

## ДИАГНОСТ: АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ТРЕНИНГА ЭФФЕКТИВНЫХ СТРАТЕГИЙ ПРИНЯТИЯ ОПЕРАТОРСКИХ РЕШЕНИЙ

В.М. Дозорцев (ИПУ РАН)

*Компьютерный тренинг операторов ТП все больше востребован в практике подготовки персонала, однако используемые методики обучения не всегда учитывают специфику и потенциальные возможности современных информационных технологий. В статье показана необходимость применения специальных приемов тренинга для выработки эффективных навыков управления ТП. Представлена автоматизированная система обучения ДИАГНОСТ, реализующая методики активного формирования и закрепления операторских навыков. Приводятся результаты практического применения системы на предприятиях нефтепереработки. Статья ориентирована на разработчиков компьютерных тренажеров, работников служб подготовки персонала, специалистов в области принятия решений.*

### Введение

Последнее десятилетие характеризуется прорывом информационных технологий в области построения компьютерных систем тренинга профессиональных навыков оперативного персонала сложных ТП. В то же время наблюдается очевидный разрыв между чрезвычайно продвинутыми техническими компонентами тренажерных систем (высокоточными имитационными моделями ТП; гибкими пользовательскими интерфейсами; развитыми средствами компьютерного инструктирования) и доступными методиками компьютерного тренинга. Особенно это касается выработки эффективных стратегий принятия операторских решений.

Практика показывает, что тренажеры часто рассматриваются только как заместители реального объекта, который неудобно, опасно или дорого использовать для тренировки. Такой "пассивный" тренинг приводит к определенной консервации приемов управления, имеющихся у оператора. Если в нормальных условиях функционирования объекта это терпимо, то в нештатных, предаварийных и аварийных ситуациях (что составляет, может быть, самый важный раздел компьютерного обучения) без изменения существующих стратегий на более эффективные задачу управления ТП часто вообще не удается решить за приемлемое время.

В работе описывается автоматизированная обучающая система ДИАГНОСТ, реализующая специально разработанную методику формирования эффективных стратегий принятия решений, основанную на когнитивной модели формирования навыка диагностики причин отклонений ТП от нормы. Приводятся результаты практического использования системы.

**Компьютерный тренинг операторов ТП: от тренировки базовых навыков к формированию стратегий принятия решений**

### Состояние проблемы

Несмотря на сугубо технический характер компонентов компьютерных тренажерных систем, качество осуществляемого с их помощью тренинга определяется уровнем реализации задачи обучения, существо которой описывается в терминах когнитивного инжиниринга, педагогической психологии и близких им областей знаний. Необходимость стыковки этих когнитивных компонентов с техническим наполнением современных компьютерных тре-

нажеров и определяет трудности создания как качественных тренажерных систем, так и обоснованных методик компьютерного тренинга (КТ).

Используемый автором подход к построению методик КТ операторов опирается на следующие принципиальные положения:

- КТ представляет собой моделирование реальной деятельности оператора, в ходе которого происходит формирование его профессиональных навыков;
- в КТ воспроизводится когнитивный механизм формирования навыков;
- КТ предполагает наработку отдельных базовых навыков и их последующую интеграцию в комплексное умение управлять ТП.

Очевидно, что качество обучения и уровень переноса приобретенных навыков в практику определяются подобием модели операторской деятельности ее реальному прототипу, а качество отдельных компонентов тренажера представляется необходимым, но недостаточным условием успешности КТ в целом. В то же время, практика свидетельствует о сужении КТ до набора упражнений по ведению процесса в разнообразных состояниях. При всей важности такой возможности, это представляется отступлением от классических "докомпьютерных" методик, уже содержавших специальный тренинг обнаружения и диагностики нарушений [1].

Автором предложены и апробированы основы методики КТ, соответствующей механизму формирования операторских навыков, учитывающей специфику компьютерного обучения и реализующей следующие базовые позиции [2].

