

НАСКОЛЬКО ПОЛЕЗНЫ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТРЕНАЖЕРЫ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ОПЕРАТОРОВ? ГОЛОС ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

В.М. Дозорцев (ЗАО «Хоневелл»)

Рассмотрены результаты двух масштабных опросов, позволяющие выявить оценку пользователями современных компьютерных тренажеров (КТ) для обучения оперативного технологического персонала. Проанализированы варианты тренинга (по типам обучающих систем, по ролям и опыту обучаемых), представленность различных типов компьютерных тренажеров (КТ), типы решаемых задач, время обучения и др. характеристики тренинга. Особое внимание уделено эффектам от использования КТ. Суммированы ключевые подходы к разработке, внедрению и сопровождению тренажеров, определяющие лучшие практики компьютерного тренинга операторов. Приведены основные рекомендации по развитию КТ.

Ключевые слова: компьютерные тренажеры, консольные и полевые операторы ТП, типы компьютерного тренинга операторов, эффективность и окупаемость тренинга.

Введение

Компьютерные тренажеры для обучения операторов ТП — широко распространенный инструмент подготовки оперативного технологического персонала и крупный бизнес (по последним оценкам годовой объем продаж КТ в 2017 г. в сегменте непрерывных процессов химико-технологического типа достигнет 760 млрд. долл. США [1]). С учетом того, что современные КТ повсеместно внедряются как минимум последние 25 лет, стоимость установленной базы тренажеров в упомянутом сегменте можно оценить минимум в 10 млрд. долл.¹ Тот факт, что тренажеры охотно покупают по всему миру, сам по себе мощный аргумент их полезности. Но, конечно, традиционно обсуждаются и другие аргументы.

Исторически эффективность КТ пытались подтвердить по-разному, причем наибольшая активность исследователей пришлась на конец 80-х — начало 90-х годов XX века, когда КТ только завоевывали свое место в системе подготовки операторов (множество источников приведено в работе [2]). Производственники, уже установившие КТ, основываясь на фрагментарном на тот момент опыте², указывали в качестве эффектов от использования тренажеров, прежде всего, на ускорение тренинга, снижение текучести кадров, возможность «показать оператору ненаблюдаемое». Имели место и прямые количественные оценки. Так, в [3] утверждается, что:

- четыре дня работы на КТ покрывают все другое обучение, возможное в классе,
- 6...8 недель тренинга эквивалентны году обучения на реальном объекте,
- экономия энергии от использования КТ на предприятии составляет 5 млн. долл. США в год (в пересчете на цены 2008 г.),
- КТ окупаются за полгода³.

Добавим к этому оценку компании Du Pont, по которой тренажеры дают 0,5% экономии электроэнергии на установке.

¹ Эта оценка существенно увеличится, если учесть долларовую инфляцию за прошедшие годы.

² Пример «произвольности» получаемых на том этапе оценок можно найти в работе [3]: стоимость активов среднего НПЗ 1,5 млрд. долл., вероятность больших разрушений 0,001 в год, снижение риска с помощью КТ — 50%, следовательно, имеем «экономия» от КТ в 750 тыс. долл. США в год.

³ В свете сегодняшних данных два последних вывода выглядят нереалистично. Так, согласно [4], средняя окупаемость КТ составляет 14 мес.

Один из первых пользовательских опросов, нацеленных на анализ эффективности КТ, был проведен Американским институтом нефти (API) в конце 80-х годов XX века. В нем приняли участие 200 менеджеров с 11 предприятий, принадлежащих семи крупным оперирующим компаниям. Результат обследования оказался сенсационным — по мнению пользователей, КТ дают экономию затрат в 100 тыс. долл. США на каждого обученного оператора (получалось, что средний тренажер окупится, если на нем обучить всего полдесятка операторов).

Отмечался и серьезный эффект от использования КТ для тренировки пуска ТП и/или РСУ: несколько часов тренинга эквивалентны нескольким годам работы на реальном объекте, а время пуска снижается на 15...25%. По другим данным, несколько лет работы оператора сжимаются в несколько недель тренировки на КТ, и это без риска для людей и оборудования и потерь продукции.

Уже в первых исследованиях прослеживалась полезность использования КТ вне собственно тренинга операторов. КТ служат инструментом проверки гипотез при тестировании действующих ТП, проектировании и оптимизации сигнализаций, проверки технологических процедур, совершенствования операторского интерфейса, инжиниринга ТП и РСУ. Анализируются и смежные «нетехнические» эффекты от использования КТ: рост позитивного отношения операторов и их вовлеченность в КТ, укрепление имиджа компаний-работодателей, повышение профессионализма и надежности операторов в человеческом измерении.

