

Список литературы

1. *Duncan K.D.* Analytical Techniques in Training Design // In The Human Operator in process Control, Ed. E.Edwards and F.Lees, L. 1974.
2. *Дозорцев В.М.* Обучение операторов технологических процессов на базе компьютерных тренажеров // Приборы и системы управления. 1999. №8.
3. *Kletsky, E.J.* An Application of the Information Theory Approach to Failure Diagnosis // IRE Transactions, PRQC-9. 1960. №3.
4. *Bond, N.A. and J.W. Rigney.* Bayesian Aspects of Troubleshooting Behavior // Human Factors. №3. 1966.
5. *Rasmussen, J. and A. Jensen.* Mental Procedures in Real-Life Tasks: a Case Study of Electronic Trouble Shooting // Ergonomics. 1974. №3.
6. *Дозорцев В.М., Крейдлин Е.Ю.* Об эталонных стратегиях эффективной диагностики неисправностей в системах поддержки принятия решений // Сб. трудов 15 Междун. научн. конференции "Математические методы в технике и технологиях". Тамбов. 2002. Том 6.

*Дозорцев Виктор Михайлович — д-р техн. наук, проф., зав. сектором ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН.
Контактный телефон (095)334-8771*

"КОМПЬЮТЕРНЫЙ ТРЕНИНГ – ЭТО ПРОСТО..." ИЛИ МИНИ-ЭНЦИКЛОПЕДИЯ РАСХОЖИХ ЗАБЛУЖДЕНИЙ

Д.В. Кнеллер (ИПУ РАН)

Создание компьютерной тренажерной системы – комплексная задача, требующая объединения усилий множества специалистов: технологов, математиков, программистов, дизайнеров ПО и компьютерной графики. Но создать и установить тренажер – это лишь часть дела. Правильное и эффективное его использование требует согласованных усилий разработчика и заказчика. Автор предлагает видение проблемы внедрения компьютерных тренажеров на предприятиях нефтеперерабатывающей, нефтехимической и химической отраслей, которое сформировалось у него за 10 лет разработки и практического применения тренажеров и обучающих систем. Статья адресована руководителям и специалистам, интересующимся компьютерным тренингом эксплуатационного персонала.

Химия, нефтехимия, нефтепереработка – отрасли повышенной опасности, где сбой техники или ошибка оператора ТП несут в себе угрозу жизни и здоровью людей, а также риск экономических потерь и ущерба окружающей среде. Компьютерный тренинг операторов технологических установок признан во всем мире в качестве наиболее эффективного средства совершенствования операторских навыков и, как следствие, снижения аварийности. Во многих странах мира использование компьютерных тренажеров для обучения операторов потенциально опасных процессов химической технологии закреплено законодательно. Соответствующая норма присутствует и в "Общих правилах взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических, нефтеперерабатывающих производств" Госгортехнадзора (п. 1.16), где скрупулезно оговорено, что следует считать компьютерным тренингом, и как его проводить. Но в отличие от атомной энергетики, где применение компьютерного тренажера строго обязательно (без тренажера нельзя сдать в эксплуатацию АЭС или энергоблок), норма Госгортехнадзора на практике воспринимается скорее, как рекомендация ("Надо бы, конечно, да денег нет..."). В итоге, сочетание строгости закона с необязательностью его выполнения порождает множество ошибочных представлений о компьютерном тренинге. История компьютерного тренинга в России насчитывает примерно 12 лет, и за этот период многие заблуждения успели перейти в устойчивую, хроническую форму.

Автор предлагает свое видение проблем создания и применения компьютерных тренажеров для операторов химико-технологических процессов. Несмотря на избранный "энциклопедический" жанр, многие утверждения носят полемический характер и могут быть

оспорены. Если статья расширит представления читателя о компьютерном тренинге, прояснит определенные моменты или развеет некоторые заблуждения, то автор сочтет свою цель достигнутой.

– А –

Аварийность и ошибки операторов

Нам не хватает средств на ремонт и замену оборудования и КИП, какие уж тут тренажеры... Когда железо обновим, аварийность и так снизится, и никакой тренажер уже не будет нужен.

