

КТК «ТРОПА» –

УНИВЕРСАЛЬНОЕ СРЕДСТВО РАЗРАБОТКИ ТРЕНАЖЁРОВ ДЛЯ ОПЕРАТОРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

А.И. ПРОШИН, М.Б. ШЕХТМАН (НПФ “КРУГ”)



Рассматривается отечественный компьютерный тренажёрный комплекс для создания тренажёров операторов АСУ ТП, его структура, возможности моделирования, особенности, преимущества и характеристики.

Ключевые слова: компьютерный тренажёрный комплекс, АСУ ТП, математическая модель, модель АСУ ТП.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из актуальных задач в сфере автоматизации технологических процессов является задача практической подготовки оперативно-го и обслуживающего технологические установки персонала к работе с реальным объектом управления. Технологические процессы современных производств во многих случаях представляют собой сложные и дорогие системы, требующие определённых навыков управления ими. Ошибки оперативного персонала при работе с автоматизированной системой управления технологическими процессами (АСУ ТП) могут привести к значительному ущербу, включая материальный ущерб, а также ущерб жизни и здоровью людей. Существенно сократить количество таких ошибок позволяют компьютерные тренажёрные комплексы, имитирующие функционирование объекта и его системы управления. Современные тренажёры дают возможность как сформировать навыки по работе с АСУ ТП, так и осуществить проверку этих знаний в виде прохождения различных тестов и экзаменов.

Тренажёрные комплексы помогают подготовить персонал не только для управления существующим оборудованием, но и выработать навыки по управлению ещё не введёнными в эксплуатацию технологическими установками. Такой подход резко сокращает время ввода оборудования в эксплуатацию, а также материальные и временные потери во время опытной эксплуатации объектов. В этом случае тренажёры конкретных технологических установок являются частью **цифровой модели производства** в рамках концепции “Индустрия 4.0”.

Ещё одна область применения тренажёров – обучение обслуживающего персонала работе с АСУ ТП, а именно настройке си-

стем автоматического регулирования и работе с системами технологических защит и блокировок.

Серьёзным толчком для развития тренажёростроения в области АСУ ТП послужило создание производителями АСУ ТП **программных комплексов для разработки тренажёров**. Данные комплексы позволяют имитировать как работу технологического объекта, так и его системы управления. Причём зачастую в компьютерных тренажёрах могут быть использованы настроечные файлы, базы данных, графические проекты и т. д. непосредственно от реальных АСУ ТП, что значительно приближает поведение тренажёрного комплекса к поведению реальной АСУ ТП. Многие программно-технические комплексы ведущих иностранных производителей поддерживают функции создания тренажёров. Стоит отметить, что все эти комплексы различаются как по своим возможностям, так и по наличию требуемой для тренажёров функциональности. Во многих случаях в них используются программные продукты **нескольких производителей**, интегрированные в единую систему.

Стоит отметить, что тренажёры, созданные с использованием комплексов даже самых известных производителей, обладают подчас очень серьёзными **недостатками**. Например, не поддерживаются функции ускорения времени в подсистеме моделирования работы АСУ ТП – т. е., по сути, тренажёр состоит из реальной АСУ ТП, принимающей данные от математической модели (ММ) технологического процесса. Поэтому в таких тренажёрах для работы в ускоренном времени применяется специально созданный графический интерфейс оператора, который по своему функционалу **не соответствует** графическому интерфейсу реальной АСУ ТП, что формирует ложные навыки у обучаемых специалистов. Ещё одним при-

мером может служить тренажёр, собранный из нескольких отдельных, независимых компонентов, запуск которых занимает значительное время и крайне **неудобен** для пользователя, что серьёзно уменьшает привлекательность такого тренажёра. Серьёзным ограничением по функциональности и точности тренажёра могут быть возможности применяемых в тренажёрном комплексе моделирующих технологический процесс программных пакетов.

