



ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ОБУЧЕНИИ ОПЕРАТОРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

В.М. Дозорцев (АО «Хоневелл»)

Рассматриваются особенности пользовательских интерфейсов в обучении операторов технологических процессов. Анализируются преимущества и уязвимости 3D-интерфейсов полевого оператора в компьютерных тренажерах. Излагается альтернативный подход к построению иммерсивных интерфейсов на основе технологии панорамных виртуальных туров. Приводится практический пример разработки панорамного интерфейса. Формулируются задачи будущих исследований.

Ключевые слова: виртуальная реальность, 3D анимация, компьютерные тренажеры для обучения операторов, консольный и полевой операторы, операторский интерфейс, погружение, иммерсивные интерфейсы, виртуальные туры, панорамный интерфейс.

Введение

Повышение уровня подготовки оперативного персонала технологических процессов (ТП) — важнейший вызов современного производства, чему есть несколько основательных причин.

- Производство постоянно усложняется; для снижения рисков (в том числе влияние человеческого фактора) строятся все более сложные системы управления и защиты, что, в свою очередь, повышает риски. Вырваться из этого замкнутого круга, охарактеризованного британской исследовательницей Л. Бэйнбридж как «ирония автоматизации» [1], можно только воздействуя на ключевое звено цепочки — кардинально усилить обучение персонала.

- Описанное выше происходит на фоне все более заметной дисквалификации персонала, вызванной демографическим кризисом, вынесением нового производства в регионы с невысоким уровнем подготовки операторов, снижением качества специального профессионального образования (особенно характерно для России и стран СНГ), убыванием престижа операторской профессии.

- Меняются общественные установки: работодатели ощущают большую ответственность не только за экономику, но и за жизнь, здоровье и социальное благополучие работников, состояние окружающей среды, что напрямую зависит от уровня подготовки операторов.

Компьютерные тренажеры (КТ) — незаменимое средство обучения, позволяющее развить навыки и умения оперативного персонала безопасно и эффективно управлять ТП, а также поддерживать его высокую «боеготовность» к работе в нештатных и аварийных ситуациях. Важно при этом, что тренинг про-

исходит в моделируемой среде без риска для людей, производственных активов и экологии. Тренажеры для операторов ТП чрезвычайно распространены: в ключевых отраслях промышленности их использование либо рекомендовано авторитетными организациями, либо явно предусмотрено законом. В России тренинг оперативного персонала ТП строго предписан Ростехнадзором; ни одно крупное строительство или модернизация в российском нефтяном комплексе не обходятся без тренажерного проекта. Годовой мировой оборот этого бизнеса только в классе производств химико-технологического типа приближается к 700 млн. долл. США, что соответствует примерно полутысяче крупных тренажерных проектов в год. При этом окупаемость тренажеров с лихвой достигается только за счет снижения потерь от аварий вследствие некачественного управления операторов, не говоря уже об ущербе от снижения качества продукции и незапланированных простоев производства [2]¹.

Крупнейшие производители направляют серьезные ресурсы в исследования и разработки в области тренажеростроения. Наука о тренажерах — типичный пример постнеклассической науки [3], в которой помимо синтеза базовых технических и гуманитарных составляющих (имитационное моделирование, вычислительная математика, теория автоматического регулирования, автоматизированное инструктирование, пользовательские интерфейсы, инженерная психология) на передний план выходит человеческое измерение. Действительно, трудно найти более «человеческую» технологию, чем КТ: они создаются людьми-экспертами в широком диапазоне технических и гуманитарных знаний, с их помощью люди-инструкторы обучают людей-операторов, а критерии

¹ Для среднего по объему переработки НПЗ ежегодные аварийные риски от некачественного операторского управления оцениваются в 5 млн. долл. США. Сравнимы с этим вызванные теми же факторами потери от снижения качества продукции. Для покрытия стоимости КТ основных технологических установок НПЗ в современных российских условиях достаточно снижения риска аварий и аварийных инцидентов всего на 6...9% [2].

Сейчас мы можем сказать, что учиться — это непрекращаемый процесс, когда ты держишься рядом с изменениями. И самое сложное задание — это научить людей учиться.

Питер Друкер

их пригодности определяются и проверяются людьми (экспертами-технологами).

Состоящие из сугубо технических элементов КТ не сводятся к их механическому объединению. Поскольку цель тренинга — приобретение и закрепление операторами навыков управления ТП, критерий качества тренажеров не ограничивается качеством отдельных элементов, а определяется достижением положительного переноса полученных с их помощью навыков в рабочую практику. Указанный перенос обусловлен уровнем подобия (физическим и психологическим) деятельности оператора в компьютерном тренинге и в реальной работе. В свою очередь, такое подобие рассматривается с позиций принятия операторских решений и требований к процессам получения, представления и переработки необходимой для этого информации (по составу, объему, динамике, последовательности предъявления и пр.) [4].

За почти полвека своей истории КТ претерпевали принципиальные изменения, определяемые возрастающими требованиями производителей и развитием соответствующих технологий, прежде всего, информационных. В последние годы это особенно живо коснулось повсеместно востребованных технологий виртуальной реальности (VR). Каждая десятая ссылка на VR в глобальной сети (порядка 20 млн. из двухсот млн.) относится к промышленности; из них 3.5 млн. ссылок посвящено применению VR именно в тренинге операторов. Совокупный рынок VR оценивается на сегодня в 250 млрд. долл. США в год, при этом к 2020 г. ежегодная прибыль производителей вырастет до 13 млрд. долл. США, а к 2025 г. — до 35 млрд. долл. США. На долю образования приходится ~5% общих продаж (для сравнения компьютерные игры собирают 40%), причем потенциальная аудитория пользователей продуктов VR в образовании только в развитых странах насчитывает 200 млн. человек, а прибыль производителей в этом сегменте вырастет к 2025 г. до 700 млн. долл. США (<https://vc.ru/p/vr-use>).

