

РАЗРАБОТКА ТРЕНАЖЕРА СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЙ КОЛИЧЕСТВА И ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

Ю.В. Лисин, О.В. Аралов, А.С. Саванин (ООО «Научно-исследовательский институт транспорта нефти и нефтепродуктов Транснефть»)

Рассмотрены цели создания тренажера системы измерений количества и показателей качества нефти и нефтепродуктов, определены задачи разработки программного и технического обеспечения тренажера. Приведено описание состава и функциональных возможностей созданного тренажера, рассмотрены результаты его внедрения.

Ключевые слова: тренажер, система обработки информации, система измерений количества и показателей качества нефти и нефтепродуктов, обучение.

В настоящее время текущий уровень изготовления продукции и предоставления различных услуг сопровождается сложными производственными процессами. В данных процессах задействовано высокотехнологичное оборудование, обслуживанием и управлением которого занимается высококвалифицированный персонал. От правильности принимаемых персоналом решений и выполняемых действий зависит безотказность работы оборудования, непрерывность ТП и качество получаемого конечного продукта (результата). Все это влияет на стабильность и экономическую эффективность производства. Современные экономические условия требуют не только обеспечения стабильности производственных процессов, но и их совершенствования. Не последнюю роль в этом играет повышение профессионального уровня персонала, что достигается за счет периодического обучения, совершенствования навыков и контроля знаний.

Уровень развития компьютерных технологий позволяет автоматизировать процессы обучения и проверки знаний персонала посредством разработки мультимедийных обучающих программ. Для изучения практических вопросов применяются различные компьютерные тренажеры, имитирующие производственные процессы. Возрастающая популярность компьютерных тренажеров объясняется эффективностью их применения. Тренажеры позволяют обучаемому до момента допуска к работе изучить производственный процесс, выработать навыки действий в различных штатных и нештатных ситуациях [1].

Существующие сложные ТП находят свое отражение в не менее сложных компьютерных тренажерах, над созданием которых работает большое число различных специалистов. Разрабатываемые компьютерные тренажеры должны иметь точные математические модели, детально описывающие производственный процесс. Данные модели должны описывать всю совокупность как штатных, так и нештатных ситуаций, которые могут возникать в производственных процессах. Модели должны учитывать внешние воздействия, то есть действия обучающегося персонала. Немаловажным при разработке компьютерных тренажеров является воссоздание соответствующего рабочего места персонала. Для этого тренажер должен состоять из ПО и технических средств, позволяющих воссоздать реальные производственные условия.

Компьютерный тренажер также должен включать методическую базу и систему оценки и анализа результатов тренировки обучающегося персонала. Исходя из состава, существующие тренажеры можно разделить на две большие группы. К первой группе отнесем тренажеры, реализованные посредством мультимедийной программы на ПК. Ко второй группе — тренажеры, которые реализованы посредством мультимедийной программы, ПК, специальных технических средств (различных стендов, контроллеров, систем обработки информации и т.д.). Общим в обеих группах является наличие нормативного и методического материала, а также системы оценки и анализа результатов выполнения тренировочных заданий.

Одной из крупнейших в мире и единственной в России компанией, транспортирующей нефть и нефтепродукты в различные регионы России, страны Таможенного Союза, а также в страны дальнего зарубежья по системе магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов, является ПАО «Транснефть». В основной схеме учета нефти и нефтепродуктов (измерении количества), принимаемых и сдаваемых ПАО «Транснефть», применяются системы измерений количества и показателей качества нефти и нефтепродуктов (СИКН), в которых измерение массы нефти и нефтепродуктов реализовано с применением динамических методов измерений в соответствии с требованиями национального стандарта ГОСТ Р 8.595. СИКН представляют собой сложные информационно-измерительные системы в соответствии с требованиями национального стандарта ГОСТ Р 8.596, состоящие в общем случае из технологической части, средств измерений и системы автоматизации. Управление и контроль за состоянием СИКН — сложные и ответственные задачи, возложенные на операторов. В функции операторов входит правильное и своевременное принятие решений по управлению и контролю за состоянием СИКН — регулирование расхода и давления, переключение измерительных линий, проведение поверки и контроля метрологических характеристик и др. До настоящего времени в ПАО «Транснефть» отсутствовали учебные тренажеры, позволяющие на практике отрабатывать данные действия при работе с СИКН.

Учитывая ответственность, которая возложена на персонал, работающий с СИКН, в 2015 г.

ООО «НИИ Транснефть» совместно с АО «Транснефть-Север» выполнена разработка учебного тренажера — программно-технического комплекса «Тренажер системы измерения количества и показателей качества нефти и нефтепродуктов» (ПТК). При разработке ПТК был использован положительный опыт создания компьютерных тренажеров. Ранее, в 2013 г. ООО «НИИ Транснефть» и РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина при участии АО «Транснефть-Север» была выполнена разработка диспетчерского тренажера для системы магистральных нефтепроводов [2].

