

УДК 658.514

Д. т. н., профессор, заведующий кафедрой Ф. Ш. Хафизов,
 кандидат А. Р. Арсланов,
 кафедра «Промышленная и пожарная безопасность» Уфимский
 государственный нефтяной технический университет (УГНТУ),
 К. т. н., технический директор Д. И. Шевченко,
 заместитель директора А. А. Кудрявцев,
 ООО «НПП «АТП».

АКТУАЛЬНОСТЬ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОБУЧЕНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА

Формулируются требования к современным обучающим системам для специалистов трубопроводного транспорта. Описывается созданный обучающий комплекс, отличительной особенностью которого является представление динамики технологического процесса во всей полноте: внешний вид, взаиморасположение и текущее состояние оборудования совмещаются с мнемосхемами диспетчерских автоматизированных рабочих мест, мультимедийными справочниками автоматизированных обучающих систем, а также 3D-моделями повышенной детализации.
 Ключевые слова: обучающие системы, тренажеры, требования к средствам обучения.

В современных условиях деятельность нефтегазовых компаний имеет стратегическое значение для развития экономики страны, а их надежная и безаварийная работа в значительной степени определяет энергетическую безопасность и устойчивое социально-экономическое развитие России.

Однако уровень аварийности и травматизма в отрасли остается высоким. По данным Ростехнадзора, в нефтега-

зовом комплексе ежегодно происходят десятки аварий, смертельно травмируются работники. На предприятиях нефтегазодобычи и магистрального трубопроводного транспорта в 2007 г. зафиксировано 50 аварий (19 и 31 соответственно), погибли 32 человека (25 и 7 соответственно). При этом известно, что более 70 % аварий и несчастных случаев происходят по причинам, связанным с влиянием человеческого фактора [1]. Наряду с этим вы-

© Ф. Ш. Хафизов, А. Р. Арслано, Д. И. Шевченко, А. А. Кудрявцев, 2011 г.

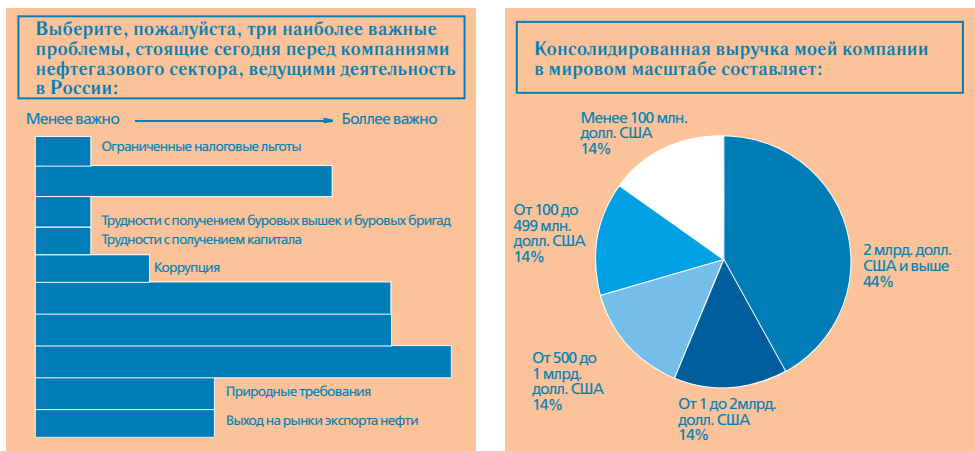


Рис. 1. Результаты опроса ведущих специалистов нефтегазовых компаний, ведущих работу в России (Делойт (Deloitte), 2008 г.)

ход на мировой рынок, все более возрастающий акцент на придание ведущим нефтегазовым компаниям России статуса транснациональных, обязывает их адекватно подходить к качественной компоненте кадрового потенциала. Таким образом, наиболее емким по своим резервам и в то же время сложностям стратегическим фактором экономического благополучия субъектов нефтегазовой отрасли становится его персонал. Это мнение разделяют многие ведущие специалисты российской и зарубежной нефтегазовой отрасли (рис. 1).