Важно подчеркнуть, что число ссылок на VR в секторе B2C (бизнес для потребителя) значительно больше, чем в секторе B2B (бизнес для бизнеса) — один к пятнадцати. Другими словами, инструменты VR значительно активнее задействованы на потребительском рынке, хотя их применение в промышленной сфере впечатляюще, особенно в проектировании ТП и тренинге персонала, которые существенно изменяются под влиянием VR.

Очевидно, однако, что практическое внедрение новых инструментов VR заметно опережает теоретическое осмысление изменений, привносимых ими в профессиональную деятельность пользователей. Такая ситуация нетерпима в столь потенциально опасных областях, как управление промышленными объектами и особенно тренинг их оперативного персонала. Настоящая работа имеет целью заполнить такой пробел в отношении систем компьютерного обучения операторов. Вначале анализируются задача обучения полевых операторов ТП и требования к их пользовательским интерфейсам. Затем исследуется понятие погружения (immersion), основополагающее для воспроизведения рабочего места оператора методами VR; рассматриваются преимущества и недостатки 3D-анимационных операторских интерфейсов. Далее излагается альтернатива анимационным интерфейсам, так называемые фотопанорамы на основе виртуальных туров. Описывается практический пример панорамного операторского интерфейса. В заключение оцениваются перспективы развития предложенного подхода.

Требования к интерфейсу полевого оператора в КТ

В управлении ТП заняты два типа операторов: консольные (то есть операторы микропроцессорной распределенной системы управления — РСУ) и полевые (осуществляющие управление «по месту»). С интерфейсами консольного оператора в тренажерах не возникает принципиальных проблем. Информация, необходимая ему для управления, полностью инструментальная, исключая визуальное воспроизведение технологической площадки и имитацию кинестетических стимулов (то есть ощущения относительного положения частей тела и их движения)². В современных КТ интерфейс консольного оператора может быть реализован практически на абсолютном уровне подобия; с интерфейсами полевого оператора дело обстоит сложнее.

Эта сложность определяется особенностями самой задачи полевого оператора, которые должны быть адекватно отражены в его пользовательском интерфейсе. Основная задача полевого оператора — взаимодействие с физическими устройствами, разбросанными по технологической площадке, что требует задействования разнообразных органов чувств: зрения, слуха, осязания, обоняния и интерпретации совокупности полученной сенсорной информации. Полевой оператор, инспектируя площадку и отслеживая неисправности «в поле», имеет дело с внешними факторами, часто выходящими из зоны его контроля: погодными, временем суток, условиями видимости, шумами, вибрацией, запахами, необходимостью работы на высоте (бывает выше 50 метров), в тяжелой защитной одежде и с защитным оборудованием.

В нештатных ситуациях, подготовка к которым и является целью тренинга полевого оператора, це-

² Именно отсутствие кинестетических стимулов принципиально отличает тренажеры для операторов ТП от тренажеров для операторов подвижных объектов [2].

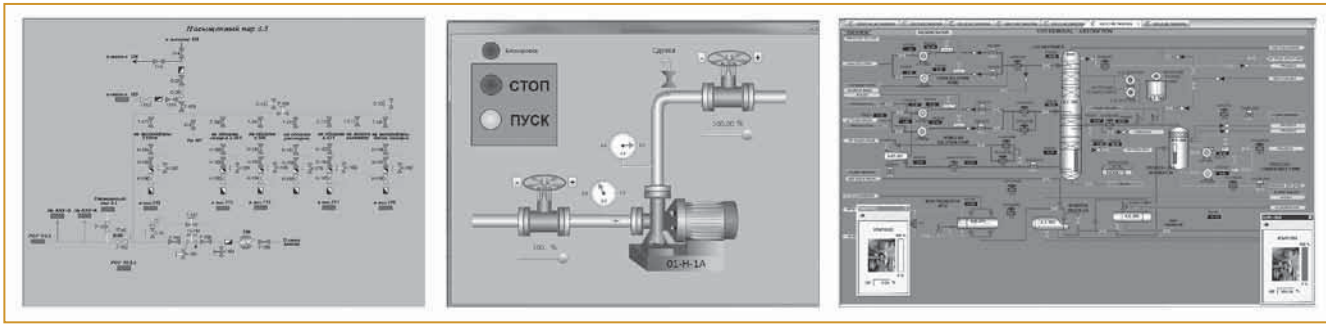


Рис. 1. Примеры традиционного 2D-интерфейса полевого оператора

лый ряд важных переменных могут одновременно двигаться к небезопасным значениям. Задача полевого оператора (в кооперации с консольным) — используя всю имеющуюся информацию (удаленную и «по месту»), локализовать и свести к минимуму нежелательные последствия наступившей нештатной ситуации. И для этого ему (в отличие от консольного оператора) явно недостаточно стандартных 2D-интерфейсов, далеко не покрывающих упомянутую выше сенсорную информацию. Традиционный интерфейс полевого оператора схематичен, повторяет топологию ТП, принятую в РСУ, с добавлением дополнительного оборудования «по месту» (рис. 1). Конечно, в современных КТ выделяется отдельная станция полевого оператора, поскольку он не должен обладать информацией, доступной консольному оператору, и наоборот (такая лишняя информация чревата «ложным» навыком³).

Приходится признать, что на сегодня в компьютерном тренинге полевой оператор используется в роли статиста, подающего реплики основному актеру, тогда как эффективность его собственного тренинга остается весьма невысокой.