Основной целью ПТК является обеспечение возможности отработки действий операторов по управлению и контролю состояния СИКН без воздействия на реальный производственный процесс — коммерческий учет нефти и нефтепродуктов.

ПТК предназначен для:

- а) профессиональной подготовки обучаемых с целью формирования знаний и навыков управления СИКН как в штатных, так и в нештатных ситуациях;
- б) периодического тренинга обучаемых с целью поддержания имеющихся у них знаний и навыков управления СИКН как в штатных, так и в нештатных ситуациях.

В общем случае ПТК имеет следующие возможности:

- 1) имитация работы средств измерений СИКН (преобразователи давления и температуры, преобразователи расхода, преобразователи плотности, вязкости и влагосодержания), формирование управляющих команд;
- 2) имитация работы СИКН (регулирование расхода, регулирование давления, переключение измерительных линий) и организация взаимодействия между различными модулями и компонентами комплекса;
- 3) имитация различных типов преобразователей расхода (турбинных, массовых, ультразвуковых) с различными характеристиками для проверки работника на знание методики проведения контроля

метрологических характеристик и поверки, расчета и ввода коэффициентов преобразования в систему обработки информации (СОИ) СИКН;

4) имитация метрологических отказов, выхода значений средств измерений за уставки и проверки отработки действий работника;

5) имитация отрицательного результата контроля метрологических характеристик средств измерений или поверки преобразователей расхода;

6) сбор поверочной схемы, схемы контроля метрологических характеристик по поверочной установке или контрольному средству измерений, имитация работы поверочной установки и контрольного средства измерений (преобразователь расхода, преобразователь плотности);

7) осуществление расчета параметров в реальном масштабе времени и формирование отчетных форм;

8) реализация сценариев, предназначенных для тестирования работника;

9) формирование отчетов по результатам тестирования работника.

Обучение на ПТК представляет собой автоматизированный процесс проведения учебно-тренировочных занятий (УТЗ) для оперативного персонала СИКН. Организация процесса обучения ориентирована на индивидуальный или коллективный тренинг. Структура ПТК представлена на рис. 1.

Пользовательский интерфейс системы выполнен в виде АРМ преподавателя и ученика. Интерактивная часть АРМ ученика имитирует рабочее место товарного оператора и выполнена на базе типового ПО верхнего уровня СИКН. АРМ преподавателя интерактивно идентично АРМ обучаемого, но функционально наделено следующими дополнительными возможностями:

- полный доступ к любому АРМ обучаемого;
- организация выполнения УТЗ;
- внесение инициативных воздействий в процесс тренинга обучаемых;
- организация хранения и предоставления обучаемым электронных версий нормативных документов и учебно-методических материалов.

Исполнительная часть АРМ преподавателя включает:

- электронную библиотеку УТЗ, перечень программ УТЗ;
- модуль воспроизведения сценариев УТЗ. Реализует процессы выборки из библиотеки программы УТЗ, формирование сценария УТЗ и его пошаговое выполнение;
- модуль мониторинга процесса выполнения УТЗ. Реализует задачи фоновой проверки за ходом выполнения сценария УТЗ, оценивает правильность выполнения действий обучаемых.

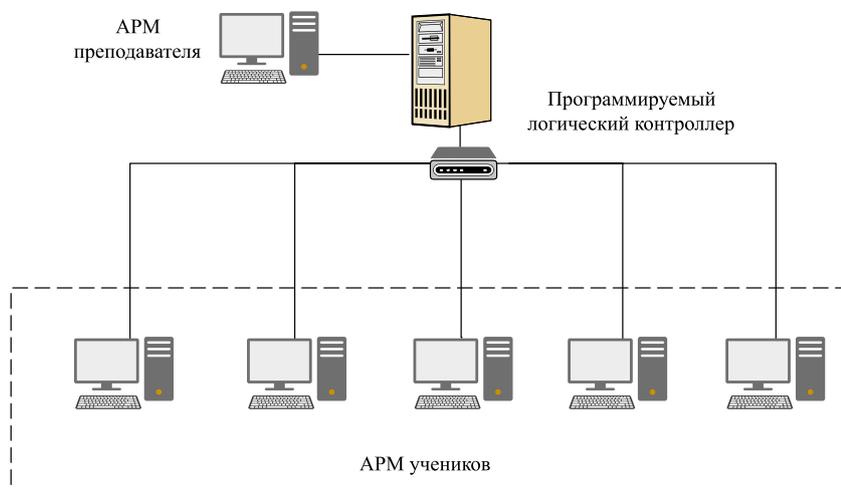


Рис. 1. Структура ПТК



Рис. 2. Состав модулей ПЛК

По способу взаимодействия между компонентами системы ПТК строится по принципу клиент-серверной архитектуры. Вычислительная среда ПТК выполнена на базе ПЛК, выполняющего задачи моделирования работы реальной СИКН. Программное обеспечение ПЛК состоит из модулей, представленных на рис. 2.

