

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ — ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ПЕРСОНАЛА ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

ЛЕВ ГУРЬЯНОВ, К. Т. Н.
ИГОРЬ ДОЛГУШЕВ

В статье рассмотрены структура, особенности моделирования и характеристики компьютерного тренажера для персонала, обслуживающего автоматику и средства измерений электростанции. Использование компьютерных средств обучения и мониторинга на базе цифровых двойников технологических объектов при профессиональной подготовке обеспечивает повышение психологической устойчивости оперативного персонала при действиях в нестандартных ситуациях, сокращение числа технологических нарушений, связанных с ошибками персонала, а также повышение уровня надежности и безотказности работы оборудования, сохранности имущества, безопасности и здоровья персонала предприятия.

Компьютерный тренажер выполнен с применением комплекса «ТРОПА», разработанного компанией «КРУГ».

Почему внедрение компьютерных тренажерных комплексов (КТК) на объектах промышленного производства сегодня стало осознанной необходимостью для обеспечения надежной, безаварийной и экономически эффективной работы предприятий во всем мире?

На фоне все более усложняющихся с каждым годом технологий и систем управления, применяемых в промышленности, многократно возрастает как вероятность совершения ошибок операторами, так и цена этих ошибок. Согласно отчету о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору, в большинстве случаев (до 80%) причиной техногенных аварий на объектах топливно-энергетического комплекса является человеческий фактор. Важную роль играют низкий уровень навыков, знаний и опыта у оперативного персонала по ведению технологического процесса (особенно в аварийных ситуациях); отсутствие отработанного взаимодействия как между операторами одной установки, так и с персоналом других объектов управления; старение кадров;

невозможность в нормальных рабочих условиях выработать навыки действий персонала в нестандартных ситуациях.

Компьютерный тренажер в качестве цифрового двойника, имитирующего технологический процесс, может не только ознакомить операторов с потенциальными аварийными ситуациями и выработать стратегию их действий по предотвращению аварии, но и помочь операторам отработать их действия до автоматизма. Благодаря КТК начинающие операторы быстрее знакомятся с технологической схемой, оборудованием и системой управления установки, осваивают стандартные процедуры и обучаются действиям в сложных ситуациях. Периодический тренинг полезен всем операторам, в том числе и опытным, поскольку на тренажере можно отработать ситуацию, с которой никто из них не встречался на практике.

Таким образом, использование КТК на базе цифровых двойников позволяет получить и закрепить знания и навыки надежной и эффективной эксплуатации оборудования, не подвергая опасности персонал

