

INSIDE – ИНТЕГРИРОВАННАЯ СРЕДА РАЗРАБОТКИ ТРЕНАЖЕРОВ**О.Б. Дугинов, А.В. Левченко (ООО ЭНИМЦ “Моделирующие системы”)**

Рассмотрена интегрированная среда InSiDE, предназначенная для разработки тренажеров для технологических объектов различной степени сложности. Описаны архитектура и технология разработки тренажеров, ЧМИ. Указаны области применения и конкретные реализованные проекты.

Ключевые слова: аналитический тренажер, АЭС, интегрированная среда разработки, ядерный реактор, человеко-машинный интерфейс.

Аналитический тренажер — программно-технический моделирующий комплекс, предназначенный для подготовки и поддержания квалификации оперативного персонала блочного щита управления атомной станции с использованием полномасштабной математической модели энергоблока, функционирующей в реальном масштабе времени (СТО 1.1.1.01.004.0680-2006. Технические средства обучения. Концерн Росэнергоатом, 2006).

Приведенное определение обозначает основную функцию тренажера: передачу знаний и выработку профессиональных навыков. Таким образом тренажер является тем средством обучения, которое способствует росту профессиональных компетенций персонала. Не секрет, что роль человеческого фактора в эффективном и безопасном управлении технически сложными объектами значительна. Особенно это важно на объектах ядерной энергетики, где обеспечение безопасности является первоочередной задачей. В связи с этим принятой практикой является обязательное применение тренажеров для подготовки и поддержания квалификации оперативного персонала на АЭС [1]. Особое внимание должно обращать на отработку действий при возможных нарушениях в работе АЭС, включая аварии, и учет опыта эксплуатации. Для этих целей применяется широкий спектр тренажеров, начиная от функциональных, описывающих небольшую технологическую систему, управляемую, как правило, с местного пульта управления, и заканчивая аналитическими и полномасштабными тренажерами. При этом полномасштабные тренажеры включают точную копию реальных щитов управления. В аналитическом тренажере (рис. 1) управление осуществляется виртуальными (нарисованными на экране) кнопками управления.

Независимо от сложности тренажера, его исполнения или иных факторов в его основе лежат взаимодействующие друг с другом модели, заложенные принципы управления информацией и методы взаимодействия с обучаемым. От качества проектирования тренажера зависит эффективность его применения. Как правило, тренажеры функционируют в режиме реального времени, что накладывает жесткие требования на точность моделирования. Таким образом,

примененные при разработке тренажера программные инструменты являются основополагающим элементом, определяющим его качество.

Архитектура тренажера

Программный комплекс аналитического или полномасштабного тренажеров реализован как распределенное программное решение, использующее в своей основе сетевые технологии. Благодаря этому существует возможность реализовывать различные аппаратные конфигурации тренажера, и последующая модернизация и расширение тренажера не представляют значительных затруднений.

Стандартное решение для тренажера — наличие одного или нескольких вычислительных серверов, которые объединены с рабочими станциями посредством локальной сети. Информационное поле обеспечивается мониторами на рабочих местах и экранами коллективного пользования и полностью повторяет реальный объект.

В течение 25 лет по мере накопления опыта и знаний в области тренажеростроения компанией «Моделирующие системы» создавался и совершенствовался собственный инструмент разработки.

InSiDE — интегрированная среда разработки

Интегрированная среда разработки InSiDE [2] является средством разработки тренажеров для технологических объектов различной степени сложности, начиная от отдельных рабочих мест и заканчивая полным технологическим циклом предприятия. Эволюционное развитие системы было направлено на обеспечение:

- автоматизации процесса разработки тренажеров;
- возможности привлечения к разработке специалистов, не являющихся экспертами в языках программирования;



Рис. 1. Аналитический тренажер реактора БН-800

• доступности внесения не критичных изменений без привлечения разработчиков.

Автоматизация не только ускоряет и упрощает разработку, но и снижает риск ошибок, совершаемых при выполнении рутинных действий в процессе разработки. Реализованные принципы визуального программирования позволяют привлекать к разработке специалистов, не обладающих специализированными навыками программирования, но владеющих знаниями и практическим опытом. Таким образом, разработчик может сконцентрироваться на вопросах физики моделируемых процессов и управления системами, не вникая в тонкости программирования. Такой подход также хорошо себя зарекомендовал в случаях, когда происходит модернизация оборудования или незначительное изменение ТП и специалисты заказчика самостоятельно актуализируют тренажер.