Интерес потенциальных пользователей к более продвинутым интерфейсам полевого оператора становится все заметней. Согласно прогнозу [5], доля таких систем увеличится с 6,4% в 2012 г. до 7,5% в 2017 г. (дополнительно на 22 млн. долл. США в год) при среднегодовом росте в 11,2 сложных процента против 7,5% роста в секторе традиционных интерфейсов.

Действительно, имитация операторской среды управления методами ВР предоставляет ряд существенных преимуществ [6]. Во-первых, в ВР-интерфейсах достигается несоизмеримо более высокий уровень подобия технологической обстановки (сравните с рис. 1, где такого подобия нет вообще или оно минимально). Во-вторых, появляется возможность воссоздать верную стимульную среду обучения (видеообразы, звуки, ощущения перемещения, пр.), что провоцирует естественное поведение обучаемого, важное для выработки и положительного переноса в практическую

деятельность приобретенных навыков управления. Наконец, ВР вводит в обучение принципиально необходимый субъективный фактор времени («временную стрелу»), ощущаемый оператором при выполнении последовательности производственных действий.

Очевидная в этой связи идея — использовать ВР-интерфейсы полевого оператора в первую очередь в форме 3D-анимации, а возможно и с элементами дополненной реальности⁴. Современные исследования констатируют даже не столько преимущества такого подхода, сколько принципиальную непригодность традиционных 2D-интерфейсов (<http://www.hfes-europe.org/wp-content/uploads/2014/06/Nazir.pdf>). Отмечается, что нереалистичность схематичного «плоского» интерфейса не позволяет полемому оператору переключаться с рационального уровня деятельности на эмоциональный, что существенно снижает ценность тренинга. К этому добавляется и потеря мотивации (так же, как это происходит в компьютерных играх, интерес к которым падает, когда реализма становится меньше). Согласимся с автором работы [7] в том, что подход к обучению консольных и полевых операторов должен различаться, поскольку различна реальность, в которой они действуют. Реальность консольного оператора глобальна (весь технологический объект), но схематична, искусственна, воспринимается через показания датчиков; реальность полевого оператора локальна (конкретные маршруты, отдельные аппараты, устройства управления), но аутентична и «осязаема», познаваема посредством органов чувств.

На рынке уже предлагаются решения по тренингу операторов в комплексной виртуальной среде (<http://software.schneider-electric.com>), даже приводятся экспериментальные обоснования полезности конкретных ВР-систем в сравнении с традиционными, основанными на 2D-интерфейсах (http://www.extreme-design.eu/doc/2016CRC_Space-safety-model.pdf). Однако на побочных эффектах 3D-анимации внимание не акцентируется, хотя они, очевидно, имеются.

3D-анимационные интерфейсы сами по себе не хороши и не плохи; это определяется особенностями

³ Любой тренинг — выработка навыка (автоматизированного действия), который должен быть перенесен в реальную деятельность. Автоматизация неверного действия («ложный» навык) гораздо опаснее отсутствия всякого навыка, поскольку может на практике привести к автоматическому воспроизведению неверных действий.

⁴ Дополненная или расширенная реальность — введение в поле восприятия специальных сенсорных данных в целях дополнения сведений об окружении и облегчения усвоения информации.

ми компьютерного тренинга в конкретной предметной деятельности. Основные задачи обучения (понимание, осмысление, способность к реагированию, распределение внимания, ментальное (мысленное) моделирование, продуктивность, надежность, безопасность, приверженность коллективу обучаемых [8]) по-разному решаются в разнообразных тренажерных системах. И, следовательно, применимость 3D-анимации всякий раз необходимо обосновывать (в том числе, экспериментально). Такого рода исследований для операторов в промышленности очень мало (в отличие от медицины, авиации, автовождения, механических систем, военного дела). Очевидно, отличие задействуемых оператором когнитивных ресурсов, образцов, временных реакций, особенно в нестандартных ситуациях.

В следующих разделах представлен более основательный подход к проблеме, учитывающий особенности задачи полевого оператора и вытекающие из них требования к его интерфейсу в КТ. При этом невозможно обойтись без анализа *погружения* как ключевого феномена воссоздания виртуальной рабочей среды любой природы.

Погружение как основа воспроизведения реальности в тренинге

По определению автора классической работы [9], погружение в виртуальную реальность — метафора, основанная на физическом опыте «погружения» в воду, чувстве окружения совершенно иной реальностью (как вода отличается от воздуха), которая завладевает нашим вниманием и всем аппаратом восприятия⁵. Это принципиальный, хотя и не всегда осознаваемый момент. Известный французский философ Ж. Бодрийяр трактует ВР как организованное пространство симулякров⁶ [10], фиксирующее

не столько сходство, сколько различие с реальностью. «Реалистичность вместо реальности» — вот принцип ВР, необыкновенно соответствующий постмодернистскому мироощущению нового века с его «тягой к непосредственному опыту, игровым началом, отказом от претензий на единое, точное, объективное описание мира» (<http://human.snauka.ru/2012/08/1593>). В этой связи трудно принять аргументы в пользу повсеместного использования ВР только на том основании, что она якобы идеально отражает первичную реальность. Как минимум, это бесспорное утверждение должно быть проанализировано и обосновано.