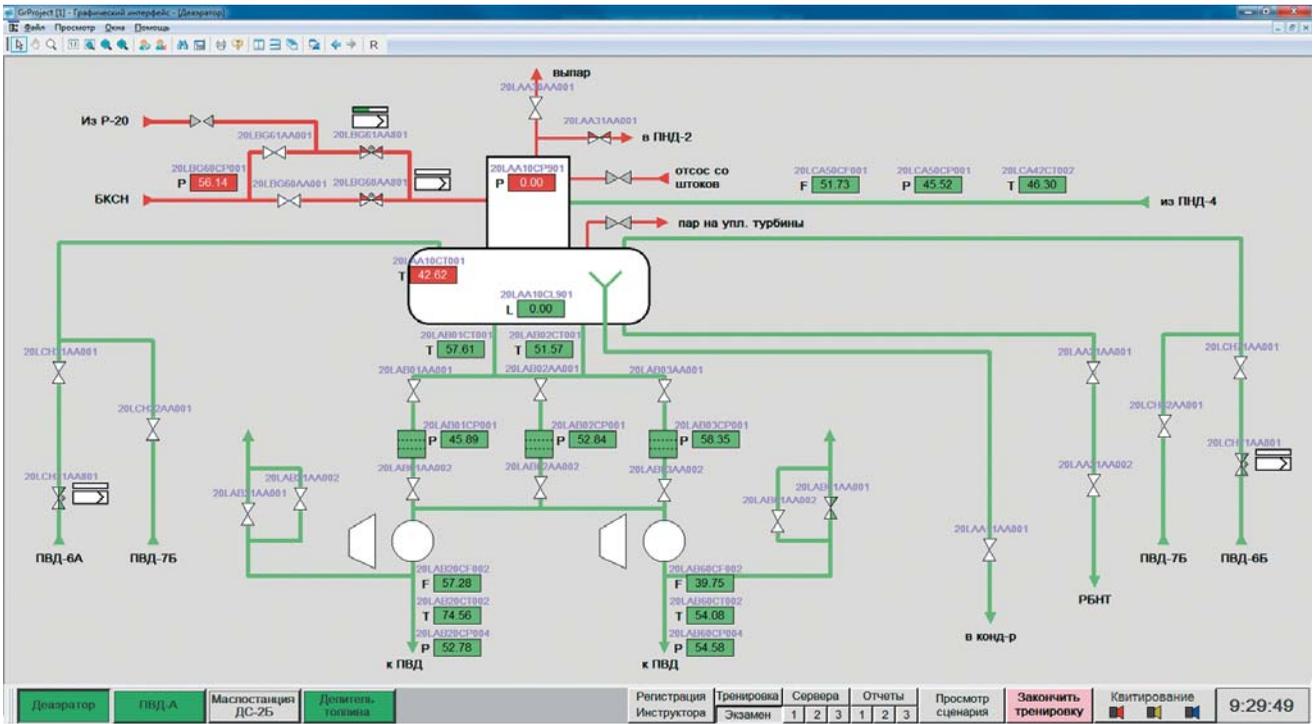
и само оборудование предприятия в процессе обучения. КТК обеспечивает систематический контроль уровня подготовки персонала и повышение его квалификации.

Рассмотрим использование КТК на конкретном примере — для подготовки и мониторинга квалификации персонала по обслуживанию электротехнического оборудования ГРЭС/ТЭЦ. Этот опыт может пригодиться и на промышленных предприятиях со значительным потреблением электроэнергии и собственной генерацией.

МОДЕЛЬ И ФУНКЦИИ ТРЕНАЖЕРА

Цифровой двойник реальной АСУ ТП предоставляет интерфейс взаимодействия оперативного персонала с объектом управления, построенный на реальной АСУ ТП ГРЭС (рис. 1), и выстраивает работу средств автоматизации и их алгоритмов на основе математической модели.

Цифровое моделирование технологического процесса обеспечивает возможность задания возмущающих и управляющих воздействий и отображает текущее состояние объекта



управления в виде массива значений контролируемых параметров. Цифровая модель включает описание всех возможных вариантов неисправностей электротехнического оборудования и вариантов их устранения.

Информационная мощность парового котла:

- моделируемые технологические параметры — 83;
- запорно-регулирующая арматура, включая обратные, предохранительные и стопорные клапаны, — 45;
- регуляторы с импульсным выходом — 9.

Информационные и управляющие функции тренажера:

- цифровое моделирование технологического процесса агрегатов с формированием значений параметров, входящих в АСУ ТП;
- цифровое моделирование исполнительных электрифицированных механизмов;
- цифровое моделирование работы вспомогательного оборудования;
- проведение как совместных, так и отдельных тренировок операторов;
- проведение экзаменов с выставлением оценки и формированием экзаменационного протокола;
- регистрация персонала, осуществляющего вход в систему;

- самодиагностика комплекса технических и программных средств.

АРХИТЕКТУРА ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА

Компьютерный тренажер выполнен с использованием КТК «ТРО-ПА» [1] и представляет собой одну из возможных структур, в которой цифровое моделирование работы технологического оборудования осуществляется на основе

программного обеспечения НПФ «КРУГ».

Тренажерный комплекс имеет трехуровневую архитектуру (рис. 2).

Первый (нижний) уровень комплекса представлен цифровыми двойниками объектов управления, включающими модели запорно-регулирующей арматуры и механизмов.