1) Профессиональные навыки оператора в совокупности представляют собой умение поддерживать динамическое постоянство (гомеостаз) управляемой системы за счет надежного и эффективного обнаружения, диагностирования и купирования последствий отклонений в ходе процесса.

2) Комплексное умение безопасного и эффективного управления ТП складывается и, следовательно, должно формироваться путем интегрирования нескольких базовых навыков, разнородных по содержанию ведущих когнитивных процессов и механизму переработки информации (навыки интеллектуального ориентирования, обнаружения отклонений, прогнозирования последствий вмешательств, генерации возможных причин отклонений, планирования и исполнения процедур управления).

3) Каждый из упомянутых базовых навыков реализуется в практической деятельности и приобретается в процессе обучения в форме системы с обратной связью, в которой в качестве задающего блока, объекта воздействий, блока сличения результата с желаемым состоянием и собственно регулятора выступают различные элементы моделируемой технической системы и мысленные конструкты оператора (концептуальная и оперативные модели ТП).

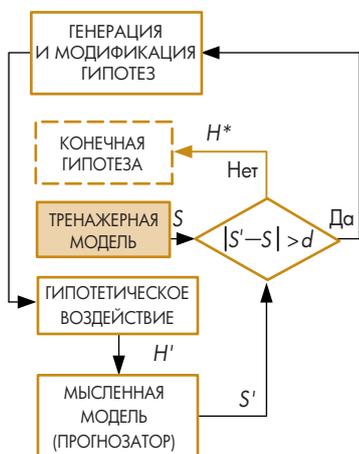


Рис. 1. Навык диагностики как система с обратной связью

Так, на ключевом этапе диагностики причин отклонений (рис. 1) в качестве задающего блока выступает тренажерная модель ТП, а в качестве объекта воздействий мысленная модель-прогнозатор, реакция которой ( $S'$ ) на гипотетическое воздействие ( $H'$ ) сравнивается в блоке сличения с симптоматикой тренажерной модели ( $S$ ). Если рассогласование между сигналами становится меньше заданного порога ( $d$ ), текущая гипотеза ( $H$ ) считается истинной причиной отклонений ( $H^*$ ); в противном случае – гипотеза модифицируется так, чтобы более точно отвечать наблюдаемым симптомам.

4) Основополагающий механизм диагностики причин отклонений базируется на двух навыках – прогнозировании последствий известных обучаемому вмешательства в ход ТП и генерации возможных причин, вызвавших наблюдаемые симптомы.

5) КТ должен охватывать тренировку по отдельным базовым навыкам и по комплексному умению, а также учитывать необходимость повышения внутренней мотивации обучаемого. Последнее достигается за счет специальной техники фиксации априорного прогноза, в которой предполагаемый обучаемым результат по всем стадиям принятия решений сначала фиксируется в специальных информационных формах, а затем проверяется путем моделирования последствий принятия решений на тренажере.

Электронная версия такой формы для навыка прогнозирования, представленная на рис. 2а, является элементом автоматизированной системы обучения АФОН (Автоматизированное Формирование Навыков принятия операторских решений). Она может быть получена на основе заранее известной матрицы инцидентности, строки которой соответствуют причинам отклонений, а столбцы – отдельным симптомам, т. е. возможным отклонениям значений технологических параметров от нормы. Задача оператора – указать, будут ли иметь место изменения (и – если да – то какие именно) в значении тех или иных параметров как следствие наступления задан-

ных нарушений в ходе ТП. Априорный прогноз для навыка генерации причин реализуется в информационной форме, представленной на рис. 2б. Здесь оператор выбирает причины, порождающие заранее известную симптоматику.