Погружение может быть объективным свойством системы (как при просмотре стереоскопического фильма) или субъективным состоянием пользователя [11]. В последнем случае оно возникает как отклик на виртуальное повествование (захваченность детективным сюжетом) или как ответ на вызовы, требующие использования интеллекта или сенсомоторных навыков (например, при необходимости действовать в виртуальной игровой среде). Очевидно, что в той или иной мере погружение присуще всем пользовательским интерфейсам. По [12], можно выделить:

- тактическое погружение — при выполнении локальных операций, требующих сноровки (например, исполнение стандартных процедур управления оборудованием);
- стратегическое погружение — более интеллектуальное, связанное с решением ментальных проблем (выбор правильного решения среди многих возможностей);
- нарративное (повествовательное) погружение — при глубоком проникновении в сценарий действий. Иногда выполнение сложной последовательности действий в условиях реально меняющейся обстановки способно серьезно захватить пользователя.

Исходя из задействованных при погружении психических механизмов, выделяют следующие типы погружения в ВР [13]:

- сенсорное — чувство попадания в трехмерную среду и интеллектуальное стимулирование ею;
- пространственное — ощущение размеров пространства и расстояния между объектами;
- эмоциональное — переживание эмоций, вызываемых включенностью в моделируемую ситуацию;
- психологическое — идентификация с подразумеваемым действующим субъектом; оно шире эмоционального, ограничивающегося, главным образом, реакцией на происходящее в интерфейсе.

Таблица. Элементы погружения в различных интерфейсах ПО

| Интерфейсы ПО | Статические | Динамические (анимация) | Динамические (фото) |
|---------------|--|-------------------------|--|
| 2D | Технологические схемы (возможно, с элементами анимации) - тактическое* - стратегическое - нарративное* | | Виртуальный тур на основе фотопанорамы - тактическое - стратегическое - нарративное* - сенсорное* - пространственное* - эмоциональное - психологическое |
| 3D | ВР на основе 3D-анимации - тактическое - стратегическое - нарративное* - сенсорное** - пространственное** - эмоциональное** - психологическое** | | |

⁵ В английском языке различают immersion как глубокую вовлеченность в какую-либо деятельность и submersion как «окувание» в иную физическую среду; в русском — в обоих случаях используется *погружение*.

⁶ Симулякры — знаки, не имеющие в реальности объектов, которые они «означают». Другими словами, симулякр — копия чего-то, что не существует в реальности (как Матрица в одноименном блокбастере, компьютерно воспроизводящая давно исчезнувший мир конца XX века). Главное свойство симулякра по Ж. Бодрийяру [10] — способность маскировать отсутствие настоящей реальности. При этом в сравнении с чем-то заведомо искусственным «привычная» среда симулякра кажется более «настоящей» — и в этом главная опасность.

Базовые элементы погружения уже присутствуют и будут все более востребованы в тренажерных интерфейсах полевого оператора. В таблице интерфейсы распределены по размерности (2D/3D) и типу отображения. Все варианты операторских интерфейсов интерактивны (это неотъемлемое свойство операторских интерфейсов как инструментов управления ТП). Двумерным статическим интерфейсам (с возможными фрагментами несложной анимации в форме барграфов показаний приборов, динамическими индикаторами состояния оборудования и пр.), по-видимому, присуще только стратегическое погружение: при случае оператор может «зажечься» решением сложной задачи управления «в поле». Именно таковы традиционные интерфейсы полевого оператора, вызывающие заслуженную критику разработчиков и пользователей. Поскольку среда и инструменты операторской деятельности (трубопроводы, насосы, компрессоры, ручные задвижки, отсекатели, пр.) отражены в 2D-интерфейсах только схематически, погрузиться с их помощью в тактические задачи управления «по месту» затруднительно. О более высоких типах погружения в этом случае говорить не приходится.

Интерфейсы, построенные на технологиях 3D-анимации, позволяют оператору погрузиться не только в стратегическое, но и в тактические операции в имитированной среде, ощутить свою деятельность на сенсорном, пространственном, эмоциональном и даже психологическом уровнях. Они, несомненно, расширяют возможности овладения предметом деятельности и навыками принятия решений. Во многих задачах обучения 3D-подход чрезвычайно продуктивен (дистанционное обучение, подготовка врачей, водителей, спортсменов, летчиков, космонавтов). Однако, как представляется, в задачах подготовки персонала к работе в потенциально опасных производственных условиях, то есть там, где необходимы надежные навыки навигации и манипулирования оборудованием в сложно организованной техногенной среде, к применению анимации следует относиться с осторожностью. К таким задачам, несомненно, принадлежит и тренинг полевых операторов ТП.

Мы находимся в мире, в котором все больше и больше информации и все меньше и меньше смысла.

Жан Бодрийяр

Определенные особенности анимационных технологий могут исказить операторское восприятие, что, как указывалось ранее, чревато выработкой ложного навыка. Прежде всего, абсолютная реалистичность и точность 3D-интерфейсов, по крайней мере, в случае КТ, спорна. Она вряд ли достижима даже не столько по соображениям стоимости, сколько в силу ограничений самого подхода. Ощущение искусственности воссоздаваемой среды всегда остается⁷.

Как результат, в 3D-анимации всегда присутствует психологическое ощущение игровой ситуации. Однако, придавая оператору дополнительную мотивацию, игровой момент снижает ответственность, абсолютно необходимую ему в реальной работе (ощущение «пяти жизней» точно не должно прививаться оператору по ходу тренинга).

Важен и стоимостной аспект: точность 3D-интерфейсов измеряется огромными затратами на разработку и впоследствии на поддержку систем. Принято считать, что стоимость полномасштабного анимационного интерфейса полевого оператора для средней по сложности технологической установки сопоставима со стоимостью самого тренажера, включая математическую модель процесса, интерфейс консольного оператора, рабочее место инструктора тренинга. Добавим к этому стоимость поддержки 3D-интерфейсов: любое изменение имитируемой реальности, во избежание ложного навыка, должно отражаться в интерфейсе.