Проблема усугубляется снижением количества и общего уровня образования новых кадров. По прогнозу Росстата, сокращение численности населения трудоспособного возраста в 2007–2025 гг. составит 16,2 млн человек. На создании конкурентоспособного кадрового

потенциала, безусловно, отразится и тот факт, что истощение месторождений и их последующий вывод из эксплуатации будут снижать доходы федерального бюджета — с 23,6 % ВВП в 2007 г. до 12,9 % в 2023 г., т. е. темпы роста нефтегазового сектора — главного источника формирования бюджета — в будущем будут ниже темпов роста экономики. Так, по оценкам Минфина РФ, реальный прирост ВВП за 15 лет составит 2,7 раза, добычи газа — 28 %, нефти — 7 %.

Кроме того, особенности труда в нефтегазовой отрасли, усложняющиеся смещением наиболее перспективных по запасам месторождений далеко в районы Крайнего Севера и шельфовую зону, а отсюда и дальнейшее возрастание негативной роли экстремальных природно-климатических условий, заметно повлияют на многих по-



Рис. 2. «Пирамида обучения» согласно исследованиям Национальной тренинговой лаборатории США



Рис. 3. Типовые аудитории вузов и учебных центров



тенциальных работников в их желании приложить свой талант и умение в этом сегменте топливно-энергетического комплекса (ТЭК) [2].

Следовательно, профессиональное обучение и переподготовка кадров будут проводиться при существенном дефиците ресурсов. Одним из возможных решений данной проблемы является интенсификация процесса обучения с использованием всех возможностей современных технологий. Резервы тут огромные.

Исследование современных методов обучения показывает [3], что традиционные подходы к проведению занятий на курсах подготовки и переподготовки малоэффективны по сравнению с практикой. Например, согласно исследованиям Национальной тренинговой лаборатории США (National Training Laboratories, Bethel, Maine), протестировавшей большие группы учащихся спустя 2 недели после занятий разных типов, в их памяти фиксируется лишь часть полученных знаний (рис. 2). Именно поэтому особую ценность приобретают более опытные специалисты, так как у них за плечами годы действительно эффективного обучения на рабочем месте.



Рис. 4. Современные тренажерные комплексы для подготовки специалистов ТЭК

Однако у такого подхода к обучению, т. е. малорезультативная подготовка и эффективная практика на рабочем месте, имеется большой недостаток — невозможность качественно подготовить специалистов к работе в нестандартных, «нестандартных» и аварийных ситуациях, так как никто не будет рисковать сложным технологическим оборудованием ради обучения. Оборудование стареет, все чаще приводит к нештатным ситуациям, а новая техника становится все сложнее и просто опытом ее не освоить. Как показывает практика, данный недостаток можно исправить путем использования в обучении тренажеров, имитирующих технологические процессы, включая нештатные и аварийные ситуации. По этой причине в наши дни во всем мире применение тренажеров при подготовке специалистов опасных производств регламентируется в стандартах (например, ПБ 09-540—03 «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств», «API-Operator Qualification: Pipeliner Training & Assessment Program» и т. д.).

Тренажеры, отвечающие современным требованиям к качеству подготовки специалистов, очень сложны и до-



Таблица 1. Сравнительная характеристика стоимости 1 ч переподготовки специалиста в оснащенной и «пустой» аудиториях

№	Статья затрат	Ориентировочная удельная стоимость на одного специалиста, руб./ч
1	Стоимость административной инфраструктуры курса (модуля, кейса) (здания, сооружения, администрация, сотрудники, электроэнергия и т. д.) — ~ 20000 руб. за 40 ч	500
2	Стоимость отрыва от производства обучаемых специалистов — ~ 10000 за 40 ч	250
3	Командировочные расходы, транспорт и проживание — ~ 5000 за 40 ч	125
Итого стоимость 1 ч обучения специалиста (без учета качества)		875
4	Максимальная удельная стоимость эксплуатации тренажера, приборного стенда — ~ 500000 руб., срок службы — 10 лет (20000 ч), 100 %-ная загруженность при обучении групп по 20 человек	12,5
Итого стоимость 1 ч обучения специалиста в оснащенной аудитории		887,5

роги, так как, по сути, являются наукоемким «штучным товаром», специально настроенным на решение задач конкретного технологического процесса или объекта. Кроме того, и обучение само по себе недешево, подразумевает наличие инфраструктуры, преподавателей, отрыв учащихся от производства и т. д. Насколько различается стоимость обучения в аудиториях, изображенных на рис. 3 и 4.