6) Лежащая в основе обеих методик матрица инцидентности легко порождается с помощью моделирования на тренажере. При этом используется симптоматика, соответствующая различным установившимся состояниям объекта (штатным и нештатным). Основной прием такого КТ сводится к предъявлению обучаемому конечных симптомов тех или иных нарушений. Предполагается, что имеющиеся у оператора представления о нормальном состоянии ТП позволяют ему сначала детектировать отклонения от нормы, а затем, используя процедуру генерации и проверки гипотез, устанавливать их причины.

Практическое использование описанного подхода на крупнейших российских нефтеперерабатывающих заводах показало его высокую эффективность. Удалось резко повысить качество обучения в сравнении с традиционным подходом, в котором нарабатывалось сразу комплексное умение управления объектом, а от обучаемого, погруженного в сложную ситуацию нарушения работы процесса, требовалось

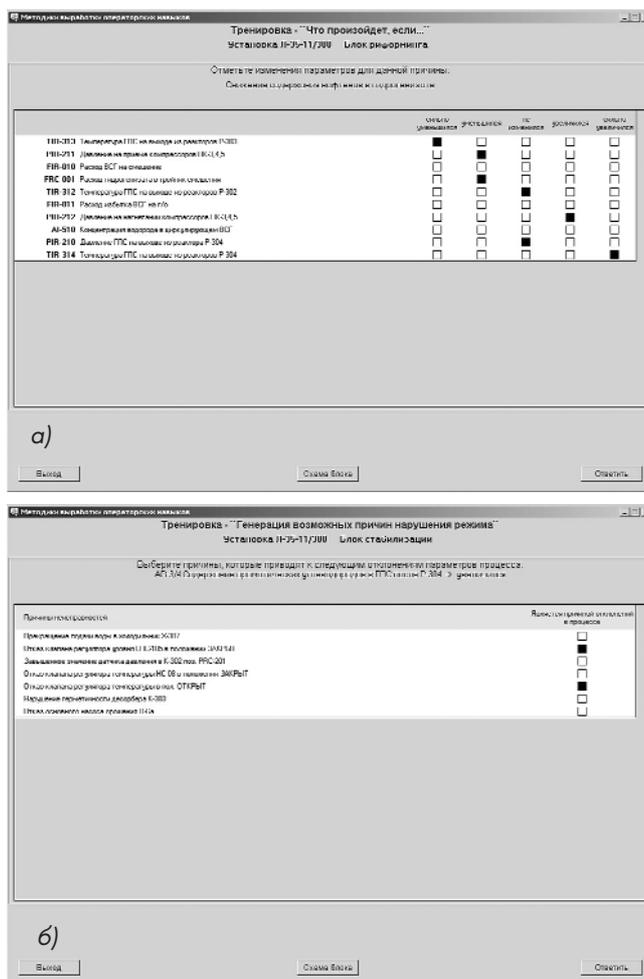


Рис. 2. Информационная форма навыка: а) прогнозирования, б) генерации причин

одновременно идентифицировать ситуацию и компенсировать нежелательные последствия.

В то же время, в данных методиках становление механизмов операторской деятельности остается пассивным, в том смысле, что первоначально имеющиеся у обучаемого стратегии управления таким тренингом не затрагиваются. Закрепив базовые навыки, оператор вынужден без надлежащей поддержки интегрировать их в общую когнитивную схему управления ТП посредством решения возникающих в ходе тренинга проблемных ситуаций. При этом отсутствует оперативная обратная связь относительно качества и эффективности совершаемых действий.

Нельзя не учитывать также, что упомянутые выше этапы принятия операторских решений протекают взаимосвязно, образуя единый комплекс предметных действий по обнаружению, диагностике и компенсации. При этом центральное звено решения – собственно определение причины отклонений – не может быть сведено к "слепому" перебору гипотез, а представляет собой целенаправленный механизм поиска. Эффективное умение найти исходную причину, конечно, не может быть сформировано без наличия развитых базовых навыков, но состоит именно в способности быстро и продуктивно модифицировать исходную гипотезу путем привлечения необходимой симптоматики. Назначение КТ на его завершающей, наиболее продвинутой стадии как раз и состоит в совершенствовании такого умения, т. е. в оптимизации стратегии операторских решений.

