнических систем, включая электроприводы;
- точную и подробную термодинамику.

Объединяя перечисленные модели, DYNOSIM позволяет моделировать различные технологические установки, включая систему управления, блокировки отключения и систему электроснабжения. ПО также позволяет:

- добавлять модели, созданные самим пользователем;
- добавлять различные библиотеки и уравнения, описывающие кинетику реакций;
- разрабатывать специализированные режимы управления технологической установкой и др.

DYNOSIM взаимодействует с PRO/II® – программой моделирования стационарных состояний от компании Invensys. Используя архитектуру SIM4ME, DYNOSIM может без привлечения дополнительного инструментария интегрироваться с разнообразными

системами управления и ПАЗ, создавая платформу, используемую для решения задач инжиниринга, для наладки систем управления и для обучения операторов посредством тренажерного комплекса, работающего с высокой достоверностью.

ПО строгого моделирования РСУ Foxboro I/A – FSIM™ Plus позволяет использовать вместо реальных контроллеров РСУ виртуальные контроллеры, которые могут программироваться с той же инженерной станции, что и реальные контроллеры. FSIM является собой аналог процессоров I/A Series (такие же алгоритмы, такая же логика управления, такие же последовательности обработки информации и т.п.)

В системе, использующей FSIM, графика экранов операторов и стратегии управления будут такими же, как в реальной системе, так как FSIM использует те же файлы конфигурации РСУ, что и реальная система управления.

ПО строгого моделирования системы ПАЗ Triconex – TRISIM™ Plus (TRISIM) позволяет создавать тренажеры с точной копией системы ПАЗ, противопожарной системы и системами управления турбогенераторами и компрессорами. В данном ПО используются те же алгоритмы и конфигурационные файлы, что и в реальной системе ПАЗ. Таким образом отпадает необходимость в каких-либо действиях по трансляции, рекомпиляции и других действиях над реальными файлами системы ПАЗ.

ПО SIM4ME позволяет легко интегрировать в состав OTS модули РСУ и ПЛК других производителей:

- РСУ: ABB/Bailey Infi90/ControlIT; Emerson SimulatePro DeltaV; Yokogawa Centum CS300; Honeywell TDC3000 & Experion; Siemens Teleperm XP; GE Mark VI; Westinghouse Ovation WDPF;

- PLC: ABB Procontrol/Turbtrol; GE Mark IV/V; GE PLC-6; Modicon PLC-984/Quantum; Woodward Governor; Allen-Bradley PLC-5; технологические модели CCC Series 5; многочисленные системы и библиотеки, такие как интерфейс OPGA2000; программные пакеты моделирования ТП сторонних поставщиков (HYSYS Dynamics, INDISS и т.д.).

На базе данного специализированного набора ПО компания Invensys успешно разработала и внедрила более 240 тренажерных комплексов для обучения операторов технологических установок в различных отраслях промышленности: 140 комплексов для производства и передачи электроэнергии, для тепловых станций; 45 комплексов в нефтепереработке; 19 комплексов в нефтехимии; 17 комплексов в области газопереработки для обучения операторов установок получения сжиженного природного газа; 11 комплексов для морских платформ, добычи нефти и газа; 9 комплексов для химических предприятий.

Виртуальная реальность как средство расширения функциональности тренажера

Все вышеперечисленное относится к тренажерным комплексам, предназначенным для обучения операторов, управляющих технологической установ-

Люди могут вести себя по-разному в одинаковых ситуациях, и этим они принципиально отличаются от машин.

К. Щемелинин

кой с помощью РСУ из операторской. На самом деле управление промышленной установкой не ограничивается только действиями "консольных" (управляющих установкой с помощью РСУ) операторов, а также требует участия в процессе управления так называемых операторов полевых устройств (Field operator), которые вручную открывают задвижки, включают оборудование и выполняют другие действия с устройствами, не вошедшими в состав РСУ или не имеющими автоматических приводов, управляемых РСУ. Согласованная работа команды "консольных" и "полевых" операторов и гарантирует высокую эффективность управления технологической установкой.

Чтобы заполнить этот пробел в обучении операторов, компания INVENSYS разработала инструментарий для использования виртуальной реальности (VR) в тренажерных комплексах обучения операторов.

Определим виртуальную реальность как генерируемую компьютером трехмерную (3D) рабочую среду, которая имеет очень точное сходство с реальностью для человека, взаимодействующего с этой средой.

Основная характеристика, которую VR вносит в компьютеризированный инжиниринг технологических процессов, состоит в возможности визуализации в реальном масштабе времени. VR широко использовалась в таких областях, как компьютерные игры, авиационная и медицинская отрасли промышленности. Сегодня VR нашла свое применение и в обрабатывающей промышленности.

Однако недостаточно просто создать отдельную виртуальную среду. Ее составные части требуют управления, выполняемого таким образом, чтобы пользователь поверил, что он действительно погружен в реальную среду. Для этого требуется средство моделирования процесса/оборудования, которое взаимодействовало бы с виртуальной средой в реальном режиме действие/реакция на это действие.