40% аварий в мировой нефтепереработке, химии и нефтехимии приходится на *ошибки оператора*. Типичный, "среднестатистический" НПЗ производительностью 10 млн. т теряет в среднем 1,1 млн. долл. США в год *из-за ошибок оператора*.

Архитектура компьютерного тренажера

У нас уже есть компьютерные тренажеры... Операторы сидят за компьютерами, изучают описания установок, смотрят технологические схемы. Потом экзамен: компьютер задает оператору вопрос, оператор выбирает ответ из нескольких предложенных и получает оценку...

Скорее всего, Вы имеете в виду *электронный учебник* или другую *обучающую систему*, каких сейчас выпускается множество. Такие системы, безусловно, полезны, но с настоящим компьютерным тренажером они имеют мало общего, хотя некоторые производители и поспешили окрестить свои продукты "тренажерами" – скорее всего в силу недопонимания специфики компьютерного тренинга, или сознательно, чтобы повысить спрос... Настоящий, полномасштабный компьютерный тренажер должен содержать по меньшей мере 3 ключевых элемента, отсутствие любого из которых ставит под вопрос принадлежность продукта к категории тренажеров.

– В –

Возможности компьютерного тренинга

Операторов учить надо, кто же спорит... Особенно молодежь. Мы и учим: лекции, квалификационные экзамены – все как положено. Непонятно зачем еще на тренажеры тратиться. Да за такие деньги можно весь учебный центр отремонтировать!

Многолетняя мировая практика показала, что наиболее эффективный вид обучения – когда ученик делает что-то сам. Ученые-психологи подсчитали, что обучаемый усваивает 20% из услышанного, 40 – из увиденного и 80 – из того, в чем сам участвовал. Эти цифры, возможно, не совсем точны, но весьма красноречиво характеризуют возможности *тренинга* по сравнению с другими видами обучения. Использование в тренинге *компьютеров* открывает множество дополнительных возможностей. На компьютерном тренажере можно имитировать ситуации, которые никто не позволит воспроизвести на установке (из-за их разрушительных последствий). Кроме того, компьютерный тренажер – прекрасный полигон для технолога и инженера КИП. Хорошая тренажерная модель позволяет опробовать различные режимы ТП, найти его "узкие места". Это особенно ценно, когда тренажер создается параллельно со строительством или модернизацией технологической установки. Известны случаи, когда тренажеры позволяли быстро и эффективно выявить ошибки в логике блокировок и даже ускорить ввод установки в эксплуатацию.

– Д –

Дорогой или дешевый?

Да, тренажер покупать надо: молодые операторы приходят – страшно их к щиту пустить (а тем более – к консоли)... Тут еще Госгортехнадзор давит... Опасных процессов у нас на заводе хоть отбавляй, не знаем даже с какого начать, а денег на все не хватает. Чем на один дорогой тренажер тратиться, купим лучше два-три подешевле: сразу для нескольких установок проблему закроем.

Покупая тренажеры по такому принципу, проблеме Вы, безусловно, "закроете". Но не решите. Несколько плохих тренажеров не заменят одного хорошего. Покупать нужно не то, что подешевле или подороже, а то, что нужно! Постарайтесь решить для себя вопрос, кого именно Вы хотите учить и чему. Если Вы набираете молодежь, которая еще установок в глаза не видела, то лучше для них купить тренажеры по отдельным технологическим аппаратам. Пусть они сначала прослушают учебные курсы, а потом потренируются как компрессором управлять, как печь разжигать, как с клапанами и задвижками управляться. Такие тренажеры обычно недороги и универсальны. Через них можно "пропустить" несколько десятков операторов. Если же Вы, модернизируете большую установку, например, меняете щит управления на распределенную систему, то здесь нужен серьезный тренажер для *всех* операторов *этой* установки. Хороший тренажер такого типа достаточ-