#### Когнитивная модель формирования навыка диагностики

Диагностика причин отклонения хода ТП от нормы традиционно привлекала внимание исследователей. Наиболее подробному анализу подвергались при этом так называемые *предписывающие* стратегии диагностики, в которых оператор действует по заранее заданной формальной схеме перебора вариантов как, например, в стратегии "деления неопределенности поровну" (*half-split strategy*) [3], или как в стратегиях, основанных на вероятности отказа или средней наработке на отказ [4]. В то же время в классической работе [5] устанавливается, что характер выбираемых оператором ментальных процедур определяется ограничениями на объем кратковременной памяти и объем умозаключений, резко снижающими возможность использовать формально эффективные предписывающие стратегии.

Как отмечалось ранее, диагностика невозможна без владения базовыми навыками прогнозирования и генерации причин неисправностей. Однако, очень хорошего оператора отличает от просто хорошего скорее не точность прогнозирования или богатство генерируемых причин, а умение эффективно изменять гипотезу под новые, появляющиеся симптомы. Очевидно, что методически обоснованный тренинг стратегий диагностики должен опираться на воспроизведение когнитивного механизма, явно содержащего функциональные элементы, ответственные за выбор стратегии. Такой механизм показан на рис. 3 и, в отличие от описанного выше (рис. 1), содержит развернутую процедуру модификации гипотез путем последовательного целенаправленного выбора информационных запросов о текущем состоянии ТП.

На основании обнаруженных симптомов отклонения хода ТП от нормы оператор, прежде всего, решает, требует ли полученная на текущий момент совокупность таких симптомов немедленной (пусть частичной) компенсации, или ситуация позволяет заняться дальнейшей диагностикой. В последнем случае сначала формируется множество гипотез, непротиворечащих наблюдаемым симптомам ( $H''$ ). Аналогично принципиальной схеме (рис. 1) оператор генерирует различные гипотезы ( $H'$ ), прогнозирует с помощью мысленной модели реакцию процесса на гипотетические воздействия ( $S'$ ) и сравнивает ее с имеющейся симптоматикой ( $S$ ); если разница не превышает заданного порога ( $d$ ), гипотеза считается допустимой, в противном случае – отбрасывается. Затем, если только множество непротиворечивых гипотез не состоит из единственной причины (тогда она объявляется конечной и оператор приступает к стадии компенсации отклонений), наступает решающая фаза диагностики – модификация множества гипотез, представляющая

