

## ИНТЕРФЕЙСЫ С ПОГРУЖЕНИЕМ В ТРЕНАЖЕРАХ НА БАЗЕ КОМПЛЕКСНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

**В.М. Дозорцев (Москва)**

Компьютерный тренинг операторов технологических процессов (ТП) – важнейшее направление современной промышленной автоматизации. Это определяется несколькими ключевыми причинами: существенными демографическими сдвигами и, как результат, дефицитом подготовленных операторских кадров, практическим распадом (в России и странах бывшего СССР) системы профессиональной подготовки операторов, постоянным усложнением технологии и систем управления процессами, что проявляется в резком повышении производственных рисков и требований к операторской профессии. Часто тренажеры остаются единственным эффективным средством подготовки оперативного персонала, особенно на этапах пуска новых технологических объектов и/или модернизации систем управления.

Эта роль компьютерных тренажеров (КТ) хорошо понимается индустриальным сообществом. В ключевых отраслях промышленности тренинг либо рекомендован авторитетными организациями, либо явно предусмотрен законом. В России такой тренинг строго предписан Ростехнадзором. Мировой объем продаж КТ для производств химико-технологического типа в 2017 году ожидается на уровне 500 млн. долл. со среднегодовым ростом в 9,4% [1].

КТ – чрезвычайно синтетическая технология: они включают в свой состав модель собственно ТП, модель системы управления (средств контроля ТП и рабочей среды оператора), модель обучения (инструменты автоматизированного инструктирования). «Парадокс» тренажеростроения заключается в том, что для обеспечения качества тренажера недостаточно выполнить указанные технические компоненты на высоком уровне (то есть обеспечить физическое подобие КТ), но необходимо добиться психологического подобия деятельности оператора в КТ его реальной работе. Последняя задача лежит вне сугубо технической плоскости и затрагивает феномены когнитивного инжиниринга (инженерной психологии) и педагогики.

Сердцевина КТ – высокоточная модель ТП, выполненная на базе мощных средств аналитико-имитационного моделирования [2] с привлечением элементов собственно имитационного и качественного моделирования. Требования к адекватности такой модели чрезвычайно высоки, поскольку достигаемый в ней уровень физического подобия должен исключить появление так называемого «ложного» операторского навыка.

Информационная модель реализуется в пользовательских интерфейсах участников тренинга – операторов и инструктора. Помимо физического подобия среды управления в интерфейсах необходимо достичь психологического подобия, определяющего выработку верного навыка управления, переносимого на реальную производственную практику [3, 4]. В управлении ТП заняты два типа операторов: консольные (то есть операторы микропроцессорной распределенной системы управления) и полевые (осуществляющие управление «по месту»). С интерфейсами консольного оператора в тренажерах принципиальных проблем нет. Информация, необходимая ему для управления, полностью инструментальная, исключая визуальное воспроизведение технологической площадки и имитацию кинестетических стимулов (ощущения относительного положения частей тела и их движения). На сегодня интерфейс консольного оператора может быть реализован в тренажере практически на абсолютном уровне подобия. В противоположность этому с интерфейсами полевого оператора дело обстоит гораздо сложнее: в современных системах обучения степень физического и психологического подобия «поля» совершенно недостаточна, что делает интерфейс полевого оператора настоящим узким местом КТ. В настоящей работе предпринимается попытка преодолеть этот недостаток за счет использования иммерсивных панорамных интерфейсов полевого оператора.

### Задача полевого оператора. 2D и 3D интерфейсы полевого оператора в КТ

Основная задача полевого оператора – взаимодействие с физическими устройствами, разбросанными по технологической площадке, что требует задействования разнообразных органов чувств (зрения, слуха, осязания, реже – обоняния) и интерпретации совокупности полученной сенсорной информации. Инспектируя площадку и отслеживая неисправности «в поле», он имеет дело с внешними факторами, часто находящимся вне его контроля: погодными, временем суток, условиями видимости, шумами, вибрацией, запахами, необходимостью работы на большой высоте, в тяжелой защитной одежде и с защитным оборудованием.