Первый (и главный!) элемент – *тренажерная модель*. Это компьютерная программа, имитирующая работу реального ТП. Процесс описывается сложной системой математических уравнений, моделирующая программа решает эти уравнения и каждую секунду выдает значения всех переменных процесса: расходов, давлений, температур, уровней, составов потоков, т.е. то, что оператор обычно видит на приборном щите или на консоли РСУ. Оператор, сидящий за тренажером, также должен *видеть* все эти параметры. Таким образом, *операторский интерфейс* – **второй** необходимый элемент тренажера. В дорогих тренажерах, изготавливаемых на заказ специально для конкретной установки, требования к операторскому интерфейсу очень высоки: интерфейс тренажера должен быть *в точности* таким же, как и интерфейс реальной системы управления, чтобы, в идеале, оператор не мог отличить, управляет ли он настоящей установкой или ее имитатором. В более дешевых и универсальных тренажерах интерфейс оператора воссоздается не столь точно – все зависит от назначения и специфики тренажера и требований заказчика. И, наконец, тренажер – это не средство самоподготовки операторов (хотя его можно, а порой даже рекомендуется, использовать и таким образом). Тренажер – это средство передачи знаний и навыков от опытного наставника (инструктора) менее опытному ученику (оператору). Инструктор – это, как правило, старший оператор, начальник установки, зам. начальника цеха, преподаватель учебного центра. Обучаемых операторов много, инструкторов – мало, и время их очень дорого. Поэтому в тренажере должен быть предусмотрен специальный компьютер – станция инструктора, оснащенный всеми необходимыми средствами для подготовки и проведения эффективного тренинга (возможно, с несколькими операторами одновременно), анализа и архивирования его результатов. Таким образом, *станция инструктора* – **третий** ключевой элемент компьютерного тренажера.

– Б –

Боеготовность операторов

У нас достаточно квалифицированные операторы – тренажеры им не нужны.

Один опытный преподаватель, более 20 лет обучавший операторов на тренажерах и подготовивший не один десяток инструкторов компьютерного тренинга, как-то делился своими наблюдениями. Вот одно из них: "Опытный оператор работает на установке без малого 25 лет, знает ее, как свои пять пальцев. И вот как-то раз происходит сбой в подаче воздуха КИП – вся пневматика "встает". И оператор не знает, что делать – за 25 лет работы никогда такого не видел". Вывод из этой истории простой: чем надежнее КИП, чем "интеллектуальнее" системы управления, тем слабее "боеготовность" операторов. Тренажер для того и нужен, чтобы эту "боеготовность" поддерживать и повышать. На установке все может годами идти гладко, пока, как говорится, гром не грянет. А когда грянет, учить будет уже поздно. А возможно, и некого.

но дорог, но польза от него намного превышает все затраты. Пока на установке еще идет строительство или ремонт, операторы уже вовсю обучаются и к моменту пуска не испытывают непреодолимого ужаса перед новой системой управления. Результат: испорченный катализатор, несгоревший насос, продукт идет куда надо, а не в линию некондиции и т. д. И, наконец, еще один пример: Вы хотите потренировать операторов, уже работающих на установке (или только что на нее пришедших). Тогда лучше всего купить тренажер с типовой моделью (см. **Модель тренажерная**) такой установки. Такая модель не столь "тонка", как специально разработанная для "Вашей" установки, но она намного дешевле, чем специализированная, и для тренинга операторов средней квалификации вполне подходит.

– И –

Иностранная фирма – см. Фирма иностранная

– М –

Методика обучения

Тренажер установили – теперь процесс пойдет...

Сам по себе процесс вряд ли пойдет. Поставить тренажер и "поставить" процесс обучения – далеко не одно и то же! Фирма-разработчик тренажера *обязана* организовать этот процесс на начальном этапе. Она должна создать набор специальных упражнений и процедур, подготовить и передать подробную *методическую* документацию по всем тренажерным моделям (с подробными описаниями этих упражнений и процедур), обучить инструкторов, возможно, провести пробные занятия с операторами. Если фирма-разработчик этим не занимается, то можно лишь посочувствовать на ее недобросовестность и посочувствовать ее клиентам.

Модель тренажерная

Мы решили заказать тренажер для одной большой установки. Объявили тендер, собрали предложения. Все тренажеры примерно одинаковые: тут мультипликация с музыкой, там изображения, как в кино: видно, как операторы к задвижкам бегают... Короче, у всех все красиво. Выбрали подешевле. Все, вроде бы, нормально установили, только операторам не нравится, говорят, на их установку не очень похоже...