Во второй (средний) уровень входят виртуальные имитаторы контроллеров и устройства линии связи,

Рис. 1. ▲ Главное окно графического интерфейса АСУ ТП со встроенным тренажером

Рис. 2. ▼ Структурная схема КТК для персонала ГРЭС

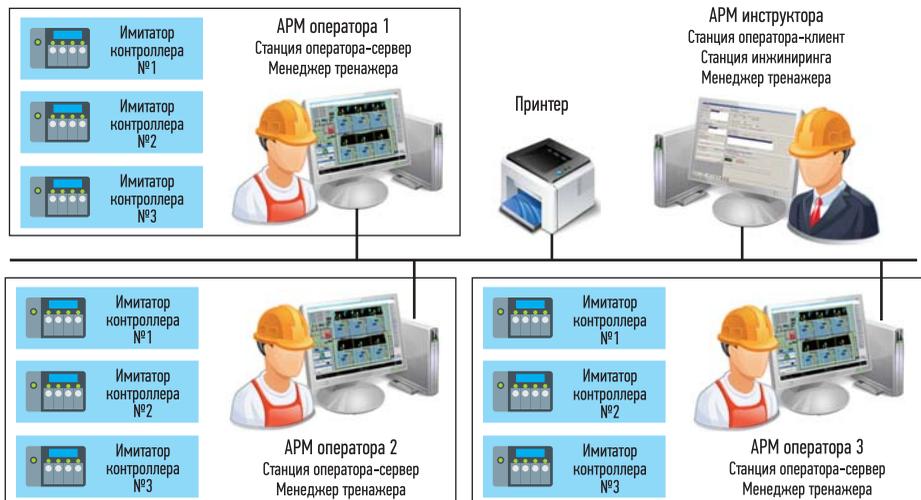
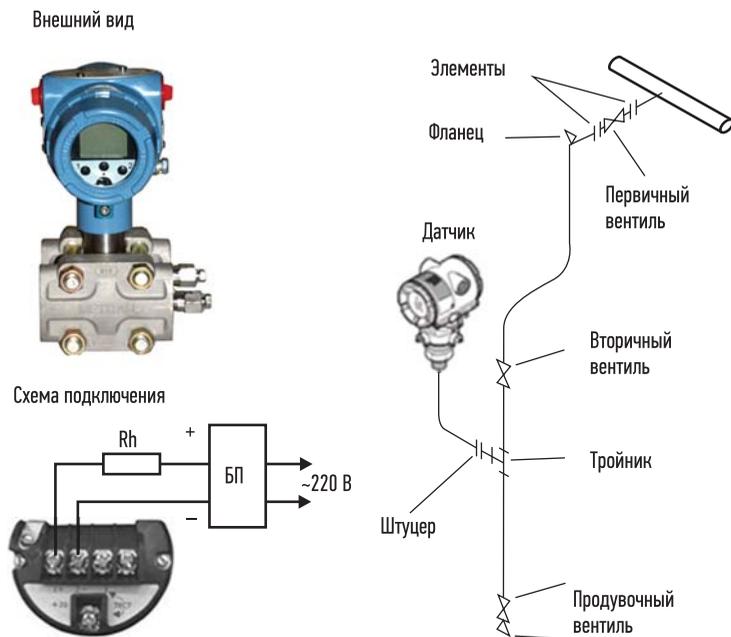


РИС. 3. ►
Графическое
представление
информационной модели
датчика давления



обеспечивающие обмен информацией в цифровом виде. Имитаторы контроллеров запускаются в виде «виртуальных машин» на компьютерах соответствующих серверов АСУ ТП.

На третьем (верхнем) уровне расположены:

- АРМ инструктора, на котором установлен графический клиент КТК «ТРОПА», выполняющий

функции общего управления тренажером;

- АРМ операторов 1, 2 и 3 на базе КТК «ТРОПА».