Вышеизложенное показывает, что выбор производителя тренажёрного комплекса является непростой задачей, при решении которой требуется сопоставление комплексов разных производителей по многим критериям и функциям. Рассмотрим **типовой набор функций** современного тренажёра на примере **КТК (компьютерный тренажёрный комплекс) “ТРОПА”** российского производителя (НПФ “КРУГ”). С использованием данного КТК можно создавать тренажёры как для объектов, АСУ ТП которых построена на базе ПТК КРУГ-2000® (производство НПФ “КРУГ”), так и на базе ПТК других производителей. В первом случае тренажёр будет иметь **100 % повторение функций АСУ ТП**. Во втором случае может иметь место частичное расхождение по отдельным функциям. Например, могут отличаться среда разработки, визуализация алгоритмов работы, незначительно отличаться структура системных сообщений и т.д. В этом случае, естественно, невозможна загрузка в тренажёр настроечных файлов, проектов и пользовательских программ из реальной АСУ ТП. В то же время стоит отметить, что среда разработки данного КТК создана на базе **среды разработки реального программно-технического комплекса**, которая понятна и привычна для любого специалиста по АСУ ТП на предприятии. В результате этого возможно изменение прикладной части программного обеспечения тренажёра силами специалистов заказчика без привлечения компании-разработчика.

НАЗНАЧЕНИЕ КТК “ТРОПА”

КТК “ТРОПА” предназначен для создания на его базе тренажёров для подготовки оперативного и обслуживающего персонала предприятия к работе с АСУ ТП реального технологического оборудования, поддержания и оценивания его квалификации, отработки навыков безопасного и экономичного управления оборудованием в сложных переходных и аварийных режимах и т.д. Такие тренажёры

позволяют провести тренировки с отработкой персоналом способности правильно реагировать на нештатные ситуации, безошибочно определять пути выхода из сложившихся условий, возникающих на производстве. С их помощью возможно проводить проверки работоспособности АСУ ТП до момента её установки на реальном объекте управления для виртуального ввода объекта в работу. Таким образом, разработчики АСУ ТП имеют возможность отладить алгоритмы управления до начала пусконаладочных работ на объекте и без наличия у них контроллерного оборудования, а оперативный персонал получает навыки эксплуатации объекта до ввода его в эксплуатацию. Другой вид тренажёров, который возможно создать с использованием КТК “ТРОПА”, – тренажёры для персонала, обслуживающего АСУ ТП, позволяющие развить **навыки настройки автоматических регуляторов и работы с алгоритмами технологических защит и блокировок**.

Тренажёры, созданные на базе КТК “ТРОПА”, служат для:

- проведения подготовки оперативного персонала, в том числе до момента ввода объекта в эксплуатацию, в различных формах:
 - начальное обучение;
 - поддержание навыков управления технологическим процессом;
 - повышение квалификации персонала.
- выработки навыков безопасного и экономичного управления оборудованием, в том числе в сложных переходных режимах;
- выработки навыков обслуживающего АСУ ТП персонала по оптимальной настройке автоматических регуляторов и работе с алгоритмами технологических защит и блокировок;
- повышения психологической устойчивости оперативного персонала при действиях в нештатных ситуациях;
- сокращения числа технологических нарушений, связанных с ошибками персонала;
- повышения уровня безопасности, надёжности, безотказности работы оборудования, сохранности имущества, здоровья и жизни персонала.
- проверки (тестирования) профессиональной квалификации оперативного персонала, в том числе его умения управлять оборудованием в сложных режимах в соответствии с требованиями ПТЭ и производственных инструкций;
- проверки работоспособности АСУ ТП до момента ввода её в эксплуатацию.



Рис. 1. Архитектура тренажёра на базе КТК "ТРОПА"

ОБЪЕКТЫ

На базе КТК "ТРОПА" могут быть созданы тренажёры для обучения работе с АСУ ТП объектов различных отраслей промышленности, включая теплоэнергетику, нефтяную, газовую, нефтехимическую промышленности и т. д. Объектами управления могут быть котлы, паровые и газовые турбины, ГРП, нефтеперерабатывающие установки, нефте- и газохранилища, парки ГСМ, топливозаправочные комплексы и т. д.

ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ

Функции моделирования

- Моделирование технологического процесса агрегатов с формированием значений параметров как входящих в АСУ ТП, так и местных показывающих приборов.
- Моделирование исполнительных механизмов, включая как электрифицированную (управляемую из АСУ ТП), так и неэлектрифицированную арматуру.
- Моделирование работы вспомогательного оборудования.
- Моделирование работы информационных и управляющих контроллеров АСУ ТП.
- Моделирование работы серверов БД АСУ ТП.
- Моделирование работы станций оператора.