Для создания базы трехмерного (3D) отображения VR требуется файл CAD (Системы автоматизированного проектирования, САПР) в качестве основного источника данных. Этот файл может быть либо в стандартном двумерном формате 2D, либо в усовершенствованных форматах (таких, которые создаются с помощью COMOSFEED™, SMARTPLANT® и AUTOCAD®). Эти программы генерируют файл 3D CAD®, используемый для ускорения процесса преобразования, необходимого для создания фотореалистичной графики в реальном времени. Сначала создается базовая трехмерная (3D) конфигурация, отражающая геометрическую структуру завода, а затем для построения графических деталей используется такое программное обеспечение, как 3dStudioMax® или Maya®. Данное программное обеспечение добавляет подробности и

выполняет небольшие настройки, необходимые для того, чтобы превратить САД в фотореалистичный продукт. Различные другие инструментальные средства и приложения оптимизируют текстуру и освещенность, чтобы улучшить эффект реалистичности.

В отличие от обычной визуализации, выполняемой не в реальном масштабе времени, программа реального времени позволяет пользователям свободно перемещаться и взаимодействовать внутри среды. Специальная технология компьютерной графики позволяет визуализировать среду со скоростью 60 кадров в секунду, по сравнению с одним кадром в секунду для обычного метода. Для достижения скорости 60 кадров в секунду требуются конкретные технологии оптимизации (LOD, BSP, UV compression, etc.).

Следующим шагом после создания графических изображений является разделение статических (которые не могут перемещаться) и динамических (которые могут перемещаться и с которыми можно взаимодействовать) взаимодействующих геометрических элементов.

Последний шаг – создание геометрии столкновений, которая имеет сходство с геометрией графики. Это позволяет пользователям наталкиваться на элементы виртуальной среды, а не просто проходить сквозь них.

Интерактивная система ВР – это распределенное приложение с центральным сервером, позволяющее централизовать обновления сцен. Поэтому визуализация сцен может выполняться одновременно на многих станциях. Сервер синхронизирован непосредственно с модульной средой динамического моделирования SIM4ME компании Invensys Operations Management, так что свойства каждого элемента установки на сцене ВР постоянно обновляются в такт с моделированием технологического процесса. Другие станции обладают различными ролями внутри этого процесса моделирования и способны осуществлять связь друг с другом через сеть, используя стандартный протокол TCP/IP.

Серверное приложение управляет связью между различными модулями и отвечает за обновление всех параметров сцены. Оно сохраняет копию графического изображения сцены – иерархического представления трехмерной (3D) сцены, – которая синхронизирована с изображением, находящимся в каждом приложении-сателлите. Серверное приложение постоянно обновляет данные графического изображения сцены, уведомляя приложения-сателлиты об изменениях через сетевой протокол.

Эти приложения-сателлиты управляют обработкой данных визуализации и предоставляют дополнительные функциональные возможности пользователям. Тем временем основная клиентская станция воспроизводит среду технологической установки и позволяет пользователям выполнять действия с элементами технологической установки (например, открыть задвижку), выполняя роль оператора полевых устройств (Field Operator). Все действия, выполняемые виртуальным Field Operator, отслеживаются и

синхронизированы с другими элементами платформы, включая имитатор технологического процесса. Выходные сигналы можно отображать на различных системах: от стандартных настольных мониторов и шлемов-дисплеев до иммерсивных проекционных систем. Можно использовать как моно, так и стереоскопическое изображение.

Для системы ВР требуется станция мониторинга, которая централизует всю информацию о выполняемом моделировании. К такой информации относится количество и тип станций, подключенных к трехмерной (3D) модели, а также конкретные обучающие упражнения, выполняемые на тренажере. Станция мониторинга может быть интегрирована со станцией инструктора в традиционных системах обучения операторов (OTS), предоставляя единую точку для управления всем сеансом обучения. События и обучающие упражнения запускаются со станции инструктора и передаются как в SIM4ME, так и на платформу ВР.

DYNSIM® и FSIM Plus® от компании INVENSYS непосредственно сопрягаются с основными модулями моделирования системы ВР. Они обеспечивают полностью синхронизированную интеграцию между трехмерным (3D) миром и моделированием процесса. Поэтому любое действие, выполняемое оператором полевых устройств (Field Operator) в трехмерной среде, немедленно отражается в DYNSIM. И наоборот, любое значение, которое обновляется с помощью DYNSIM, также обновляется на платформе ВР.

Основное преимущество, которое ВР вносит в теоретическое и концептуальное обучение, состоит в том, что ВР позволяет обучающимся лучше познакомиться с компоновкой и работой объекта. Например, обучение на конкретном оборудовании включает в себя не только трехмерные (3D) модели, которые можно рассматривать с любого угла, но также позволяет это оборудование привести в движение. Для интегрированных систем, таких как комплексные процессы, ВР позволяет обучающимся пройти по трехмерной модели и улучшить свою пространственную осведомленность о технологической установке.

Кроме того, при интеграции с ПО динамического моделирования DYNSIM методы ВР могут быть использованы для улучшения отображения поведения технологической установки.