Возможны как отдельные, так и совместные запуски тренажера. При отдельном запуске АРМ инструктора с возможностью подключения к АРМ обучаемых операторов в виде клиента, при этом на каждом АРМ запущен свой менеджер тренажера.

В случае совместного запуска на АРМ 1 запущен менеджер тренажера, АРМ 2 запущен в качестве клиента к АРМ 1, АРМ инструктора запущен в виде клиента, подключенного к АРМ 1. Тренажер запускается с АРМ 1.

**ПРИМЕР ОПИСАНИЯ
ОБОРУДОВАНИЯ
И ДЕЙСТВИЙ ПО
УСТРАНЕНИЮ ЕГО
НЕИСПРАВНОСТЕЙ**

Рассмотрим в качестве примера описание датчика давления («Метран 150»), его возможных неисправностей и действий электрослесаря по их устранению.

Графическое представление информационной модели датчика давления в компьютерном тренажере приведено на рис. 3.

Перечень возможных действий, производимых электрослесарем по работе с датчиком давления, следующий:

- закрыть (1) / открыть (2) первичный вентиль;
- закрыть (3) / открыть (4) вторичный вентиль;
- закрыть (5) / открыть (6) продувочный вентиль;
- отключить (7) / подключить (8) контрольный кабель на датчике;
- отключить (9) / подключить (10) контрольный кабель на БП;
- измерить сопротивление кабельной линии (11);

ТАБЛИЦА. НЕИСПРАВНОСТИ ДАТЧИКА ДАВЛЕНИЯ И ДЕЙСТВИЯ ПО ИХ УСТРАНЕНИЮ

№	Неисправность	Последствия	Состояние на уровне ПТК	Состояние на уровне КИП	Перечень действий по устранению неисправности
1	Обрыв контрольного кабеля. Замыкание на землю контрольного кабеля	Отключение датчика	Достоверность параметра невозможно определить. Рядом с параметром знак Ф. О. (функциональный отказ). Значение параметра = последнее значение датчика	Отключенное состояние датчика	7->9->11->16->1->3->6->12->19->5->2->4->17
2	Неверное задание шкалы в измерительном блоке датчика	Недостоверность показаний	Рядом с параметром знак Ф. О. (функциональный отказ). Значение параметра = последнее значение датчика	Отображение на ЦИ	18->15->12->17
3	Неверное задание единиц измерения в блоке датчика	Недостоверность показаний	Рядом с параметром знак Ф.О. (функциональный отказ). Значение параметра = последнее значение датчика	Отображение на ЦИ датчика — ППП. Переполнение индикатора вследствие неправильно выбранных единиц измерения	18->14->12->17
4	«Дрейф» нулевых показаний датчика	При 4 мА датчик показывает значение чуть больше 0	При нулевом значении параметра датчик показывает значение чуть больше 0	При нулевом значении параметра датчик показывает значение чуть больше 0	18->12->17