Дешевле не всегда означает "лучше". Нужно разобратся, что именно не нравится операторам. Маловероятно, чтобы проблема была в интерфейсе. Благодаря современным средствам компьютерной графики даже новички в "тренажеростроении" ухитряются сделать сравнительно неплохой интерфейс – со всеми возможными мультимедийными эффектами. Есть пословица: по одежке встречают – по уму провожают. Интерфейс – это "одежка", по которой "встречают" тренажер. Если бы интерфейс сразу не понравился, скорее всего, Вы бы этот тренажер просто не купили. А "ум" тренажера – это заложенная в него *модель установки*, и проблема скорее всего именно в ней. Понять, хороша ли модель, которую Вам предлагают, сразу непросто, чтобы выявить все

ее достоинства и недостатки требуется время. Во всяком случае, вот несколько признаков, наличие которых необходимо для хорошей модели.

- Вся установка (или, по крайней мере, вся основная технологическая цепочка) должна быть охвачена *одной моделью*. Предположим, на Вашей установке имеются две последовательные дистилляционные колонны. Если тренажер состоит из двух моделей, каждая – для одной колонны, то Вы, конечно, можете утешать себя мыслью, что купили два тренажера. На самом же деле – ни одного, ибо ценность такого тренажера близка к нулю. Если оператор что-то сделает на первой колонне, то на второй это никак не отразится, поскольку модели независимы и данными между собой не обмениваются. Но на реальной установке все не так: работа второй колонны очень даже зависит от работы первой!

- Модель должна обладать правдоподобными динамическими свойствами. Допустим, на установке температура растет на 10 °С за 10 мин. Если в тренажере она растет на 10 °С за 15 мин, то модель не идеальна, но приемлема. Если не за 15 мин, а за 30, то модель скорее плохая, чем хорошая. А если вообще не растет, а падает, то за такой тренажер опасно сажать оператора – у него выработаются ложные представления об объекте, которые он (не приведи Бог!) может попытаться претворить в жизнь с риском для окружающих.

- Модель должна адекватно отражать работу установки в широком диапазоне технологических режимов и ситуаций, в том числе предаварийных и аварийных. Если, например, модель хорошо описывает установку вблизи нормального режима, но не пригодна для отработки процедуры пуска, то от нее мало толку.

– О –

**Окупаемость тренажера – см. Срок окупаемости
Организация обучения**

Первое время после установки тренажера, процесс обучения шел резво. Но постепенно все как-то стихло... Начальникам установок некогда, операторы сами не приходят, а если и приходят, то не знают что делать... Видно зря мы на тренажер деньги тратили.

Нет, не зря. Скорее всего проблема – в организации процесса обучения, точнее в ее отсутствии. Вам нужен *нормативный документ*, в котором будет четко указано, какие цели преследует компьютерный тренинг, с какой частотой он проводится, кто его организует и поддерживает, кто и в какой степени отвечает за составление графика занятий и их проведение, техническую и методическую поддержку, аттестацию операторов по результатам тренинга, ведение архива. Утвержденный руководством Вашего предприятия, этот документ (назовем его, например, "*Положение о компьютерном тренинге*") получит силу приказа и станет обязательным для выполнения. Тогда процесс обучения возобновится, если, конечно, он изначально был "поставлен" методически правильно и если сам тренажер сделан как следует...

Оценивание успеваемости

Нет учения без оценок! Тренажер должен выставлять оценки операторам по результатам тренинга.

Оценки операторам выставляет не тренажер, а жизнь! Результаты тренинга должны выражаться в снижении аварийности и ведении процессов с меньшими потерями, а не в количестве набранных баллов. Допустим, два оператора отработали на тренажере упражнение "Пуск установки". Один пустил за 3 ч 10 мин, а другой – за 3 ч 20 мин. При этом у первого оператора 3 раза сработала сигнализация, а у второго – 2. Вопрос: какой из них заслуживает лучшей оценки? Ответ: неизвестно. Оценивание действий оператора при отработке сложных процедур – непростая, многокритериальная задача. Оснащать тренажер инструментами аттестации и оценивания нужно крайне осторожно. Обычно занятия на тренажере повышают интерес и мотивированность операторов. Если же средства оценивания примитивно сконструированы или плохо настроены, то у оператора может выработаться недоверие к ним и к тренингу в целом, он будет считать, что компьютер его "обижает" и "недооценивает". В результате занятия дадут обратный эффект. В то же время, определенные элементы количественного оценивания действий оператора, например, средства экономического анализа, иногда бывают полезны. Все дело в назначении и специфике каждого конкретного тренажера.