В нештатных ситуациях, к которым всегда должен быть готов полевой оператор, целый ряд важных переменных одновременно движутся к небезопасным значениям. Его задача (совместно с консольным оператором) – используя всю имеющуюся информацию (удаленную и «по месту»), купировать нежелательные последствия наступившей ситуации. При этом стандартные полевые 2D-интерфейсы схематичны, повторяют топологию ТП, принятую в интерфейсе консольного оператора, и не покрывают и малой доли упомянутой выше сенсорной информации (рис.1).

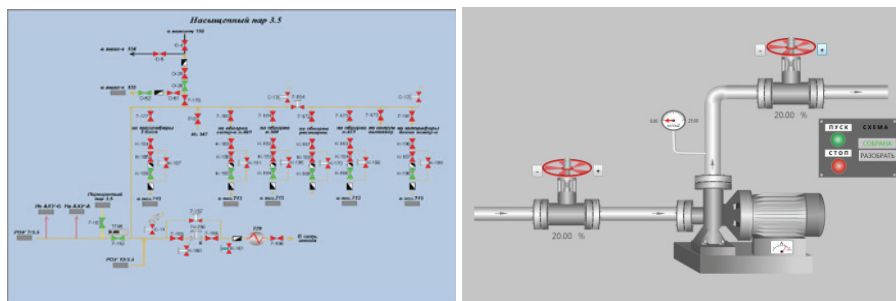


Рис. 1. Примеры традиционного 2D-интерфейса полевого оператора

Резюмируем сказанное: по сегодняшний день в большинстве КТ полевого оператора используют в роли статиста, подающего реплики основному актеру (консольному оператору), а эффективность его собственного тренинга остается низкой. В этой связи понятен интерес пользователей тренажеров к более продвинутым интерфейсам полевого оператора, сдвиг в сторону которых выразится в увеличении их доли с 6,4% в 2012 г. до 7,5% в 2017 г. (дополнительно на 22 млн. долл. в год) при среднегодовом росте в 11,2 сложных процента против 7,5% роста в секторе традиционных интерфейсов [1].

«Очевидное» решение проблемы – использование средств виртуальной реальности (VR), т.е., 3D-анимации, возможно, с элементами дополненной реальности. Современные исследования [5] обосновывают принципиальную непригодность традиционных 2D-интерфейсов в перспективе. Их схематичность и нереалистичность не позволяют полевому оператору переключаться с рационального уровня деятельности на эмоциональный, что существенно снижает ценность тренинга. Добавим к этому и снижение мотивации операторов (по аналогии с компьютерными играми, интерес к которым падает, когда реализма становится меньше). Ясно, что подход к обучению консольных и полевых операторов должен различаться, поскольку различна реальность, в которой они действуют.

Разработка VR-интерфейсов полевого оператора активно ведется; у разных производителей КТ имеются собственные решения; некоторые используют продукты специализированных фирм (рис. 2). Однако на побочных эффектах 3D-интерфейсов внимание не акцентируется, хотя они, очевидно, имеются (несовершенство отражения реальности, «игровой» акцент, дороговизна). Альтернатива 3D-подходу как будущему тренажерных интерфейсов не рассматривается.



Рис. 2. Пример 3D-интерфейса разработки фирмы VIRTUALIS

### Погружение как основа воспроизведения реальности в тренинге. Виртуальные туры как альтернатива 3D-анимации

Привлекательность 3D-интерфейсов полевого оператора объясняется гораздо более высокой (в сравнении с традиционными) степенью погружения оператора в среду обучения. Часто интерфейсы с погружением (иммерсивные) и 3D-интерфейсы вообще рассматриваются как синонимы. Напомним, однако, что сам автор термина определял погружение как «чувство окружения *совершенно иной реальностью* (как вода отличается от воздуха), которая завладевает нашим вниманием и всем аппаратом восприятия» [6]. В этом контексте оправдание использования 3D-интерфейсов полевого оператора необыкновенно высоким уровнем их подобия первичной реальности представляется, как минимум, сомнительным.

Очевидно, что в той или иной мере погружение присуще всем пользовательским интерфейсам. Согласно [7], можно выделить:

- тактическое погружение – при выполнении локальных операций (например, при исполнении стандартных процедур управления оборудованием);
- стратегическое погружение – более интеллектуальное, связанное с решением ментальных проблем (выбор правильного решения среди многих возможностей);
- нарративное (повествовательное, сюжетное) погружение – при глубоком проникновении в сценарий действий.