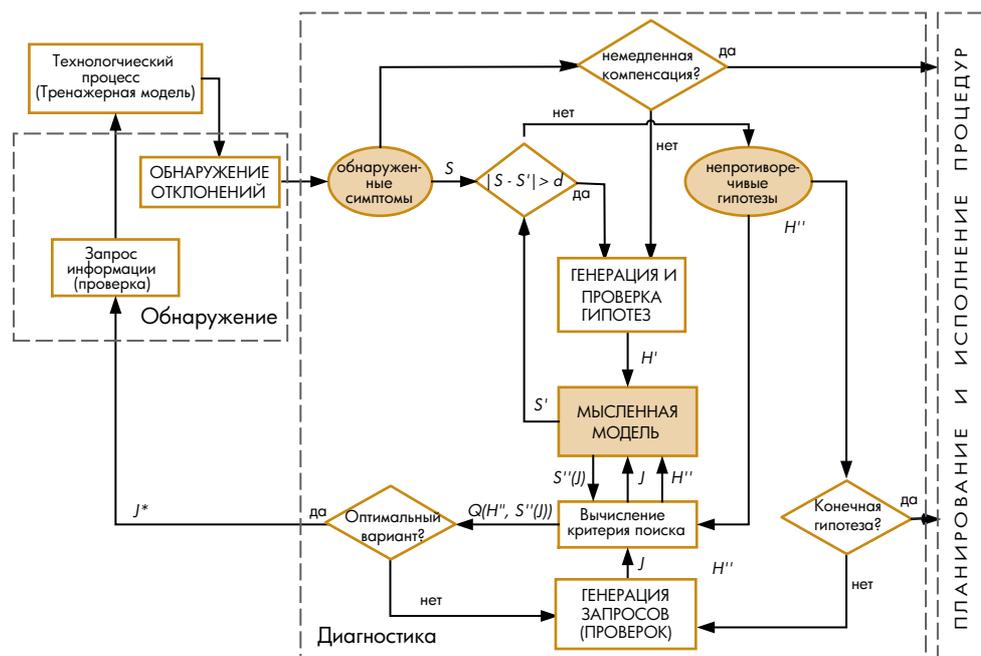


Рис.3. Когнитивная модель формирования навыка диагностики

собой, по сути, выбор дополнительного запроса информации<sup>1</sup>, оптимальный с точки зрения достижения цели диагностики. Для этого оператор:

- генерирует текущие варианты запросов (проверок)  $J$ ,
- оценивает их по некоторому критерию  $Q(H'', S''(J))$ , значение которого зависит от прогнозируемого с помощью мысленной модели состояния  $S''(J)$  текущего  $J$ -ого симптома на множестве непротиворечивых гипотез  $\{H''\}$ ,
- выбирает оптимальный вариант запроса  $J^*$ , реализуемый на технологическом объекте (или – в случае КТ – на тренажерной модели).

Вопрос о критериях оптимальности операторского выбора представляет самостоятельный интерес и не является предметом настоящего обсуждения. Отметим, однако, что как поиск делением неопределенности поровну, так и поиск по минимуму среднего времени проверки гипотезы в силу недопустимой нагрузки на оператора нереализуемы без специальной информационной поддержки принятия решений [6]. Ниже описываются методики КТ, учитывающие описанный когнитивный механизм диагностики и обеспечивающие оператору такую поддержку.

#### Активные методики формирования стратегий диагностики

Сложности реализации полноценного тренинга эффективных стратегий диагностики, очевидно, связаны с необходимостью разрешить три следующих проблемы:

- обеспечить богатую и доступную симптоматику неисправностей (матрицу инцидентности), которая, с одной стороны, не требовала бы (по соображениям дороговизны и безопасности) функционирования реальных технических объектов в потенциально опасных режимах, а с другой – не ограничивалась только экспертными оценками специалистов (не всегда бесспорными и трудно пополняемыми);
- гарантировать положительный перенос получаемых навыков за счет обеспечения адекватности предлагаемой операторам симптоматики и воспроизведения в тренинге механизмов формирования навыков;
- мотивировать оператора на совершенствование стратегии поиска.

Предлагаемое нами решение конкретизируется в трех методиках, основанных на следующих исходных предпосылках:

- оператору ставится задача отыскать заранее назначенную ("загаданную") причину (для простоты – единственную) некоторого набора симптомов за минимально возможное число информационных запросов<sup>2</sup>;

<sup>1</sup> С методической точки зрения целесообразно отделять запрос информации (обычно это считывание показаний приборов на рабочем месте оператора) от проверки истинности причин, как правило, осуществляемых "по месту" и, следовательно, более трудоемких и затратных по времени.

<sup>2</sup> Дефицит информации в таком подходе приравнивается к дефициту времени на принятие решений, т.е. предполагается, что в сложной ситуации оператор может не успеть воспринять и/или переработать весь имеющийся объем информации.

– по результатам каждого запроса оператор может изменять набор возможных причин и проверяемых симптомов.

**А. Определение причины нарушений по конечным симптомам.** Матрица инцидентности, как и в случае пассивного тренинга, заполняется заранее; причем источником информации является прежде всего тренажерная модель, хотя могут привлекаться и эксперты-технолог, и данные наблюдений на реальном ТП.