Платформа ВР подсказывает пользователю правильные действия в процессе отработки следующих элементов:

- техническое обучение, сфокусированное на передаче технических знаний;
- обучение приемам эксплуатации, сконцентрированное на процедурах и навыках;
- обучение методам техники безопасности, сконцентрированное на возможных опасных ситуациях;
- реакция на аварийные ситуации: как реагировать в критических ситуациях;
- обучение навыкам коллективной работы: общение, принятие совместных решений и работа в одной

команде как полевых операторов, так и операторов, управляющих установкой из диспетчерского пункта.

Все эти опции поддерживаются платформой VR. Некоторые модули обучения могут быть посвящены исключительно знаниям о ТП, однако большинство сеансов должно включать все перечисленные элементы.

Платформа VR способствует повышению эффективности обучения, позволяя инструкторам выбрать наиболее подходящий режим обучения: некоторые инструкторы вводят задачи с постепенным нарастанием сложности, другие — предпочитают, чтобы обучающиеся сразу выполняли всю задачу во всей ее сложности (режим пошагового руководства, основанный на описании задачи).

VR в области обеспечения безопасности

Операторы полевых устройств полностью погружаются в VR и воспринимают виртуальную среду, как если бы она была реальным заводом. Надев очки, они способны видеть стереоскопическое изображение окружающего пространства, ходить по виртуальному заводу и "чувствовать" его. Трехмерный (3D) объемный звук добавляет эффект реальности. Звуки записываются с реальной установки для разных режимов ее работы, времени года и т.п. Эффект реальности усиливается также благодаря возможности выполнять задачи, используя различные устройства вручную. Погрузившись в виртуальную среду, где все имеет сходство с реальностью, операторы могут поэкспериментировать со всеми нормальными и нештатными ситуациями и протестировать их. Любое действие в поле либо в операторной точно моделируется с точки зрения поведения процесса с точным восприятием действия/реакции на действие. На практике VR позволяет оператору протестировать любую предполагаемую нештатную ситуацию, а также малопонятное нетипичное поведение технологической установки. Можно полностью протестировать как ожидаемые, так и прогнозируемые неисправности, включая повреждения, к которым они могут привести. В конечном счете, обучаясь на виртуальных повреждениях, можно избежать реальных.

Данный подход имеет двойное преимущество: безопасность может быть протестирована и с ней можно поэкспериментировать в целях обучения, а средства анализа риска позволяют лучше определить опасные сце-

нарии. Эти два преимущества позволяют научить операторов принимать своевременные правильные решения. Другими словами, VR делает обучение, оценку рисков и структуру обеспечения безопасности более эффективными и реалистичными, чем когда-либо.

Отметим также, что технология VR успешно применяется при проектировании, позволяет обнаружить неверное проектное решение, а также при реализации задач технического обслуживания. Управление промышленным процессом с высокой степенью автоматизации зависит в большой степени от эксплуатационной надежности и ремонтпригодности технологического оборудования. Из-за огромного экономического воздействия, которое может оказать неисправность, ее предотвращение имеет высокий приоритет. Поэтому, чтобы гарантировать надлежащее и своевременное техническое обслуживание, персонал должен участвовать в обучении, погружаясь в 3D реальность и используя VR модели технологического оборудования и схемы его компоновки. В результате могут быть рассмотрены и затем оптимизированы алгоритмы диагностики, временные показатели и процедуры обслуживания.

Заключение

Таким образом, применение современных тренажерных комплексов позволяет решать широкий спектр различных производственных задач. Компания Invensys разработала программные компоненты тренажера, базирующиеся на современных технологиях, являющиеся высокоэффективными, гибкими и простыми инструментами для подготовки операторов производственных предприятий.

Сегодня одной из самых передовых и прогрессивных технологий, применяемых в тренажеростроении, является VR, обеспечивающая трехмерное (3D) компьютерное отображение реального или воображаемого мира, в котором пользователь испытывает чувство реального присутствия и может взаимодействовать с системой в масштабе RV. Системы обучения, базирующиеся на VR, улучшают процедуры проектирования и позволяют полномасштабно отрабатывать командные навыки управления установками.

В результате тренажеры как основанные на базе VR, так и традиционные позволяют экономить рабочее время персонала и денежные средства предприятия.

*Казанцев Виктор Александрович — менеджер направления новых продуктов и решений
отделения SimSci ООО "Инвенсис Проусесс Системс",*

*Питер Ричмонд — менеджер направления тренажерных комплексов и моделирования процессов
Invensys Operations Management (Великобритания).*

Контактный телефон (495) 663-77-73.

E-mail: Victor.Kazantsev@invensys.com Peter.Richmond@invensys.com

Оформить подписку на журнал "Автоматизация в промышленности" вы можете:

- в России — в любом почтовом отделении по каталогу "Газеты. Журналы" агентства "Роспечать" (подписной индекс **81874**) или по каталогу "Пресса России" (подписной индекс **39206**).
- в странах СНГ и дальнего зарубежья — через редакцию (www.avtprom.ru).

Все желающие, вне зависимости от места расположения, могут оформить подписку, начиная с любого номера, прислав заявку в редакцию или заполнив анкету на сайте www.avtprom.ru.
В редакции также имеются экземпляры журналов за прошлые годы.