Специализированные функции тренажёра

- Работа системы в темпе управляемого "модельного" времени с функциями:
 - приостановки и возобновления хода времени;

- ускорения/замедления хода и "перемотки" времени в пределах имеющейся истории тренировки.
- Создание, сохранение и последующая загрузка требуемых для проведения тренировок "исходных состояний" модели.
- Создание, сохранение и последующая загрузка последовательности изменений параметров модели в виде "сценария тренировки".
- Расширенное ведение истории тренировки с возможностью:
 - просмотра хода тренировки в нормальном и (или) ускоренном темпе "модельного" времени (демонстрация) с отображением данных непосредственно на мнемосхемах модели АСУ ТП;
 - возобновление тренировки из **любой** промежуточной точки имеющейся истории;
 - сохранение и загрузка истории тренировки для просмотра ее хода, анализа ошибочных действий и "работы над ошибками" (повторение тренировки из точки, предшествующей ошибочным действиям).
- Проведение как **индивидуальных**, так и **групповых тренировок** операторов.
- Проведение **экзаменов** с выставлением оценки и формированием экзаменационного протокола.

АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ

В общем случае разработанный на базе КТК "ТРОПА" тренажёр может иметь многоуровневую архитектуру и включать в себя модели нескольких взаимосвязанных объектов и АСУ ТП (рис. 1). Примером может служить

тренажёр для тренировок машинистов котло-турбинного цеха, который позволяет осуществлять как отдельные, так и совместные тренировки машинистов котла и турбины.

Основными компонентами тренажёров, созданных на базе КТК “ТРОПА”, являются математическая модель технологического объекта управления (ММ ТОУ), **модель АСУ ТП и АРМ инструктора**.

ММ ТОУ в КТК “ТРОПА” может быть разработана как на базе ПО сторонних производителей и пакетов моделирования, так и с использованием встроенных средств среды разработки КТК.

Использование **моделирующих пакетов** сторонних производителей даёт возможность создавать **детерминированные ММ ТОУ** на основе решения систем нелинейных дифференциальных уравнений, описывающих физические процессы тепло- и массообмена, химической кинетики, фазовых переходов, теплового и материального баланса системы, движения материальных сред, гидравлики и гидродинамики и т. д. Данная модель обеспечивает расчёт параметров установок во всех режимах функционирования, включая аварийные ситуации и пусковые операции. Создание таких моделей – сложный, долгий и дорогой процесс. Корректировка ММ ТОУ силами заказчика возможна только в отдельных случаях, когда в штате заказчика присутствуют специалисты, имеющие соответствующие компетенции.

КТК “ТРОПА” также предоставляет возможность создания математической модели на базе собственных программных средств с использованием **типовых динамических звеньев** (интегрирование, запаздывание, дифференцирование и т. д.). Параметры таких моделей получаются в результате обработки **статистической информации**, отражающей штатную эксплуатацию агрегата. Точность таких моделей в аварийных и переходных режимах ниже, чем детерминированных ММ. Тем не менее, трудозатраты на разработку таких тренажёров и их **стоимость существенно ниже**. В то же время персонал заказчика получает доступ к корректировке ММ ТОУ без наличия у них специальных знаний современных языков программирования, так как ММ ТОУ в данном случае создаётся с использованием **среды разработки прикладных программ для АСУ ТП**.

Модель АСУ ТП, созданная с использованием КТК “ТРОПА”, должна повторять архитектуру моделируемой АСУ ТП. Обычно на нижнем уровне данной модели присутствуют:

- виртуальные **имитаторы промышленных контроллеров АСУ ТП**;
- вспомогательные виртуальные контроллеры, имитирующие ввод-вывод сигналов от оборудования, не охваченного существующими АСУ ТП, а также имитирующие работу алгоритмов технологических защит, блокировок и регулирования, реализованных в существующих системах на традиционных средствах (релейные схемы, интеллектуальные приборы и т. д.);
- устройства и линии связи, обеспечивающие обмен информацией в цифровом виде.

Имитаторы контроллеров могут запускаться в виде “виртуальных машин” на компьютерах соответствующих серверов АСУ ТП. С использованием данных имитаторов может также моделироваться работа запорно-регулирующей арматуры и исполнительных механизмов.

Верхний уровень модели АСУ ТП включает в себя:

- **Серверы АСУ ТП** на базе КТК “ТРОПА”, повторяющие функционал серверов БД реальной АСУ ТП.
- **Автоматизированные рабочие места операторов** на базе КТК “ТРОПА”, повторяющие функционал реальной АСУ ТП.
- **Пульты ручного управления оборудованием**, повторяющие реальные пульты с соответствующими органами управления, для большей идентичности тренажёра с реальным рабочим местом оператора. Обмен информацией с данным пультом производится посредством промышленных контроллеров, например контроллеров DevLink®-C1000 с соответствующими модулями ввода/вывода физических сигналов от органов ручного управления.