Программное обеспечение ПТК состоит из базового (системное и сервисное) и прикладного (специального) ПО. Системное ПО обеспечивает работоспособность программируемых технических средств и предоставляет рабочую среду для других частей ПО. В качестве системного ПО применяется ОС Microsoft Windows 7 64 bit. Сервисное ПО представляет собой средства, необходимые для сопровождения системы, а также создающие рабочую среду для прикладного ПО. Сервисное ПО — это пакет программ, которые реализуют интеграцию компонентов системы автоматизации, обеспечивают визуализацию оперативной и исторической информации, формирование и ведение базы данных, архивирование данных, воз-

можность доступа к историческим данным для получения параметров за любой период времени, выполнение функций конфигурирования (настройки) и создания прикладного ПО. Также к сервисному ПО относятся: антивирусное ПО, в качестве которого применяется Kaspersky EndPoint Security, система управления базой данных MS SQL, программные средства Proficy HMI/SCADA iFIX.

Прикладное ПО является собственной разработкой ООО «НИИ Транснефть» и АО «Транснефть-Север», выполненной в существующих средах программирования C Sharp (C#) и CODESYS. Среда программирования C Sharp (C#) представляет собой объектно-ориентированный язык программирования, а CODESYS — инструментальный программный комплекс промышленной автоматизации, основой которого является среда разработки прикладных программ для ПЛК. Функционально прикладное ПО можно разделить на два модуля. Первый модуль (математическая модель СИКН) отвечает за расчет гидродинамических процессов для моделируемой технологической схемы и выдачу сигналов в СОИ СИКН. Второй модуль (АРМ оператора) обеспечивает визуализацию работы СИКН, формирование и выдачу управляющих воздействий для первого модуля. В первом модуле применяются известные математические модели стационарного и нестационарного режима течения нефти, а также существующая методология расчета массового расхода рабочей среды, плотности, кинематической вязкости и т.д. Для расчета математической модели СИКН используется метод Ньютона решения нелинейных уравнений. Математическая модель реализована в виде алгоритмов, адаптированных для работы на ПЛК. Все

управляющие воздействия (закрытие/открытие запорной арматуры, изменение положения регулирующих органов, засорение фильтрующих элементов и т.д.) вызывают ответную реакцию модуля математической модели СИКН и отображение этих изменений во втором модуле (АРМ оператора).

Программная среда ПТК позволяет преподавателю реализовать для ученика в модели технологические схемы СИКН, применяемые в ПАО «Транснефть». Схема программной части ПТК представлена на рис. 3.

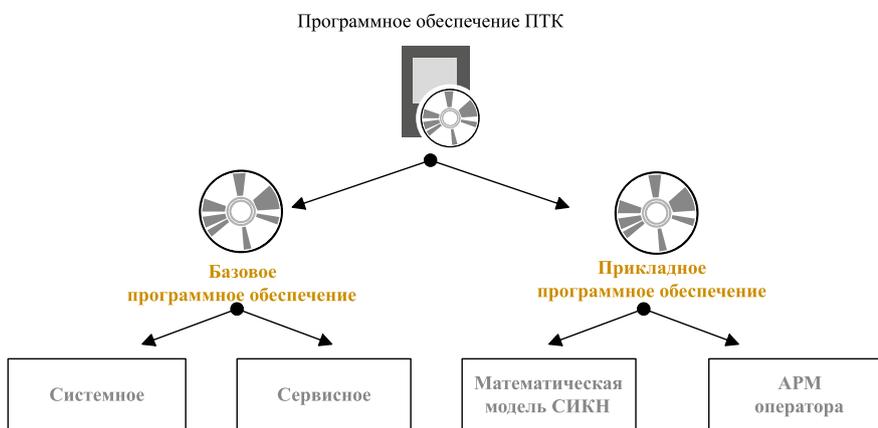


Рис. 3. Схема программного обеспечения ПТК

Сетевой обмен данными осуществляется напрямую между соответствующими компонентами ПТК. Примером подобного прямого информационного взаимодействия может выступать взаимодействие компонентов, при котором необходимые данные отправляются и принимаются при помощи программных интерфейсов доступа к базам данных (например, ODBC, OLE DB и др.) без сторонних посредников. Сетевой обмен специализированными управляющими сообщениями осуществляется под руководством модуля формирования УТЗ. Управляющие воздействия передаются между компонентами тренажера через ModBus TCP/IP в виде составного блока данных, включающего атрибуты, отвечающие за адресацию сообщения, его идентификацию и передачу вспомогательных параметров.