Примерный расчет стоимости переподготовки дан в табл. 1.

Очевидно, что цифры могут быть иными, но в любом случае стоимость эксплуатации дорогостоящих тренажерных комплексов и стендов несопоставима с общей стоимостью обучения для предприятий в целом, превышая ее на 1–2 %. Возникает вопрос: стоит ли экономить на таком оснащении курируемых учебных центров, вузов и техникумов или заказывать «пустые» курсы у сторонних учебных заведений?

Автоматизированные обучающие системы (АОС), как правило, сопровождающие тренажеры, позволяют значительно уменьшить разницу в профессиональном уровне инструкторов и преподавателей. Такие системы служат основой даже для дистанционного обучения, дают широкие возможности для самостоятельной работы учащихся и не допускают «автоматического» перехода на «следующий уровень» (к тренажеру) неподготовленного ученика. Для этого предусматривается система текущего и многоуровневого тестирования.

Под оснащением процесса обучения понимается не только обеспечение практических занятий, но и лекций. В передовых учебных заведениях конспекты и дидактические материалы давно распечатываются, а лекция превращается в конструктивный диалог с разбором конкретных задач. Эффективность таких занятий, согласно концепции «пирамиды обучения», также может быть многократно усилена путем широкого внедрения АОС с модулями текущего контроля усвоения материала, предельно наглядными действующими макетами или 3D-моделями объектов и технологических процессов, совмещенных с гидродинамическими, электрическими

моделями и эмуляторами алгоритмов систем автоматизации (SCADA) и средств контрольно-измерительных приборов и автоматики (КИПиА) и связи.

В рамках предлагаемой концепции экспериментально показано, что серьезным ресурсом сокращения времени тренинга, а следовательно и повышения эффективности всего курса обучения, является степень реализации в конкретном тренажерном комплексе элементов концепции интегрированной обучающей системы. Такая система подразумевает интеграцию и взаимное проникновение подсистем, отвечающих как за внутреннее содержание процесса обучения, удовлетворяющее требованиям полноты, адекватности, гибкости и т. п., так и за внешние средства представления информации обучаемому, среди которых отметим стенды, действующие макеты, мнемосхемы автоматизированных рабочих мест (АРМ), автоматизированные системы обучения, тесты и т. д. (рис. 5).

Основной расчетной части рассматриваемой системы выступает модель технологических процессов, которая определяет основные исходные данные и взаимосвязь между ними. Для опасных объектов трубопроводного транспорта нефти это прежде всего математические модели гидродинамики процессов в разветвленных трубопроводах, модели агрегатов, регуляторов и систем управления.

Решение задач, создания инструментария построения математических моделей для тренажеров, обучающих операторов и диспетчеров трубопроводного транспорта, в условиях сокращенных ресурсов по времени разработки и финансам является важным вкладом в обеспечение высокого уровня промышленной безопасности. Результатом их успешного решения станет снижение требований к квалификации разработчика (настройщика) новой схемы в тренажере, например до уровня преподавателя, работающего с прикладным инструментарием создания тренажеров, что позволит удешевить и распараллелить этот процесс. Должны быть отчасти снижены требования к информационному обеспечению проекта. Разработка моделей должна опираться на доступные данные от эксплуатирующей ор-