Несмотря на вышеприведенные опасения, работы в области 3D-интерфейсов активно ведутся; у разных производителей КТ имеются собственные разработки; некоторые используют решения специализированных фирм. На рис. 2 дан пример такого решения.



Рис. 2. Пример 3D-интерфейса разработки фирмы VIRTUALIS (http://www.extreme-design.eu/doc/2016CRC_Space-safety-model.pdf)

⁷ По-видимому, это справедливо для всех типов анимации. Сила воздействия художественной мультипликации основана как раз на заданном создателями и принятом зрителями абстрагировании от воспроизводимой реальности. Мультипликаторы переводят повествование на метафорический язык, трудно достигаемый в игровом кино, но вряд ли претендуют на выработку у зрителя адекватного представления о воспроизводимой среде или предметной структуре действия. Не случайно при этом, что, в отличие от кино, у зрителя не возникает иллюзия существования пространства вне видимого экрана, а действие мультфильма воспринимается как воссоздаваемое в каждый момент заново, а не длящееся непрерывно.

Панорамные интерфейсы полевого оператора на базе виртуальных туров

Основанные на фотографиях реального объекта виртуальные туры (ВТ) — крайне эффективный инструмент маркетинга, создающий у зрителя «эффект присутствия», яркие, запоминающиеся образы, позволяющие передать наиболее полную информацию о товаре или услуге. Они широко распространены в Internet в картах-навигаторах, гидах по городам, музеям, достопримечательностям, активно применяются в электронных инструкциях. Качественный пример инструкции для Международной космической станции можно найти на сайте <http://www.esa.int> (поисковый запрос — International Space Station panoramic tour) (рис. 3, слева). Интересно отметить, что в ситуациях с меньшими требованиями к точности воспроизведения реальности (как, например, за пределами космической станции) хорошо работает 3D-анимация (рис. 3, справа).

В панорамном интерфейсе полевого оператора, построенном на базе ВТ, оператор, как и в любой ВР-среде, добирается до нужного оборудования «по месту» путем перемещения во всех доступных в данный момент направлениях трехмерного пространства с помощью нажатий на стрелки-указатели мыши. Управление нужным оборудованием «по месту» осуществляется путем выбора воздействий, доступных для данного прибора.

С позиций достижения эффекта погружения панорамному интерфейсу полевого оператора присущи следующие особенности (в сравнении, прежде всего, с 3D-анимацией).

- По сути это 3D-интерфейс, выполненный на основе 2D-отображений.
- Он не уступает анимации по тактическому, стратегическому и нарративному погружению. В *тактическом* погружении оба подхода используют элементы расширенной реальности (стационарные или всплывающие экраны с показаниями датчиков «по месту», например, манометров или мерных стекол; кнопок на панелях управления насосами или компрессорами; вентилями задвижек, пр.). *Стратегическое* погружение в обоих интерфейсах поддерживается трехмерно-

стью представления объекта и соотношением времени достижения цели с реальным расположением оборудования. В отличие от компьютерных игр, где *нарративное* погружение является ключевым параметром иммерсивности, оно нечасто возникает при управлении ТП. Выше уже обсуждалось, что свойственный глубокому нарративному погружению дополнительный азарт имеет своей оборотной стороной снижение ответственности.

• Каждый отдельный кадр панорамы двумерен, поэтому можно предположить, что сенсорное и пространственное погружение в панораме несколько ограничено в сравнении с 3D-анимацией. Понимание оператором, что он попадает в трехмерное пространство (то есть *сенсорное* погружение), присуще обоим типам интерфейсов, но в анимации оператор ощущает себя в искусственном игровом пространстве; панорамная же среда воспринимается как реальная. Что касается *пространственного* погружения, то мы из опыта знаем, что фотографическая информация позволяет сформировать вполне релевантный образ действительности: если фотографий достаточно, мы на их основе успешно распознаем взаиморасположение объектов и без труда сориентируемся на незнакомой местности; тем более, если фотографии объединены в непрерывную панораму. Далеко не факт, что это всегда достижимо в анимации, где возможны пространственные искажения; во всяком случае, избежать их можно только при очень тщательной и, следовательно, очень дорогой разработке. Также нет уверенности, что на основе отрисованного 3D-интерфейса удастся сориентироваться в незнакомой прежде среде. Вообразим максимально подробную анимацию городского квартала: удобно ли будет после ознакомления с ней прокладывать реальный маршрут? Помимо отвлекающей искусственности здесь отсутствуют реальные маркеры среды: неровности дороги, неидеальность стен, пр. Многие пользователи панорам с первых же занятий отмечают такие маркеры на площадке: заржавевшие участки эстакад, выщерблены в асфальте, характерные особенности оборудования. Продвинутые создатели анимационных интерфейсов пытаются такие маркеры ввести,

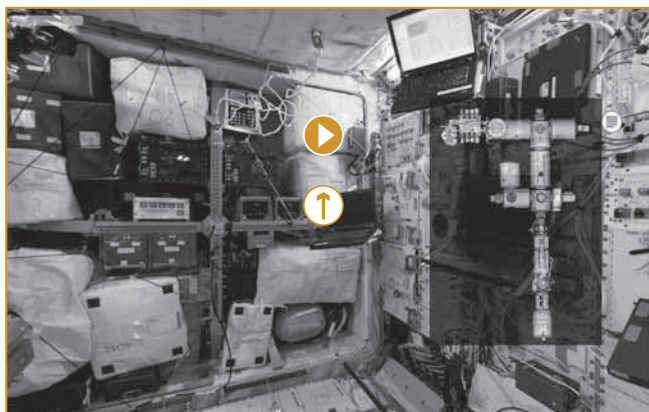


Рис. 3. Виртуальный тур по помещениям Международной космической станции (слева) и 3D-анимация обстановки за пределами станции (справа)

но это трудно сделать в рамках разумных бюджетов и ресурсов времени. Так, в анимационном интерфейсе разработки фирмы VIRTUALIS предусмотрены два типа вентилях задвижек — новый и давно используемый. Вряд ли этого достаточно.