**В. Определение причины нарушений по динамике развития ситуации.** Оператору предлагается симптоматика, относящаяся к состояниям ТП в последовательные дискретные моменты времени, например, разделенные 5 мин интервалами. При этом задача сводится к нескольким задачам поиска типа (А), причем на каждом 5 мин отрезке оператор может запросить ограниченное число симптомов. Неиспользованные на текущем шаге запросы накапливаются и могут реализовываться на следующих временных отрезках; однако возвращение к предыдущим состояниям не допускается. На каждом новом шаге симптоматика может меняться.

**С. Определение причины нарушений при возможной компенсации последствий.** Дальнейшее развитие методики активного тренинга приводит к необходимости допустить, что на практике оператор не обязан (а часто – и не может) пассивно следить за развитием аварийной ситуации и параллельно с поиском окончательной причины может предпринимать необходимые воздействия на ТП. Такой подход позволяет, кроме всего прочего, осуществлять одновременный тренинг диагностики и исполнения, отсутствие которого может привести на практике к серьезным ошибкам. Технически методика реализуется по типу (В), но на каждом временном интервале допустимы операторские воздействия на объект, которые могут привести к корректровке матрицы инцидентности.

#### Автоматизированная обучающая система ДИАГНОСТ

Предложенные методики реализованы в автоматизированной обучающей системе ДИАГНОСТ. Тренинг осуществляется в форме игры с оператором (рис. 4), в ходе которой система последовательно "загадывает"

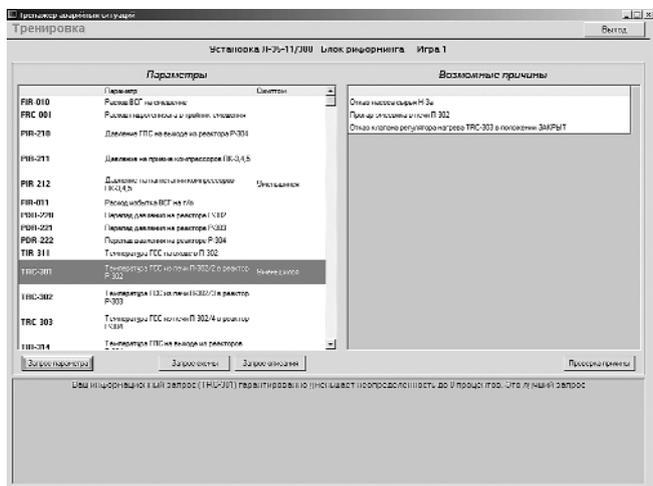


Рис. 4. Главный кадр системы ДИАГНОСТ

одну из причин отклонения и осуществляет так называемый "первоначальный вброс" (случайный или заранее определенный) – т. е. сообщает пользователю об изменении некоторого технологического параметра вследствие наступления загаданной причины. Задача оператора – отобрать причины, непротиворечащие уже имеющейся симптоматике (на первом шаге – начальному вбросу), сформировать гипотезу о возможной причине неисправностей и сформулировать следующий информационный запрос к системе.

В любой момент оператор может дать ответ, если посчитает, что правильно определил загаданную причину. В случае, если ответ верный, игра завершается, и оператору выдается оценка решения. При неверном ответе оператор получает уведомление об ошибке и может продолжить решение. Ответ может быть ошибочным в двух случаях: 1) либо уже проверенных симптомов недостаточно для однозначного определения нарушения ("мало информации"), 2) либо какой-нибудь из уже запрошенных параметров ведет себя иначе, чем в предполагаемой оператором причине ("ошибка оператора").

Оператор может пользоваться технологической схемой и описанием процесса. Для последующего анализа результатов тренинга в системе ведется протокол обучения, содержащий первоначальный вброс, все действия оператора (запросы симптомов, запросы схемы и описания процесса, выборы причин), а также оценку сделанного "хода". Также ведется учет времени, затраченного на каждый ход.