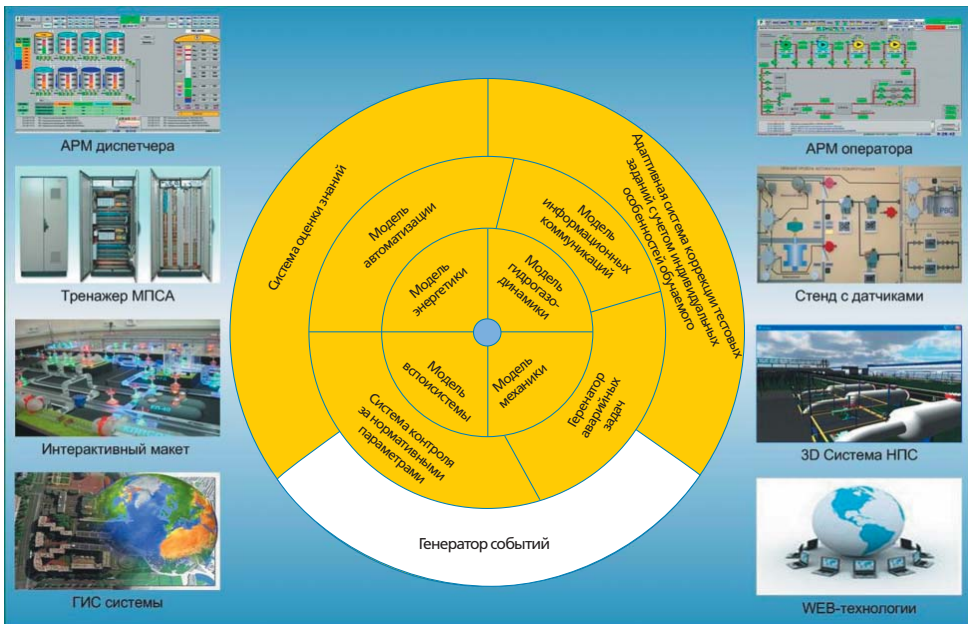


Рис. 5. Структура интегрированной обучающей системы

ганизации (например, архивы систем диспетчерского управления), а не от производителя оборудования (такие данные вообще могут быть закрыты или отсутствовать). При этом некоторые закрытые модели оборудования и систем управления должны реконструироваться по данным переходных процессов. Некоторая натяжка и упрощение при таком подходе компенсируются самой возможностью и ускорением создания моделей, максимально адекватных реальным и удовлетворяющих требованию полноты проведения оптимального множества тренингов. К такому инструментарию можно отнести следующие компоненты:

- ♦ 1. Построение моделей трубопроводов. Стационарные модели. Динамические модели.
- ♦ 2. Уточнение (идентификация) параметров по данным архивов.
- ♦ 3. Построение моделей отдельных агрегатов, насосов и энергосистем.
- ♦ 4. Построение модели информационных каналов (структура, дискретизация, полнота и надежность, запаздывание).
- ♦ 5. Построение алгоритмов иерархических и распределенных систем автоматического управления (САУ).
- ♦ 6. Построение алгоритмов логического управления и защиты. Применение регламентов. Использование доступных данных по структуре систем управления.
- ♦ 7. Оценка отклонений параметров от оптимальных по данным архивов.

♦ 8. Идентификация динамических звеньев по данным архивов.

♦ 9. Определение структуры и оптимальных (закрытых) параметров регуляторов динамических САУ.

Рассмотрим примеры реализации комплексной обучающей системы более подробно. Тренажеры для подготовки специалистов по обслуживанию (КИПиА) предназначены для обучения оперативно-ремонтного персонала правилам и методам технического обслуживания и ремонта систем автоматизации, телемеханики и контрольно-