• Не станем утверждать, что работа полевого оператора напрочь лишена сильных эмоций. Однако, если «плоский» интерфейс эмоционально практически закрыт, то и 3D-, и ВТ-подход представляют обу-

чаемому широкие возможности эмоционального реагирования (удастся ли разобраться в хитросплетении возможных перемещений, хватит ли физического времени добраться до цели, соответствует ли ожиданиям ситуация «по месту», пр.). В то же время сама по себе искусственность анимационного интерфейса может исказить переживание и даже стать источником дополнительных (и, скорее всего, отрицательных) эмоций, которые не повышают эффективность тренинга.

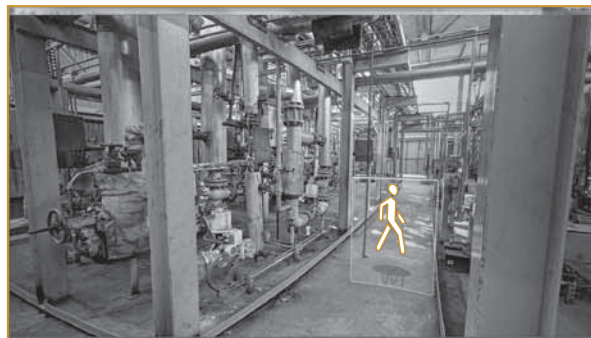
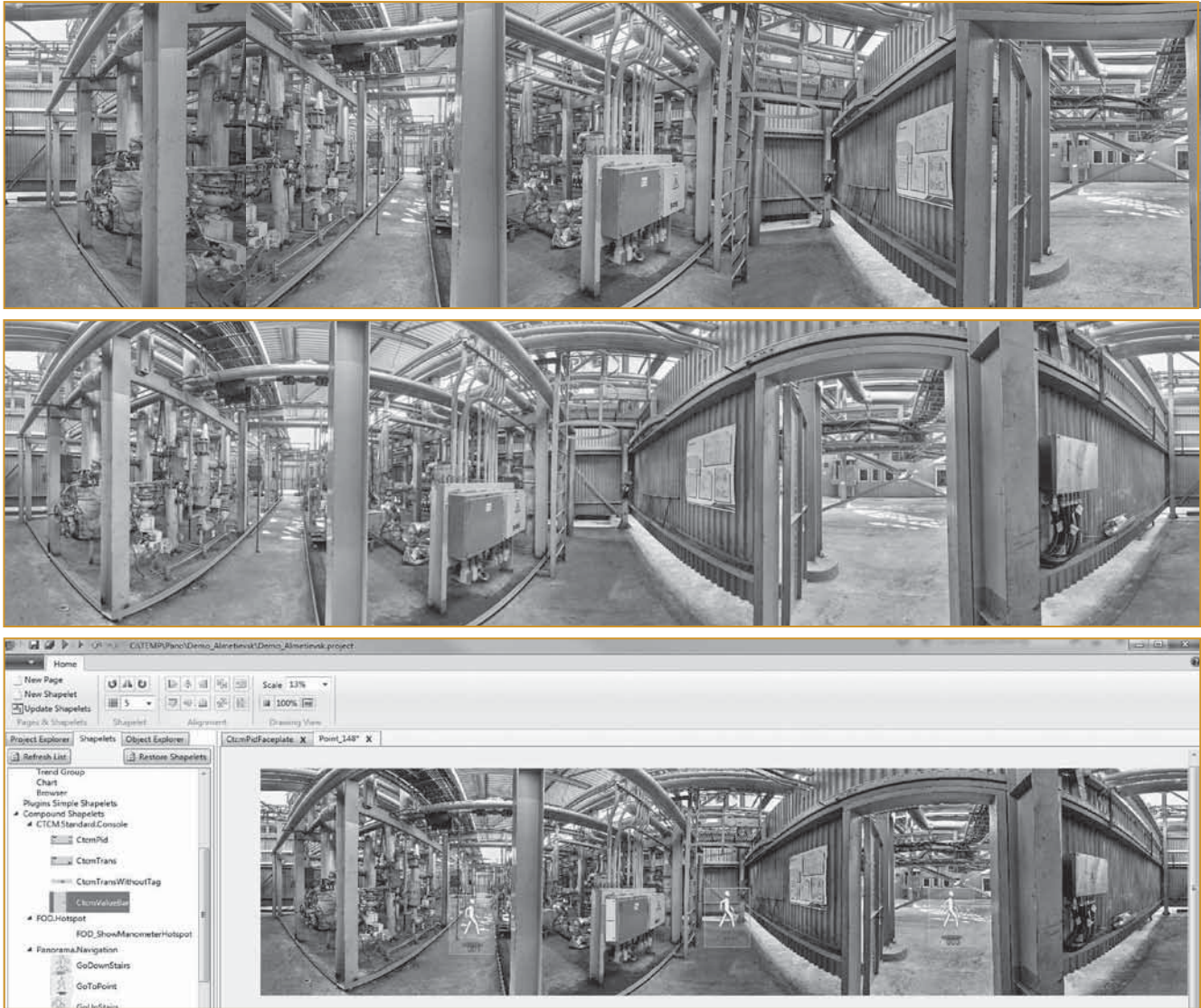


Рис. 4. Пример панорамного интерфейса разработки АО «Хоневелл»: снимки (первый ряд), панорама (второй ряд), редактор ЧМИ (третий ряд), экран оператора (внизу)

• Наконец, *психологическое* подобие (степень идентификации обучаемого с субъектом управления) формируется в анимации и в ВТ сходным путем. В обоих подходах используется управление от первого лица; формальная самоидентификация не представляет труда. Важно, тем не менее, кем ощущает себя успешно самоидентифицировавшийся полевой оператор — обучаемым на высокоточном тренажере или участником компьютерной игры?