С точки зрения задействованных при погружении психических механизмов, выделяют следующие типы погружения в ВР [8]:

- сенсорное – ощущение попадания в трехмерную среду и интеллектуальное стимулирование ею;
- пространственное – оператор ощущает размеры пространства и расстояния между объектами;
- эмоциональное – оператор переживает эмоции, вызываемые включенностью в моделируемую ситуацию;
- психологическое – оператор идентифицируется с подразумеваемым субъектом, управляющим ТП. Психологическое погружение шире эмоционального, которое характеризуется прежде всего реакцией оператора на происходящее в интерфейсе.

Определенно можно говорить о существенных ограничениях и даже искажениях, присущих сенсорному, пространственному, эмоциональному и психологическому погружению в интерфейсах на основе 3D-анимации [9]. Достичь высокой степени реалистичности 3D-интерфейсов в КТ невозможно даже не столько по соображениям стоимости, сколько в силу ограничений самого ВР-подхода. Ощущение искусственности воссоздаваемой среды всегда остается, что, видимо, характерно для всех типов анимации. Следствие указанной особенности – всегда присутствующее психологическое ощущение игровой ситуации. Конечно, игровой момент придает дополнительную мотивацию, но и снижает ответственность, абсолютно необходимую оператору в реальной работе.



Немаловажен и стоимостной аспект. Точность VR-интерфейсов покупается огромными затратами на разработку и, впоследствии, на поддержку систем. Стоимость полномасштабного 3D-интерфейса средней по сложности технологической установки сопоставима со стоимостью самого КТ, 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.

Альтернатива 3D-подходу – виртуальные туры (BT), создающие у зрителя яркий «эффект присутствия» и широко распространённые в секторе B2C (Business to Consumer). В Интернете огромное число примеров BT в виде карт-навигаторов, электронных инструкций, путеводителей по музеям и пр. Использование BT в интерфейсе полевого оператора характеризуется следующими особенностями в сравнении с VR-интерфейсом:

- по сути это 3D-интерфейс, выполненный на основе 2D-отображений;
- он не хуже VR по тактическому, стратегическому и нарративному погружению;
- будучи основанным на реальных изображениях, панорамный интерфейс в целом лишен искажений, свойственных VR. Панорамная реальность неполна, но эта неполнота «реальна». В ней нет абстрагирования от контекста, установки на игру и следующего из нее снижения ответственности;
- стоимостные параметры также в пользу панорамного решения: оно в 6–8 раз дешевле 3D-анимации.

Методы построения панорам многократно описаны. В реализованных нами проектах [10] в каждой точке фотокамерой выполняется серия снимков, каждый с поворотом по вертикальной оси на несколько градусов относительно предыдущего (рис. 3, первый ряд), и, при необходимости, еще один верхний снимок для получения замкнутой сферы. Затем снимки объединяются в панорамы (рис. 3, второй ряд), а панорамы помещаются в специально разработанный редактор ЧМИ, где конфигурируются переходы между различными точками панорам и активные элементы интерфейса привязываются к математической модели тренажера (рис. 3, внизу слева). Результирующий экран интерфейса полевого оператора показан на рис. 3, внизу справа.