Рис. 6. Комплексная обучающая система для специалистов КИПиА

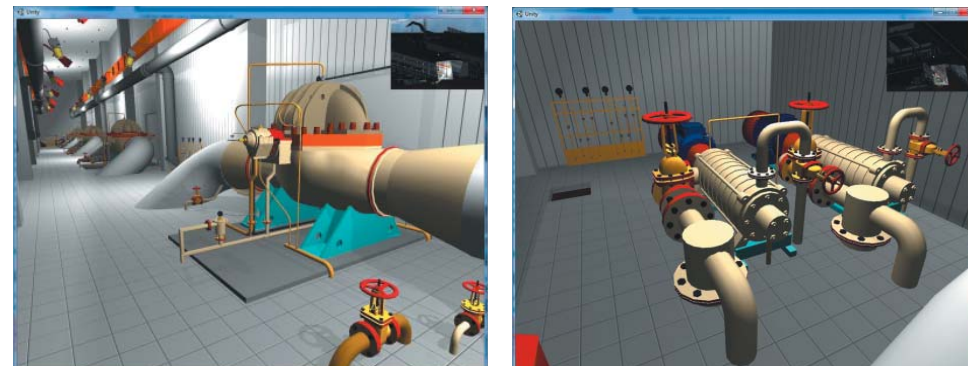


Рис. 7. 3D-модель технологического объекта и расположения средств КИПиА

измерительных приборов (рис. 6). Типовой тренажер для подготовки ремонтного персонала включает в свой состав реальное оборудование САУ и КИПиА, применяемое на объектах. В состав тренажера также входят (АРМ) ремонтного персонала и преподавателя, позволяющие проводить обучение принципам конфигурирования и программирования контроллеров, подготовку в средах разработки управляющих алгоритмов для контроллеров, а также SCADA-систем. SCADA-система объединяется с комплексной математической моделью процесса.

Интегрированная в систему 3D-модель технологического объекта позволяет изучать пространственное расположение средств КИПиА и оценивать способы и возможности их оперативной диагностики и замены (рис. 7).

Комплексные стенды, имитирующие автоматические системы пожарной сигнализации и пожаротушения, восполняют некоторый пробел в подготовке специалистов, ответственных за технический аспект пожарной безопасности, и предназначены для изучения современных систем автоматического пожаротушения различных производителей, построенных на базе програм-

мируемых логических контроллеров. Данный тренажер состоит из приборного стенда (с датчиками, извещателями, имитаторами задвижек и т. д.), шкафа автоматизации и обучающего АРМ системы пожаротушения (рис. 8). Он совмещен с математической моделью технологического объекта и 3D-моделью, что позволяет проводить диагностику и исследование влияния отказов в системах пожарной автоматизации при имитации реальных аварийных ситуаций.

Интегрированная обучающая система для подготовки специалистов трубопроводного транспорта нефти, введенная в Самарском государственном техническом университете, объединяет на базе единой математической модели действующие макеты технологического оборудования (в том числе объектов КИПиА, энергетики, пожарных и вспомогательных систем), тренажеры и управляющие АРМ операторов и диспетчеров на компьютерах с сенсорной панелью, АРМ преподавателя с общей моделью, архивом заданий, генератором аварийных ситуаций (рис. 9). К общей системе по информационным каналам подключаются приборные стенды с реальным оборудованием КИПиА и управляющими контроллерами. Система оснащена АОС с 3D-роликами, объясняющими устройство, принципы функционирования и управления оборудованием, причем разделы могут вызываться как с АРМ, так и освещением лазерной указкой фотодатчиков, расположенных по всему макету рядом с разнообразными элементами технологического оборудования.

Тренажерный комплекс для энергетиков («Стенд ЗРУ-6(10) кВ», рис. 10) предназначен для обучения: оперативного электротехнического персонала оперативным переключениям в нормальном и аварийном режимах работы в высоковольтной части схем электроснабжения; ремонтного и оперативно-ремонтного персонала приемам и методам обслуживания и ремонта оборудования закрытых распределительных устройств (ЗРУ) и аппаратуры защитной автоматизации. Отличительной чертой этого тренажера является физический эмулятор реальной производственной сети с возможностью для инструктора



Рис. 8. Тренажер пожарной автоматизации

выставлять реальные токи, напряжения, фазы и частоту при различных нагрузках, потребителях, авариях, необходимые для срабатывания защиты в реальных управляющих контроллерах ячеек (СПАС, СЕРАМ, БМРЗ и др.) и последующего анализа учащимися причин ее срабатывания. Возможности тренажера: работа с контроллерами уставки и защиты, с реальными ячейками ЗРУ, просмотр осциллограмм, исследование группового функционирования ячеек, работа межсекционных переключателей смежного и измерительного (РЕТОМ, осциллограф, преобразователи, указатель напряжения и др.) оборудования, устройство дуговой защиты, ЦРВД-Т, ОВОД, «АРМ энергетика» с основами функционирования систем АСКУЭ и АСТУЭ. Весь комплекс объединен единой моделью технологического процесса (в том числе гидравлической), что позволяет с помощью генератора событий отбирать тренинги из широкого множества, так как малозначительный с точки зрения электрика отказ может привести к серьезным авариям на других объектах.