Модель СИКН, функционирующая в ПЛК ПТК, позволяет проводить самостоятельный коллективный тренинг обучаемых без присутствия преподавателя. Один ПЛК одновременно поддерживает 1...3 независимых схем СИКН, что позволит каждому обучаемому тренироваться индивидуально, не внося изменений (возмущений) в учебный процесс других обучаемых. Увеличение числа обучаемых при этом сводится только к увеличению числа ПЛК. АРМ, используемые в системе, унифицированы для указанных уровней (типы процессоров, шин, внешних устройств и т. п.) с целью удобства их сопровождения. Особое внимание уделено таким показателям системы как многопроцессорность, пропускная способность шины и локальной сети передачи данных.

Организация проведения коллективных интерактивных УТЗ с учениками предусматривает автоматизированный процесс выбора и проведения сценария или групп сценариев учебно-тренировочных программ из электронной библиотеки УТЗ, функционирующей в АРМ преподавателя. При проведении УТЗ преподаватель может назначить произвольную последовательность сценариев каждому из учеников. Также преподаватель вправе приостановить и переназначить выполнение любого УТЗ для любого ученика. Результатом выполнения учебной программы является оценка правильности выполнения последовательности действий и полученных учеником результатов в зависимости от содержания и состава УТЗ.

На любом этапе обучения на ПТК ученику представлена возможность доступа к электронным версиям нормативной документации и учебно-методических материалов. Отчетные документы с результатами выполнения УТЗ формируются в тренажере СОИ СИКН по мере необходимости (по запросу пользова-

теля-инструктора или пользователя-администратора). Формирование выходных отчетных документов осуществляется автоматически по выбору соответствующих управляющих элементов панели инструментов АРМ преподавателя или АРМ ученика в зависимости от типа формируемого отчета.

Отчетные документы формируются в виде статических HTML-файлов. Отчетные документы, сформированные в формате HTML, могут быть просмотрены средствами любого современного Internet браузера. Отчетные документы могут быть выведены на любое устройство печати, совместимые с ПК под управлением ОС, установленной на АРМ преподавателя/ученика.

Разработка и испытания ПТК выполнены в соответствии с требованиями комплекса стандартов на автоматизированные системы. В испытаниях принимали участие представители ПАО «Транснефть», АО «Транснефть-Север», АО «Транснефть-Сибирь», ООО «НИИ Транснефть». Испытания, проведенные по утвержденной ПАО «Транснефть» программе и методике приемочных испытаний, подтвердили адекватность заложенных в ПТК математических моделей и алгоритмов, соответствие ПТК техническому заданию. В декабре 2015 г. подано заявление на государственную регистрацию программы для ЭВМ. В настоящее время ПТК передан для эксплуатации в АО «Транснефть-Сибирь», планируется внедрение в учебный процесс ГОУ СПО «Томский государственный промышленно-гуманитарный колледж». Также предполагается применение ПТК в АО «Транснефть-Приволга» (НОУ ДПО «Новокуйбышевский учебный комбинат»), АО «Транснефть-Прикамье» (АУ ЧР СПО «Канашский транспортно-энергетический колледж»), АО «Транснефть-Север» (Региональный учебный центр), АО «Транснефть-Центральная Сибирь» (ГОУ СПО «Томский государственный промышленно-гуманитарный колледж»).

Внедрение ПТК повысит качество обучения (профессиональной переподготовки и повышения квалификации) специалистов организаций системы «Транснефть» навыкам работы с СИКН, что обеспечит высокую надежность эксплуатации СИКН.

Список литературы

1. Дозорцев В. М. Компьютерные тренажеры для обучения операторов технологических процессов. М.: СИНТЕГ. 2009.
2. Трусов В. А., Хазеев Б. Ш., Сарданашвили С. А., Федоров В. Т., Калитин А. С., Митичкин С. К. О разработке диспетчерского тренажера для системы магистральных нефтепроводов // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2013. № 4. С. 108-113.

Лисин Юрий Викторович – д-р техн. наук, генеральный директор,
Аралов Олег Васильевич – канд. техн. наук, директор центра оценки соответствия продукции, метрологии и автоматизации производственных процессов,
Саванин Антон Сергеевич – канд. техн. наук, заведующий сектором СИКН и учетных операций ООО «Научно-исследовательский институт транспорта нефти и нефтепродуктов Транснефть». Контактный телефон (495) 950-82-95 (доб. 22-92). E-mail: SavaninAS@niitnn.transneft.ru