– П –

Панацея от ошибок?

Наши операторы прошли курс тренажерной подготовки. На работе некоторых из них это явно не сказалось... Видно тренажер – не такая уж замечательная штука...

Никто и не говорит, что тренажер – это панацея от всех ошибок операторов. Вот еще одно наблюдение патриарха компьютерного тренинга (о нем см. **Боеготовность операторов**): "Есть операторы "от Бога" – они безо всякого тренажера знают и понимают объект и "инстинктивно" чувствуют, что, когда и как нужно делать. Таких примерно 15%. Им тренажеры не нужны. Есть операторы "неспособные" – они просто занялись в жизни не своим делом. Им никакой тренажер не поможет. Таких тоже примерно 15%. А для остальных 70% мы и трудимся..."

См. также: **Возможности компьютерного тренинга и Боеготовность операторов**

Пасадена – см. Этого могло не случиться

Повторение – мать учения?

Оператор продемонстрировал плохие результаты обучения на тренажере – значит повторим весь процесс снова. Опять плохо – пусть еще тренируется! Повторение – мать учения!

Далеко не всегда! Можно упорно "вдалбливать" в ученика неправильные навыки до тех пор, пока они не будут доведены до автоматизма. Печальные послед-

ствия такого "обучения" проявятся на установке, например, когда оператор побежит искать задвижку там, где ее никогда не было. Если у оператора что-то не получается на тренажере, то нужно сначала попытаться выяснить, в чем причина. Вот некоторые варианты:

– оператор "неспособен" к работе на тренажере (например, в силу отсутствия минимальной компьютерной грамотности), а не на установке. В некоторых случаях ему нужно просто помочь быстрее освоить компьютер;

– оператор привык к щиту и с трудом осваивает интерфейс РСУ, имитируемый в тренажере. Здесь нужны время и терпение;

– если неудовлетворительные результаты тренинга носят достаточно "массовый" характер, то, возможно, тренажерная модель ТП не вполне отражает реальность и не согласуется с представлениями операторов об установке (если операторы – не только что набранные новички, которые до сих пор установку не видели). В этом случае требуется помощь разработчиков тренажера;

– проблемы в методике обучения. Навык управления технологической установкой состоит из множества "элементарных" навыков (умение определить причину отклонения процесса от нормы, умение спрогнозировать последствия тех или иных событий, умение выбрать значимые параметры для контроля развития нештатной ситуации, умение быстро принять правильное решение о коррекции такой ситуации и т. д.). Нужно попытаться понять, какой из этих навыков "хромает" и сосредоточиться на отработке именно его. А отработав, можно попытаться объединить его с другими.

"Положение о компьютерном тренинге" – см. Организация обучения

– С –

Срок окупаемости

Оценить экономическую эффективность от внедрения компьютерного тренажера невозможно. Все говорят о снижении аварийности благодаря компьютерному тренингу. Допустим, тренажер купили, и потом за 5 лет – ни одной аварии. А может, их бы и без тренажера не было. Значит, экономический эффект от внедрения тренажера равен нулю.

Экономический эффект от таких проектов оценивают не по отдельным событиям, а на основе отраслевой статистики аварий и аварийных инцидентов (см. **Аварийность и ошибки операторов**). Например, в одном из таких исследований показано, что если приобретение комплекта тренажерных моделей для основных установок нефтеперерабатывающего завода позволит избежать хотя бы одного аварийного инцидента по вине оператора из каждых трех, то срок окупаемости всего тренажерного комплекса составит приблизительно 1 год.

Статистика аварий – см. Аварийность и ошибки операторов

Стоимость тренажера – см. Дорогой или дешевый?