Конечно, особенно важны были обоснованные оценки эффектов, прямо связанных с финансовым положением компаний. Согласно анализу мировой статистики аварий в углеводородной отрасли [2], каждая тонна перерабатываемой на НПЗ сырой нефти чревата 0,55 долл. США потерь из-за ошибок

Голос и мелодия для меня всегда останутся главными.

Джузеппе Верди

оператора (в ценах 2008 г.). Более свежие данные дают очень близкий результат [5]. В этих условиях окупаемость тренажеров только на факторе снижения аварийности достигается при сокращении 5...6% аварий и аварийных инцидентов (в среднем достаточно одного такого события из 18).

В последнее время ошутим возрастающий интерес к серьезным опросам пользователей КТ. Это неслучайно — набралась критическая масса внедрений, сильно повысилась компетентность пользователей, тренажеры глубоко внедрились в производство (не ограничиваясь собственно тренингом операторов). Такие исследования сложны, требуют серьезных затрат времени и ресурсов, а потому до сих пор единичны, но тем более ценны. Далее подробно остановимся на двух таких исследованиях и проанализируем уровень удовлетворенности пользователей современными КТ, их требования к функциональности тренажеров и организации тренажерного проекта. Можно ожидать, что такой анализ заинтересует потенциальных заказчиков, принимающих решение об инвестициях в компьютерную подготовку операторов. Надеемся, что материалы будут интересны также разработчикам и пользователям уже созданных КТ.

Исследование 1. Опрос консалтинговой компании ARC (2013 г.).

Крупнейшее по объему и всестороннее исследование предпринято компанией ARC [6, 7]. В нем приняли участие 124 респондента (из них 72 конечных пользователя с опытом использования КТ). Отраслевая принадлежность участников: промышленность углеводородов — 38%, химия/нефтехимия — 33%, инжиниринговые и сервисные компании — 15%, энергетика и металлургия — по 4%, атомная энергетика — 3%, другое — 3%. Опрашиваемые представляли самые разные по размеру компании (табл. 1) — с числом работников от нескольких человек до ≥ 50 тыс. чел. и числом технологических установок от единиц до ≥ 50 ед.

Табл. 1. Анализ респондентов по размеру компаний

0...50	51...250	251...1000	1001...10000	10 ...50	>50
7%	3%	11%	36%	22%	21%

>50	26...50	11...25	1...10	
29%	19%	19%	17%	16%

Большая часть респондентов представляли Северную Америку (43%) и Европу (32%). Были участники из Азии (17%), Латинской Америки (6%), Ближнего Востока и Африки (по 1%). По ролям эксперты распределены так: инженеры служб автоматизации — 35%, специалисты по обучению персонала — 13%, инженеры головной компании — 11%, технологи головной компании — 10%, инженеры завода — 3%,

⁴ Имеются в виду высокоточные специализированные тренажеры под конкретные ТП.

продавцы, маркетологи — 3%, начальники технологических смен — 3%, специалисты отдела закупок — 2%, руководство завода — 2%, консольные операторы, полевые операторы, начальники производства — по 1%. Участники опроса обладали следующим опытом использования КТ: <1 года — 12%, 1...5 лет — 32%, 6...15 лет — 38%, >15 лет — 18%.

Ниже приведены основные результаты опроса в порядке протекания жизненного цикла КТ.

Допустим, у потенциального пользователя зародилась идея обзавестись тренажером. Реализация идеи начинается с выбора установки, которую необходимо оснащать тренажерами⁴. Этот выбор, осуществляемый каждым предприятием, в условиях ограниченных инвестиций становится ключевым. Критерии пользователей приведены ниже в порядке убывания предпочтений (можно было выбрать несколько вариантов):

- сложность ТП и производственные риски — 68%;
- цена КТ/эффективность/скорость возврата инвестиций — 32%;
- анализ истории операторских ошибок — 25%;
- детальный обоснованный бизнес-анализ — 23%;
- принадлежность к вновь строящимся установкам — 23%;
- здоровье персонала; промышленная и экологическая безопасность;
- жесткая обязательность согласно правилам компании;
- программа оснащения КТ всех вновь строящихся установок;
- только вновь вводимые установки;
- переработка опасных материалов;
- требования законодательства.