Резюмируя сравнение подходов — в целом, панорамный интерфейс лишен искажений, свойственных анимации. Панорамная реальность неполна, но эта неполнота «реальна». В ней нет абстрагирования от контекста, установки на игру и следующего из нее снижения ответственности.

Многие специалисты по подготовке персонала предпочитают панораму анимации. Из персональной коммуникации известно, что один из них интуитивно уловил опасность изучения объекта с помощью 3D-анимации до того, как новичок «пройдет» объект реальными маршрутами. Без этого у него может сложиться яркое, но ложное представление о действительности. В случае панорамы респондент такой опасности или не видит вовсе, или оценивает ее как несоизмеримо меньшую.

Методы создания панорам многократно описаны. В реализованных нами проектах [14] в каждой точке фотокамерой выполняется серия снимков, каждый с поворотом по вертикальной оси на несколько градусов относительно предыдущего (рис. 4, первый ряд), и при необходимости еще один верхний снимок для получения замкнутой сферы. Затем с помощью одной из специальных программ (среди многих доступных на рынке) снимки объединяются в панораму (рис. 4, второй ряд). Панорама помещается в специально разработанный редактор ЧМИ. Здесь конфигурируются точки переходов внутри панорамы, а ее активные элементы привязываются к математической модели тренажера (рис. 4, третий ряд). Результирующий экран интерфейса полевого оператора показан на рис. 4, внизу.

Разработка панорамного интерфейса включает следующие этапы:

- определение объема и глубины моделирования ТП. Различные технологические узлы, исходя из целей обучения, моделируются с разной глубиной. Соответственно в разном объеме моделируется запорная арматура «по месту»;
- определение «местных» элементов управления;
- идентификация мест отбора проб и регулярного профилактического осмотра установки;
- съемка панорам на местности. В панораме присутствуют два типа точек: транзитные и содержащие оборудование, с которым оператор может взаимодействовать;
- сборка фотографий в панораму;
- конфигурирование переходов между кадрами;
- привязка оборудования на фотографиях к тренажерной модели.

Опыт уже выполненных и выполняющихся масштабных панорамных проектов приводит к следующим важным наблюдениям.

Панорамные интерфейсы практически всегда используют и отдельно от КТ для ознакомления операторов (как полевых, так и консольных) с установкой и для обучения навыку навигации. Для этого панорамный интерфейс должен быть достаточно полным: в нем необходимо отразить все разрешенные пути подхода к оборудованию. Также панорамы должны быть сферическими, а не цилиндрическими. Взгляд наверх нужен, чтобы проследить, например, откуда и куда идет трубопровод. Это необходимо для решения навигационных задач, особенно, учитывая, что информация о технологических коммуникациях (кроме критически важных) не хранится в памяти операторов-обходчиков.

Заключение

Внедрению ВР-технологий в обучение операторов ТП нет альтернативы; без них тренинг операторов нового поколения скоро станет вовсе невыполнимым. Достигаемые в ВР уровень подобия и глубина погружения недостижимы в традиционных интерфейсах. Следует, однако, учитывать технологические и психологические уязвимости анимационных ВР-интерфейсов, которые, по нашему мнению, вместе с их заоблачной стоимостью не позволяют выйти на оправданные по соотношению «цена/качество» решения.

Первые результаты разработки и внедрения альтернативных панорамных интерфейсов полевого оператора весьма обнадеживают. При несравнимо меньшей цене они не уступают дорогим анимационным, а по некоторым психологическим компонентам превосходят их. В то же время остается простор для дальнейших исследований. Среди прочего отметим следующее:

- необходимо разработать обоснованную когнитивную модель деятельности полевого оператора, на основе которой можно будет методически корректно определить содержание задачи обучения полевого оператора, и, следовательно, состав и структуру его интерфейса. В отличие от консольного оператора [4], эта тема для полевого оператора почти не разработана. Немногие существующие результаты [7] имеют фрагментарный характер;
- необходим компромисс в определении детальности панорамирования. Все включить в панораму невозможно, и сужения допустимых перемещений избежать нельзя; но навигационное поле должно быть достаточно полным;
- требуют дальнейшей проработки алгоритмы предварительной разметки пространства и конфигурирования панорамного интерфейса. Это позволит удешевить и ускорить разработку;
- эффективность панорамного интерфейса в сравнении с альтернативными решениями (2D и анимация) может быть состоятельно подтверждена только

в психологическом эксперименте. Его цели и структура принципиально понятны, но успешное проведение эксперимента требует серьезных технических и методических усилий [15].

Заслуживают исследования альтернативные неанимационные технологии создания виртуальных сред (3D-фотосъемка с объединением множества снимков, сделанных с разных ракурсов; технология видео 360°). Не исключено и использование в 3D-интерфейсах специального оборудования и элементов дополненной реальности (VR-шлемы, системы трекинга головы, глаз и движений тела, перчатки, устройства с обратной связью, датчики, обеспечивающие ощущение реалистичности нахождения в виртуальном пространстве).