– Т –

Тренажерная модель – см. Модель тренажерная
Тренажеры и другие компьютерные средства обучения –
см. Архитектура компьютерного тренажера

– У –

Устройство компьютерного тренажера – см. Архитектура
компьютерного тренажера

– Ф –

Фирма иностранная

Компания выделила нам средства на приобретение тренажера. Их достаточно, чтобы купить тренажер у известного, "проверенного" западного производителя.

Западных производителей компьютерных тренажеров для химической технологии, имеющих многолетний опыт в этой области, не так много, их тренажеры надежны и качественны, но стоимость этих продуктов в среднем раз в 5 выше, чем у отечественных при сопоставимых характеристиках. Иностранный специализированный тренажер крупной технологической установки может стоить 1 млн. долл. и выше. Но главное даже не в этом. Специалисты фирмы тренажер сделают, установят, проверят, покажут как пользоваться...

и уедут. И что с ним делать дальше? Кто позаботится о сопровождении, разработке методик обучения, подготовке инструкторов, модернизации? Во всяком случае, в текущий бюджет Вам придется заложить немалые суммы на оплату услуг иностранных консультантов (долларов по 200 в час плюс командировочные расходы), переводчиков и т. д.

– Э –

Экономическая эффективность – см. Срок окупаемости
Этого могло не случиться

Понятно, что летчика, космонавта, судоводителя без тренажера не подготовишь. А на технологических установках он зачем? Ну у атомщиков понятно – там ошибка оператора известно к чему может привести... Нет, у нас – не так...

Увы, и в нашей отрасли ошибки оператора приводят порой к весьма разрушительным последствиям. ...23 октября 1989 г. из-за ошибки оператора установки полиэтилена низкого давления в г. Пасадена (США) произошла авария, которая обошлась в 715 млн. долл. США лишь прямых потерь. Скорбный список крупных аварий можно продолжить...

См. также: **Аварийность и ошибки операторов**

*Кнеллер Дмитрий Владимирович – канд. техн. наук, ст. научн. сотрудник
 Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. Контактный телефон (095) 334-87-71.*

СЕМЕЙСТВО ТРЕНАЖЕРОВ АМТ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ НЕФТЕ-ГАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ

М.В. Смирнов, А.А. Шибяев, И.Л. Шраго, Л.Г. Шраго
(ЗАО "Автоматизация Мониторинга Технологий")

Описывается опыт ЗАО "АМТ" в разработке и изготовлении многопрофильных тренажеров для обучения специалистов в нефте-газодобывающей отрасли.

Успешность выполнения современных технологий проводки и эксплуатации скважин, особенно в сложных условиях, определяется квалификацией, уровнем подготовки буровых, ремонтных и эксплуатационных бригад, в том числе и инженерного состава. Стоимость ликвидации последствий ошибочных действий персонала повышает значимость обучения и предъявляет к нему повышенные требования. Персонал должен отработать множество различных ситуаций, из которых складываются реальные ТП.

Обучение должно:

- быть конкретным – не допускать возникновения ни одного неосознанного навыка;
- быть многократным – закрепляющим на психомоторном уровне *чувство скважины* и реакции на изменение ее состояния;
- обеспечивать возможность анализа действий обучаемого по результатам выполнения учебного задания;
- позволить в безопасной, контролируемой обстановке многократно отработать диагностику нештатных ситуаций и методы их ликвидации.

Применение в процессе обучения средств компьютерного моделирования состояний скважины, инструмента и оборудования, наравне с макетированием этого оборудования, удовлетворяет всем перечисленным требованиям и выводит обучение персонала на качественно новый уровень по срокам и эффективности.

Осознание необходимости создания подобных учебных программно-аппаратных комплексов сформировалось в 80-х гг. XX века на фоне информации о достоинствах и недостатках аналогичных систем от западных производителей (Digitran и Simdrill). В течение двух лет ведущие специалисты СПКБ БА (так называлась организация, где сформировался костяк ЗАО "АМТ") занимались разработкой концепции тренажера в целом, математических моделей ТП проводки скважины, цементирования и борьбы с нефте-газопроявлениями, а также формированием концепции макетов пультов и постов, удовлетворяющих большинство потенциальных потребителей при всем их многообразии. Работа велась в условиях многочисленных контактов с заинтересованными организациями.