Оператор обеспечивается тремя видами оценки: *оценкой выбранной гипотезы; оценкой текущего информационного запроса* (по нескольким критериям оптимальности); *оценкой всей игры* (суммарная стоимость всех запросов и проверок гипотез в сравнении со стоимостью "оптимального" поиска).

Система **ДИАГНОСТ** реализована на СУБД Microsoft Access, позволяет легко редактировать существующие данные и вносить новые. С помощью системы **ДИАГНОСТ** могут автоматически порождаться как пассивные методики формирования базовых навыков, так и активные методики обучения по конечным симптомам (методика А) и по изменяющимся во времени симптомам (методика В). В последнем случае необходимо иметь не только матрицу конечного состояния, но и матрицы инцидентности в заданные промежутки времени, что при наличии тренажерной модели процесса не представляет принципиальной проблемы. Будучи соединенным с компьютерным тренажером, **ДИАГНОСТ** позволяет также реализовать активный тренинг с компенсацией (методика С).

#### Мотивационный аспект тренинга

Очевидно, что о положительном переносе навыка диагностирования нельзя говорить, если мотивационная структура деятельности оператора в тренинге не будет отражать его мотивацию при решении реальных задач поиска. Что же касается последней, то она определяется некоторым набором стрессовых факторов, испытываемых оператором в практической деятельности.

Можно выделить три типа стресса операторов ТП.

*Стресс оперирования в зоне опасных значений параметров ТП* нельзя смоделировать в КТ, поскольку он связан прежде всего с эмоциональными переживаниями опасности и ее последствий для жизни и здоровья оператора.

*Стресс ожидания потерь вследствие неисправной работы ТП.* Ощущение ответственности оператора за последствия, связанные с нарушениями работы ТП, может быть смоделировано путем вычисления общей цены игры, зависящей от качества решения задачи диагностики и изначально достаточно большой, чтобы оператору "было что терять".

*Стресс ограниченного времени на диагностику* представляет собой наиболее важный момент активации деятельности оператора, направленный не столько на мотивацию собственно решения, сколько на совершенствование способа диагностирования. В системе **ДИАГНОСТ** мотивационное подобие достигается путем замены дефицита времени на принятие решения дефицитом информации. Таким образом, правила "игры" направляют оператора на поиск такой последовательности информационных запросов, которая обеспечит наиболее короткий путь решения.

#### Опыт практического использования. Перспективы развития

**ДИАГНОСТ** опробован в лабораторных условиях (в роли обучаемых выступали разработчики тренажерных моделей, непричастные ни к созданию обучающей системы, ни к моделированию используемого при обучении ТП), а также в тренинге операторов технологических установок на крупных российских НПЗ в г. Перми и Ачинске. Опрос обучаемых и анализ протоколов тренинга, автоматически поддерживаемых системой, позволяет утверждать, что с увеличением числа игр: 1) ТП становится все более "изученным", о чем свидетельствуют уменьшение числа обращений к схемам и текстовым описаниям процесса; 2) снижается физическое время игры, поскольку оператор научается решать задачу диагностики; 3) и, главное, изменяется стратегия решения, что выражается в сведении практически "на нет" числа проверок ошибочных причин и в снижении числа необходимых для решения запросов симптомов.

#### Заключение

В тренинге навыка диагностики неисправностей ТП высококачественные тренажерные модели сами по себе не гарантируют оптимизацию стратегий поиска, а могут даже приводить к консервации неэффективных навыков. Предлагаемая, реализованная и опробованная новая парадигма такого тренинга состоит в моделировании с помощью тренажера богатой симптоматики нарушений, предлагаемой обучаемому для поиска породивших ее причин в игровой мотивационно-ориентированной автоматизированной системе обучения. Полученные результаты подтверждают возможность доступного (по цене и затратам времени) формирования, закрепления и шлифовки навыков эффективной диагностики.

## 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.