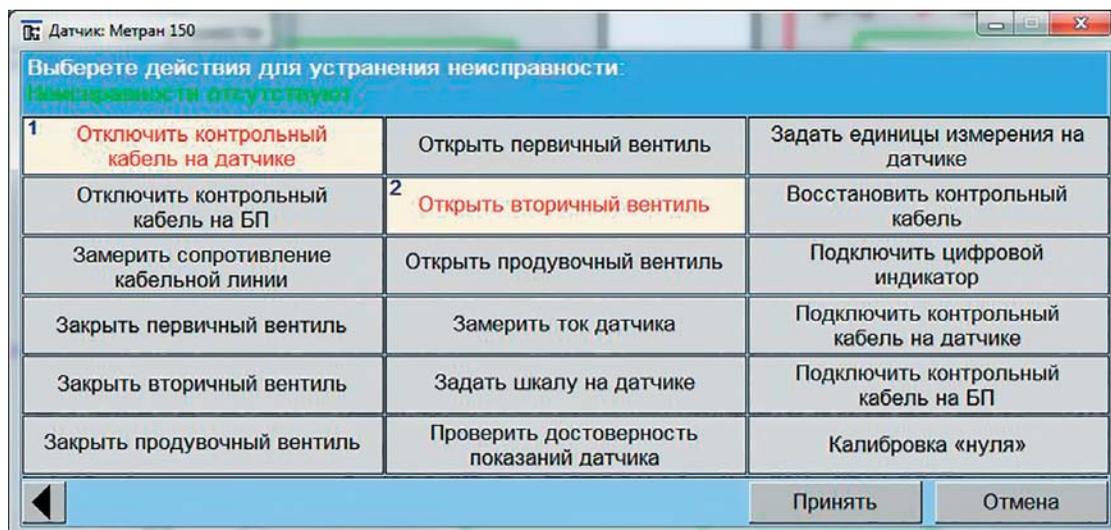


РИС. 4. ◀
Окно графического интерфейса тренажера сотрудника, обучаемого для выполнения действий по устранению неисправности

- калибровка «нуля» (12);
- замерить ток датчика (13);
- задать единицы измерения на датчике (14);
- задать шкалу на датчике (15);
- восстановить контрольный кабель (16);
- проверить достоверность показаний датчика (17);
- подключить цифровой индикатор (18).

В таблице приведены возможные неисправности датчика и правильные последовательности действий (соответствующие номерам из списка выше) по их устранению.

На рис. 4 показано окно графического интерфейса тренажера для выбора действий по устранению неисправности.

ОСОБЕННОСТИ КТК

При создании тренажера как цифрового двойника АСУ ТП парового котла были использованы графический проект, программы пользователя и настройки реальной АСУ ТП ГРЭС, что обеспечило 100%-ное совпадение функциональности тренажера и реальной АСУ ТП. Совпадают не только мнемосхемы на экране, но и различные вспомогательные окна, приборы управления, протокол сообщений, принципы работы сигнализации, регистрация в системе и др. При этом запуск тренажера осуществляется «одной кнопкой».

В то же время тренажер не только полностью повторяет существующую АСУ ТП, но и обладает специа-

лизированными функциями, такими как:

- работа системы в темпе управляемого «модельного» времени;
- создание, сохранение и последующая загрузка требуемых для проведения тренировок «исходных состояний» и 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 с отображением данных непосредственно на мнемосхемах модели АСУ ТП;
 - возобновления тренировки из любой промежуточной точки имеющейся истории;
 - сохранения и загрузки истории тренировки для просмотра ее хода, анализа ошибочных действий и «работы над ошибками» (повторение тренировки из точки, предшествующей ошибочным действиям);
 - отмены последнего действия (при этом пользователь может не отменять сразу все выполненные действия).

Среда разработки КТК «ТРО-ПА» позволяет специалистам АСУ ТП самостоятельно вносить изменения в цифровую модель АСУ ТП тренажера без привлечения его разработчиков. Все математические

модели, а также АРМ инструктора реализованы с использованием программного обеспечения, разработанного НПФ «КРУГ». Инжиниринговые и пусконаладочные работы по модели АСУ ТП тренажера также выполнены компанией «КРУГ».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученный практический опыт показал эффективность использования в качестве цифровой модели АСУ ТП тренажерного комплекса, построенного на базе реального программно-технического комплекса, применяемого для создания АСУ ТП. Данный подход позволяет на 100% повторить функциональность системы управления, формируя, таким образом, правильные навыки операторов при работе с ней.

Наличие среды разработки графического интерфейса, базы данных АСУ ТП и программ пользователя дает возможность предприятию самостоятельно вносить изменения в программное обеспечение тренажера и не зависеть от поставщика тренажерного комплекса. Сбор и просмотр оперативной информации о правильности действий оператора с помощью тренажера позволяет проводить как тестирование, так и полноценное обучение персонала. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Компьютерный тренажерный комплекс «Тропа». www.krug2000.ru/products/ppr/trenajer-operativnogo-personala.html.