Основные характеристики InSiDE:

- графический интерфейс разработки тренажеров;
- многопользовательская среда разработки;
- CAD приложения для визуального программирования;
- средства отладки и мониторинга работы тренажера;
- автоматизированная интеграция расчетных модулей тренажера;
- возможность распределенных вычислений (кластерные тренажеры).

Технология разработки тренажера

В работе интегрированной среды разработки тренажеров InSiDE используется база данных реального времени, которая применяется для хранения данных по разрабатываемому тренажеру. Начальным этапом каждого проекта является сбор информации о моделируемом объекте. Так как тренажер должен полностью повторять объект в части визуализации, то помимо технических характеристик, проектной и конструкторской документации осуществляется фото и видеодокументирование.

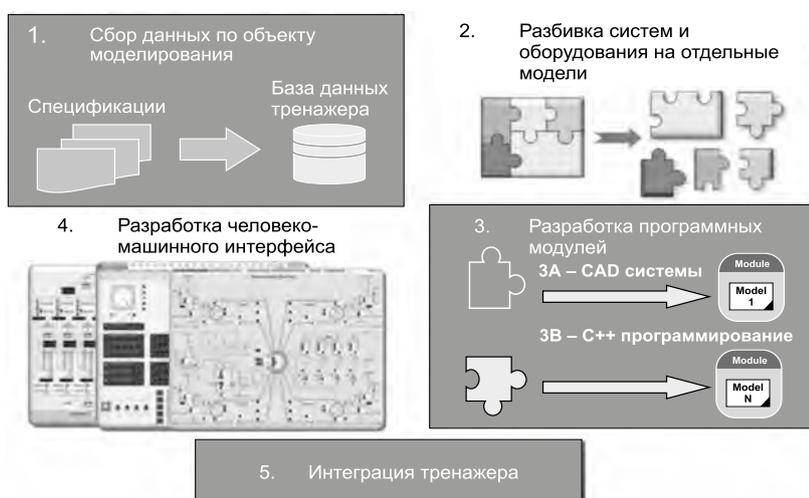


Рис. 2. Этапы разработки тренажера

Разработка тренажера происходит в пять основных этапов (рис. 2) [3].

Для описания состояния моделируемого оборудования и его характеристик в базе данных тренажера создаются специализированные классы данных. Например, класс данных Sensors (измерительные каналы), класс данных Actuators (исполнительные механизмы) и т. д. На основе этих классов в базу заносятся списки объектов моделируемого оборудования и их характеристики.

Элементы, используемые для построения схем моделируемых систем, автоматически объединяются в библиотеки элементов.

Для создания новых базовых элементов, а также редактирования уже созданных используется специальная утилита Object Editor, которая позволяет:

- задавать внешний вид объектов и расчетную функцию объекта;
- графически определять входные/выходные переменные и параметры объекта;
- компилировать библиотеки объектов для их интеграции в САПР.

Для организации графического интерфейса с БД тренажера используется утилита DataBase Editor, входящая в состав InSiDE.

В соответствии с объектом моделирования все технологические системы и оборудование разбиваются на отдельные подсистемы, которые в дальнейшем будут представлены отдельными программными модулями.

Моделирующий программный модуль тренажера состоит из двух частей: непосредственно математической модели системы и функций обмена данными с сервером тренажера.

Для организации обмена данными между различными программными модулями на сервере тренажера существует общая область данных.

Программные модули тренажера создаются на основе библиотек базовых элементов, входящих в состав InSiDE и моделируют электроэнергетические системы, тепло-гидравлические сети и системы КИПиА реального объекта.

Создание программного модуля в InSiDE происходит с помощью так называемого метода “визуального программирования”, когда разработчик с помощью манипулятора “мышь” размещает на рабочем поле графические изображения элементов моделируемой технологической системы, связывает их между собой и задает их внутренние параметры (рис. 3). Затем созданная модель технологической системы тестируется в автономном и комплексном режимах. В ходе тестирования разработчик может контролировать все параметры работы системы.