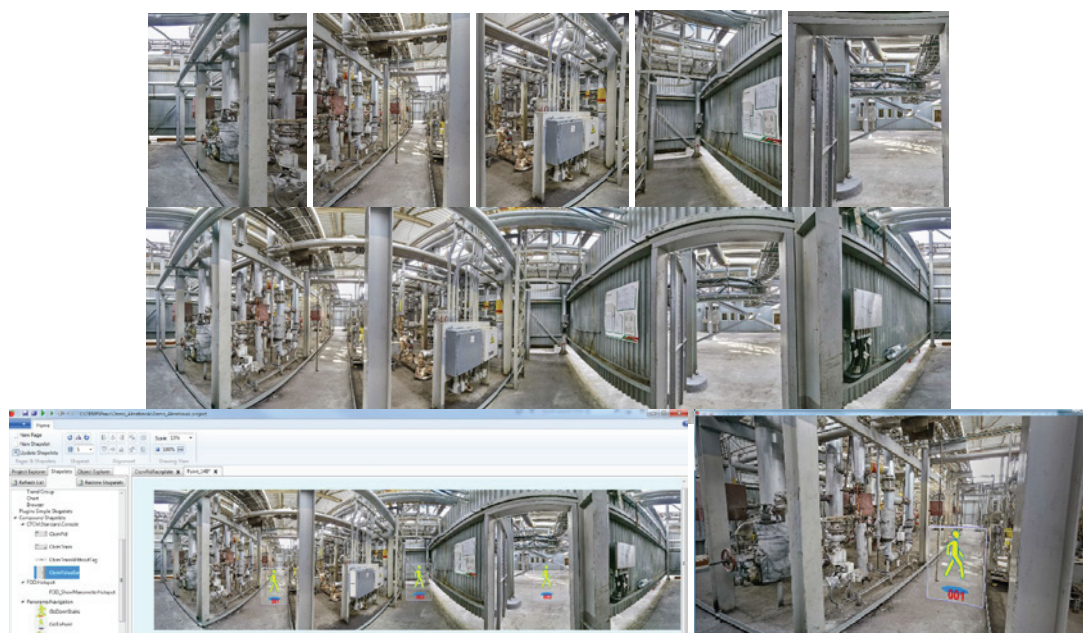


Рис. 3. Пример панорамного интерфейса разработки фирмы Honeywell: снимки (первый ряд), панорама (второй ряд), редактор ЧМИ (внизу слева), экран оператора (внизу справа)

### Выводы. Задачи будущих исследований

При обнадеживающих результатах первых панорамных проектов отметим необходимость дальнейших исследований:

- необходима обоснованная когнитивная модель деятельности полевого оператора, позволяющая методически корректно определить состав и структуру его интерфейса;
- требуют дальнейшей проработки алгоритмы предварительной разметки пространства и конфигурирования панорамного интерфейса, что позволит удешевить и ускорить разработку;
- пригодность, эффективность и выгоды панорамного интерфейса в сравнении с альтернативными решениями (2D и VR) могут быть состоятельно доказаны только в психологическом эксперименте;
- не исключено включение в состав интерфейсов специального оборудования и элементов дополненной реальности (VR-шлемы, системы трекинга головы, глаз и пр.).

Вместе с технологиями дополненной реальности ВТ-интерфейсы уже в обозримой перспективе вполне могут потеснить и традиционные 2D-, и дорогостоящие психологически уязвимые VR-интерфейсы как непосредственно в компьютерном тренинге, так и в смежных задачах подготовки операторов (обучение навигации, тренинг по планам локализации аварий, электронные каталоги оборудования и пр.).

### Литература

1. Operator Training Simulation Global Market Research Study. Market Analysis and Forecast through 2017. ARC Advisory Group, 2012.
2. **Дозорцев В.М., Крейдлин Е.Ю.** Современные автоматизированные системы моделирования ТП // Автоматизация в промышленности. 2009. № 6.
3. **Дозорцев В.М.** Обучение операторов технологических процессов на базе компьютерных тренажёров // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 1999. №8.
4. **Дозорцев В.М.** Компьютерные тренажёры для обучения операторов технологических процессов (теория, методология построения и использования). Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. М., 1999.
5. **Nazir, S. et al.** Can Immersive Virtual Environments Make the Difference in Training Industrial Operators? // In D. de Waard et al. (Eds.). 2014. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Europe Chapter 2013 Annual Conference.
6. **Murray J. B.** Hamlet on the Holodeck: The future of narrative in cyberspace. New York, NY, USA: Free Press, 1997.
7. Adams, E. Postmodernism and Three Types of Immersion, 2004.
8. **Björk S, and J. Holopainen.** Game and Design Patterns // The Game Design reader. 2006. P. 410–437.
9. **Дозорцев В.М.** Интерфейсы с погружением в обучении операторов технологических процессов // Датчики и системы. 2017. № 6.
10. **Новичков А.Ю., Фролов А.И., Погорелов В.П., Дозорцев В.М.** Интерфейс полевого оператора в компьютерном тренажере: 3D погружение или 2D панорама? // Вторая международная научно-практическая конференция «Человеческий фактор в сложных технических системах и средах». СПб., 2016. С. 268–276.