Можно прогнозировать дальнейшее распространение панорамных интерфейсов полевого оператора. В связке с технологиями дополненной реальности они уже вскоре могут существенно потеснить и традиционные 2D и дорогостоящие и психологически уязвимые анимационные интерфейсы как непосредственно в компьютерном тренинге, так и в смежных задачах обучения операторов (обучение навигации, тренинг по Планам локализации аварий, электронные каталоги оборудования, пр.).

Список литературы

1. Bainbridge, L. Ironies of Automation // Automatica. 1983. Vol. 19. No. 6. p. 775-779.
2. Дозорцев В.М. Компьютерные тренажеры для обучения операторов технологических процессов. М.: Синтез. 2009. 372 с.
3. Степин В.С. Классика, неклассика, постнеклассика: критерии различения. В кн.: Постнеклассика: философия, наука, культура. СПб.: Издательский дом «Мир». 2009. С. 249 - 295.
4. Дозорцев В.М. Обучение операторов технологических процессов на базе компьютерных тренажеров // При-
5. боры и системы. Управление, контроль, диагностика. 1999. № 8. С. 31-38.
6. Дозорцев В.М. Мировой рынок компьютерных тренажеров для обучения операторов: тенденции, вызовы, прогнозы // Автоматизация в промышленности. 2016. № 2. С. 47-50.
7. Зинченко Ю.П. и др. Технологии виртуальной реальности: методологические аспекты, достижения и перспективы // Национальный психологический журнал. 2010. № 1 (3). С. 54-62.
8. Kluge, A. The Acquisition of Knowledge and Skills for Taskwork and Teamwork to Control Complex Technical Systems. Dordrecht: Springer, 2014. 200 p.
9. Salas, E. et al. 2012. The science of training and development in organizations: What matters in practice // Psychological Science in the Public Interest, 2012. 13(2), 74-101.
10. Murray, J.B. Hamlet on the holodeck: The future of narrative in cyberspace. New York, USA: Free Press, 1997.
11. Бодрийяр Ж. Симулякры и симуляция / Simulacres et simulation (1981). Перевод А. Качалова. М.: Рипол-классик, 2015.
12. Nilsson, N. C. et al. Immersion Revisited: A Review of Existing Definitions of Immersion and Their Relation to Different Theories of Presence // Human Technology. 2016. 12(2). p.108-134.
13. Adams, E. Postmodernism and Three Types of Immersion. 2004. http://designersnotebook.com/Columns/063_Postmodernism/063_postmodernism.htm
14. Björk, S, and J. Holopainen. Game and Design Patterns // The Game Design reader. 2006. p. 410-437.
15. Новичков А.Ю., Фролов А.И., Погорелов В.П., Дозорцев В.М. Интерфейс полевого оператора в компьютерном тренажере: 3D погружение или 2D панорама? // II междунар. научно-практическая конф. «Человеческий фактор в сложных технических системах и средах» (Эрго-2016), СПб., 2016. С. 268-276.
16. Дозорцев В.М., Назин В.А. Экспериментальное исследование операторской деятельности на базе компьютерных тренажеров // В кн.: «Современная экспериментальная психология» под ред. В.А. Барабанщикова. М.: Институт психологии РАН, 2011. Том 2. Глава 44. С. 223-234.

Дозорцев Виктор Михайлович — д-р техн. наук, проф., директор департамента высокотехнологичных решений и консалтинга, АО «Хоневелл». Контактный телефон (495) 796-98-00.

О практическом применении технологий виртуальной и дополненной реальности (VR/AR)

Данные технологии широко распространены в области проектирования комплексных объектов (судоостроение, авиаостроение, автомобилестроение, строительство), где создание виртуальных прототипов наиболее целесообразно и обосновано.

Функциональность этих технологий уже используется в продажах — VR/AR-решение позволяет не только продемонстрировать возможности продукта, но и провести связь с информационной составляющей проекта (время, клиент, местоположение и т.д.). Так специалистами компании КРОК на базе технологий виртуальной и дополненной реальности были реализованы два решения — голографический виртуальный макет «Умная молочная ферма ДеЛаваль» и мобильное AR-приложение «ДеЛаваль — дополненная реальность», предназначенные для демонстрации возможностей продукции компании ДеЛаваль.

В сфере обучения персонала уже на этапе разработки VR-курсов продумывается интеграция с системой управления обучением LMS (Learning Management System). Это позволяет контролировать процесс обучения, понимать, где и когда сотрудник совершил ошибку, также это дает возможность предоставить обучаемым оперативную обратную связь. Например, для крупной газораспределительной компании разработано VR-приложение, предназначенное для удаленной отработки последовательности операций при обслуживании

оборудования. Такие проекты позволяют до двух раз снизить расходы на обучение производственного персонала.

VR/AR - технологии востребованы в сфере искусства. Проект Центра виртуальной реальности КРОК по созданию реалистичной цифровой копии Зала Юпитера Государственного Эрмитажа получил признание международного VR-сообщества. Кейс из России с крупнейшим музеем был представлен на FMX 2018 — одной из самых влиятельных конференций мира, посвящённых цифровым искусствам, технологиям и бизнесу. Команда КРОК впервые представила Россию на площадке, объединяющей профессионалов ведущих студий по созданию компьютерной графики и VR-контента. Представленный проект демонстрирует широкий потенциал применения технологий фотограмметрии при оцифровке объектов культурного наследия. Благодаря использованному в проекте технологиям в иммерсивной виртуальной среде были полностью воссозданы античные скульптуры, обстановка и интерьер Зала Юпитера Государственного Эрмитажа. Такие цифровые копии позволяют расширить привычные границы музея и сделать его доступным для всех на любом расстоянии, а также расширяют аудиторию выставок и открывают дополнительные возможности монетизации.

[Http://www.croc.ru](http://www.croc.ru)