После отладки модели системы автоматически создается полный ис-

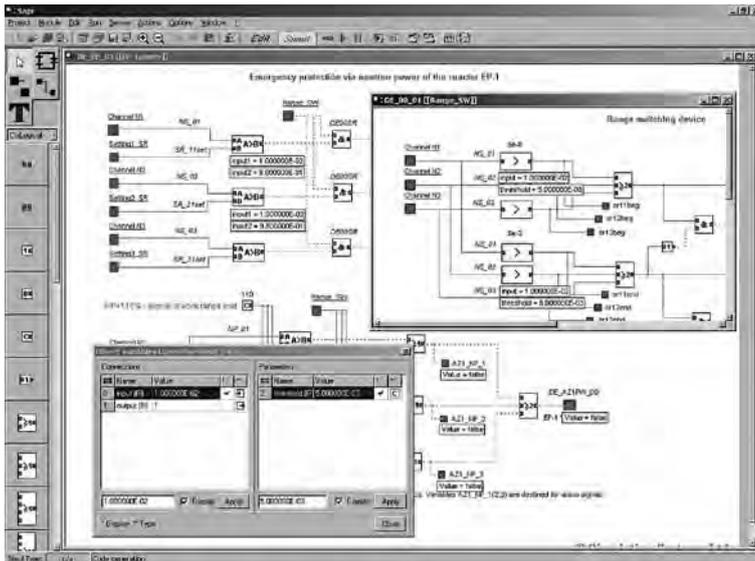


Рис. 3. Рабочая область InSiDE

ходный текст ее программы и файл проекта для компиляции соответствующего программного модуля тренажера.

Человеко-машинный интерфейс

Модули ЧМИ тренажера также представляют собой отдельные исполняемые файлы, которые запускаются на машинах-станциях оператора и инструктора. Для создания фрагментов ЧМИ используется утилита Designer из состава InSiDE.

Фрагменты создаются на основе графических элементов, реализующих визуальное представление и функции управления соответствующего моделируемого объекта (насос, клапан и т. п.), а также статической графики. Для создания новых графических элементов и редактирования уже созданных используется редактор графических элементов, позволяющий:

- определять внешний вид элемента;
- задавать анимацию элемента в зависимости от состояния моделируемого объекта;
- создавать библиотеки элементов.

Конфигурация тренажера

Использование модульной клиент/серверной архитектуры на основе TCP/IP протокола позволяет запускать тренажер в различных конфигурациях в зависимости от необходимого объема моделирования и используемого машинного парка тренажера (рис. 4).

Для создания различных конфигураций и запуска тренажера используется утилита Configurator, входящая в состав InSiDE. Данная утилита позволяет определять, какие модули будут задействованы при работе тренажера, на каких машинах они будут выполняться, какие процессоры будут использоваться.



Рис. 4. Архитектура тренажера

Различают два типа рабочих мест тренажера: оператора и инструктора. Для оператора посредством соответствующего набора фрагментов ЧМИ моделируется его реальное рабочее место. Работа на тренажере заключается в отработке действий по управлению ТП. Рабочее место инструктора обладает более расширенным функционалом, позволяющим управлять тренажером и учебным процессом. Инструктор создает и запускает тренировочные сценарии, инициирует отказы систем, анализирует результаты. Для этого ему доступен набор средств отладки и анализа работы тренажера, включающий утилиты:

- мониторинга общей области данных тренажера;
- просмотра протокола событий тренажера;
- посттренировочного анализа;
- архивации результатов работы тренажера.

Таким образом, интегрированная среда разработки тренажеров InSiDE является совокупностью программных модулей, обеспечивающих весь процесс разработки, автономной отладки каждой модели, интеграции моделей в состав ПТК тренажера и его комплексной отладки с графиками и протоколами моделируемых процессов.

Обучение персонала заказчика

Тренажер является техническим средством обучения, предназначенным для приобретения персоналом атомной станции знаний, умений и навыков, необходимых для качественного выполнения своих профессиональных задач. На АЭС подготовку персонала на тренажерах осуществляют инструкторы, которые руководствуются утвержденными программами обучения. Для эффективного обучения и управления тренажером инструктор должен знать и понимать возможности и ограничения реализованных моделей.

Тренажер — это инструмент, которым нужно уметь пользоваться и поддерживать в исправном состоянии. В ходе каждого проекта компанией «Моделирующие системы» проводится обучение специалистов заказчика



Рис. 5. Уровни сложности тренажеров разработанных в InSiDE

по обслуживанию поставляемого аппаратного и программного обеспечения тренажеров. Данный курс представляет собой, в основном, практическое обучение на основе руководств по разработке, эксплуатации и техническому обслуживанию. Целью курса является предоставление возможно более полной информации по тренажеру и среде разработки InSiDE с тем, чтобы в случае необходимости они могли самостоятельно вносить в него модификации.