Обучаемые сами могут принимать участие в проектировании прикладного программного обеспечения, менять

алгоритмы и интерфейсы, а также расширять технологическую схему, менять ее или даже исследовать совершенно другую систему за пределами рассматриваемых объектов, так как конструктор математических моделей открыт для пользователей. Для усложнения ситуаций используется генератор событий (отказов), основанный на концепции «дерева отказов» [4], компилирующий единичные отказы в динамические цепочки с разворачиваемой всей сложной нештатной ситуации в пространстве и во времени, а учащийся способен повлиять на ход развивающихся событий.

Имеется возможность исследовать те или иные ситуации, «прокручивая» данные из архива по тем или иным ситуациям. Возможно осуществлять тестирование обучаемых, для этого существуют и постоянно совершенствуются средства и программы тестирования, модули записи последовательности действий учащегося при работе на комплексе, как на тренажере, с последующей автоматической оценкой этих действий.

Указанные принципы работы, технические решения и программное обеспечение могут быть использованы



Рис. 9. Интегрированная обучающая система для подготовки операторов и обслуживающего персонала объектов трубопроводного транспорта нефти

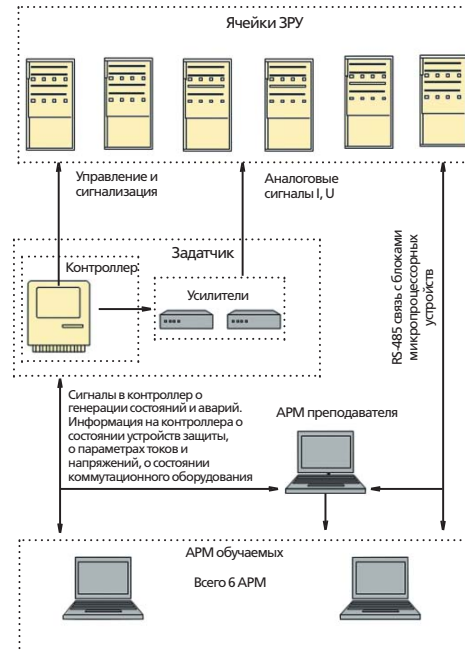
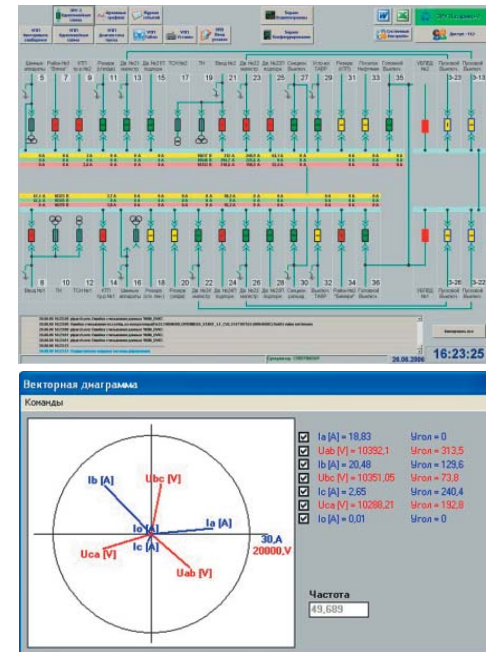


Рис. 10. Тренажер для обучения энергетиков



для разработки рассмотренных комплексных моделирующих систем обучения специалистов в области разработки, обслуживания и управления оборудованием добычи и

транспорта нефти и газа, электроэнергетики, металлургии, городского коммунального хозяйства, транспортной инфраструктуры, и, возможно, в других сферах.

Список литературы

1. Пуликовский К. Б. Приоритет качеству подготовки, профессиональному обучению и аттестации работников организаций, поднадзорных Ростехнадзору // «Безопасность труда в промышленности», — 2006. — № 7.
2. Быков В. М. Дифференцированный подход в кадровой политике как фактор экономического и социального благополучия предприятий // Управление персоналом. — 2008. — № 22 (200). — С. 41–43.
3. Базарова Г. Т. Особенности обучения взрослых // Менеджер по персоналу. — 2007. — № 2. — С. 42–48.
4. Гражданкин А. И., Федоров А. А. К вопросу об оценке риска при декларировании промышленной безопасности опасных производственных объектов. // Безопасность жизнедеятельности. — 2001. — № 4. — С. 2–6.