КТК “ТРОПА” позволяет повторить большинство из известных **структурных схем АСУ ТП**, включая клиент-серверные архитектуры, многосерверные системы, многомониторные АРМ оператора, экраны коллективного пользования и т. д. При небольшой информационной мощности тренажёра все его компоненты могут размещаться на одном компьютере.

Связь между компонентами КТК “ТРОПА” и программным обеспечением модели объекта, а также ПО “АРМ инструктора” осуществляется с использованием специализированных протоколов обмена.

Программное обеспечение “АРМ инструктора” может быть выполнено как с использо-

ванием штатных средств КТК “ТРОПА”, так и с использованием программного обеспечения, разработанного сторонней организацией.

На АРМ инструктора возможно выполнение следующих функций:

- Запуск/останов компонентов тренажёра.
- Мониторинг действий обучаемых.
- Управление тренировками и функциями тренажёра.
- Создание новых/редактирование существующих уроков и сценариев, сохранение исходных состояний, ввод неисправностей и т. д.
- Внесение изменений в прикладное программное обеспечение тренажёра.

ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ

С использованием программных средств КТК “ТРОПА” был разработан ряд тренажёров как с использованием ММ объектов сторонних производителей, так и стохастических моделей на базе типовых динамических звеньев. Ниже приведены несколько примеров реализации.

Пример 1. Тренажёр для операторов ПК БКЗ Е-320-140ГМ, турбоагрегата ПТ-65/75-130/13 и общестанционного оборудования. С использованием КТК “ТРОПА” была создана модель реализации ММ объектов управления и АРМ инструктора на базе программного обеспечения сторонней организации-партнёра. С АРМ инструктора осуществляется как запуск всех компонентов тренажёра, так и управление функциями тренажёра, включая управление модельным временем, загрузку исходных состояний, сценариев, перевод системы в режим демонстрации и т. д.

Пример 2. Тренажёр для тренировки персонала, обслуживающего АСУ ТП котла ТП Е-230-100ГМ, турбины ЛМЗ ПТ-25/30-90/10 и общестанционного оборудования. Данный тренажёр позволяет проводить занятия по **настройке регуляторов** и изучать принципы работы **алгоритмов защит и блокировок**. ММ объекты управления созданы с использованием штатных средств КТК “ТРОПА”. Точности стохастических ММ объектов, созданных с ис-

пользованием типовых динамических звеньев, достаточно для решения данных задач.

Пример 3. Тренажёр для обучения персонала химических и нефтеперерабатывающих производств действиям по плану локализации и ликвидации аварийных ситуаций (ПЛАС).

В настоящее время сотрудниками НПФ “КРУГ” совместно с её партнёрами ведутся работы по разработке порядка десяти тренажёров для операторов энергетического оборудования нескольких тепловых электрических станций.

ВЫВОДЫ

Разработанный компьютерный тренажёрный комплекс “ТРОПА” обладает следующими преимуществами:

1. Компьютерный тренажёрный комплекс “ТРОПА”, созданный российским производителем, является современным **универсальным** средством для разработки тренажёров АСУ ТП.
2. При разработке тренажёра для **моделирования** поведения объектов управления могут быть использованы как штатные средства КТК, так и ПО, и программные пакеты сторонних производителей.
3. КТК “ТРОПА” позволяет повторить многие из применяемых в АСУ ТП **архитектур программно-технических комплексов**.
4. “ТРОПА” обладает встроенными готовыми легконастраиваемыми типовыми функциями, характерными для **SCADA-систем**. Для разработки тренажёров на его базе не требуются знания и навыки программирования с использованием профессиональных языков программирования. Прикладное программное обеспечение тренажёров доступно для изменения **силами заказчика** без привлечения специалистов разработчика.
5. **Типовые функции** тренажёра, такие как управление модельным временем, сохранение исходных состояний, демонстрация и другие, **встроены** в фирменное программное обеспечение и не требуют разработки.
6. Применение КТК “ТРОПА” при создании тренажёров позволяет существенно сократить **сроки и стоимость** их разработки.

*Прошин Александр Иванович – канд. техн. наук, технический директор НПФ “КРУГ”,
Шехтман Михаил Борисович – канд. техн. наук, председатель Совета директоров НПФ “КРУГ”.
Телефоны: (8412) 499-775, 499-414, факс (8412) 556-496.
E-mail: krug@krug2000.ru www.krug2000.ru*