Обеспечение качества

Основной целью проекта является гарантия качества работ и процедур, выполняемых в рамках проекта.

Для выполнения любого проекта в компании разрабатывается программа обеспечения качества. Данный документ применяется ко всем работам и участникам, вовлеченным в проект, и ко всем документам любого типа, выпускаемым в рамках проекта. Работа по обеспечению качества выполняется в соответствии с системами качества заказчика и исполнителя и в строгом соответствии с требованиями государственной и отраслевой нормативно-технической документации.

Выполнение всех проектов организовано с использованием специализированной информационной системы собственной разработки для документационной поддержки ведения проектов компании «Моделирующие системы». В состав системы входят несколько баз данных, которые обеспечивают все аспекты производственного процесса, начиная с предпроектного взаимодействия с потенциальными заказчиками, организации и планирования проекта, его реализации и заканчивая архивированием всей сопутствующей проекту документации. Содержание баз данных доступно всем сотрудникам компании через локальную сеть и способствует реализации взаимодействия разработчиков проектов.

Реализованные проекты

Среди реализованных проектов компании «Моделирующие системы» выделим тренажеры для реакторов на быстрых нейтронах: аналитический тренажер для 3-го энергоблока Белоярской АЭС с реактором

*Дугинов Олег Борисович — канд. техн. наук, старший научный сотрудник,
Левченко Александр Валерьевич — канд. техн. наук, заведующий лабораторией
нейтронно-физического моделирования ООО ЭНИМЦ «Моделирующие системы».
Контактный телефон (48439) 6-35-98.
E-mail: ODuginov@ssl.obninsk.ru
Http://www.ssl.obninsk.ru*

БН-600, модели физических процессов в технологических системах основного и вспомогательного оборудования для аналитического и полномасштабного тренажеров 4-го энергоблока Белоярской АЭС с реактором БН-800. В ходе проектирования энергоблока с реактором БН-800 в системе проектирования InSiDE были отработаны основные технические решения по ЧМИ и выполнен анализ устойчивости контуров автоматизированного управления энергоблоком.

Система проектирования InSiDE использовалась для разработки моделей и тренажеров для всех типов ядерных установок, эксплуатируемых на отечественных АЭС (РБМК-1000, ВВЭР-1000, ВВЭР-440, БН-600, БН-800), проверки технических решений при проектировании АСУТП (БН-800, СВБР-100). Для тепловых станций выполнены тренажеры центральных щитов управления (Южноуральская, Печорская, Гусинозерская, Харанорская ГРЭС). Ряд моделей, разработанных в InSiDE, были интегрированы в тренажеры зарубежных заказчиков (Siemens, CORYS, Fortum).

На основе выполненных проектов разработаны тренажеры и другие обучающие инструменты нескольких уровней сложности, которые поставлены в шесть вузов, ведущих подготовку кадров для атомной отрасли (рис. 5).

Реализованная концепция делает тренажеры более доступными для большего числа пользователей разного уровня подготовки, что в конечном итоге делает подготовку персонала более качественной.

Заключение

Интегрированная среда разработки InSiDE (Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2012613908) является полностью отечественным программным продуктом, ориентированным на разработку профессиональных тренажеров для объектов энергетики. Это гибкий инструмент, с помощью которого решается широкий спектр задач. Реализованные на ее основе тренажерные и обучающие системы применяются на многих объектах энергетики, в ВУЗах и соответствуют требованиям государственной и отраслевой нормативно-технической документации.

Список литературы

1. Южаков А.Ю. Тренажеры для оперативного персонала АЭС//Безопасность окружающей среды. 2010. № 2.
2. Dorovskikh V. Integrated Simulators Design Environment. Technical Meeting on Simulators, advanced training tools and technologies for the nuclear industry 02-05.06.2009, IAEA Headquarters, Viena, Austria.
3. Levchenko A. InSiDE – Simulators of NPP and Conventional SDPP / PODEBRADY 2013 - Actual Questions and Selected Problems of Electrification System Control - 18th Continuation 19-20.11.2013, Podebrady, Czech Republic.