Волнующий поставщиков вопрос — почему производственники отказываются от приобретения тренажеров? Наиболее распространенные причины: недостаток поддержки руководства и понимания им выгод КТ (58%), недостаток персонала для развертывания/использования/сопровождения КТ и трудности их сопровождения (до 47%), недостаточный эффект от внедрения (слишком дорого по сравнению с ожидаемым эффектом) (32%), недостаток инвестиций (26%). Пользователи отмечали также желание сосредоточиться на использовании уже существующих КТ и их самостоятельной поддержке.

И, возможно, самый интересный для поставщиков КТ вопрос — как много пользователи тратят на тренажеры? Прямые ответы оказались невозможны по соображениям коммерческой тайны, но некоторые оценки таких затрат приводятся ниже:

- 1...10 тыс. долл. США на каждого обучаемого оператора, но ≤ 500 тыс. долл. на один КТ;

Табл. 2. Разные виды тренинга, используемые для обучения персонала предприятий

			(on-job)			Internet
	10%	22%	20%	24%	11%	13%
	7%	16%	29%	29%	4%	15%
	21%	14%	23%	21%	9%	12%
	21%	22%	26%	17%	4%	10%
	28%	19%	23%	18%	3%	9%
	21%	18%	23%	21%	7%	10%

Табл. 3. Типы систем, используемые для обучения персонала предприятия

	«	»	/ 3D	/ 2D		
-			5%	9%	60%	26%
			4%	11%	60%	25%
	2%		6%	8%	57%	27%
			4%	8%	58%	30%
	3%		9%	16%	48%	24%
	10%		4%	21%	50%	15%

- 30...500 тыс. долл. США на один КТ, всего 1 млн....20 млн. долл. на предприятие;
- 5 тыс...1 млн. долл. США в год на эксплуатацию и поддержку на один КТ;
- 250 тыс...12 млн. долл. США на предприятие (исключая финансирование из капитальных вложений, как при новом строительстве).

Итак, решение купить КТ принято. Однако компьютерный тренинг — не единственный метод обучения персонала предприятия, и тренажеры должны встраиваться в другие способы профессиональной подготовки. Распределение персонала по видам обучения дано в табл. 2.

Из таблицы видно, что тренинг по ходу работы (on-job тренинг) наиболее распространен при обучении инженеров, опытных полевых операторов, операторов-

Табл. 4. Игроки, осуществляющие разработку, внедрение и поддержку КТ

			()
	45%	34%	21%
	64%	18%	18%
	38%	30%	32%
()	39%	30%	31%
()	22%	39%	39%

Табл. 5. Уровень сложности при разработке и поддержке ТК

	20%	40%	20%	20%	
	5%	18%	36%	38%	3%
	15%	31%	24%	30%	
	17%	38%	25%	20%	

ров-новичков и вспомогательного персонала (в последнем случае наряду с обучением в классе с инструктором). Руководство предприятий преимущественно обучается на работающих установках (которыми, конечно, само не управляет). И только опытные консольные операторы чаще всего обучаются именно на КТ: опрос дает им 28% в сравнении с on-job тренингом (23%), тренингом на работающей установке (19%) и обучением в классе с инструктором (18%).

В свою очередь специализированные высокоточные КТ — не единственный вид тренажеров, применяемых на предприятии. В табл. 3 показаны типы систем, используемых для обучения персонала.

Высокоточные специализированные КТ с эмуляцией РСУ — основной тип тренажеров, используемый всем персоналом: от вновь приходящих операторов до руководства (и, главное, опытными консольными и полевыми операторами). От половины до 60% в каждой группе персонала пользуется именно такими КТ, оснащенными специализированными моделями ТП и точно воспроизведенными операторскими интерфейсами. Потребность в типовых тренажерах колеблется от 30% (для инженерного персонала) до 15% (для руководства предприятия). Игровые тренажеры и 3D системы распространены очень скромно (≤10% при среднем значении 2.5%).

Оснащение тренажерами — серьезный продолжительный проект: КТ могут разрабатываться, внедряться и поддерживаться разными игроками. Как следует из табл. 4, разрабатываются тренажеры чаще всего специализированными поставщиками (64%), а внедрение и поддержка систем осуществляется преимущественно собственными силами предприятий (по 39%).

Интересно мнение опрошенных относительно трудностей при разработке и поддержке высокоточных КТ (табл. 5). Большинство респондентов оценило моделирование ТП, разработку, внедрение и поддержку КТ как сложные задачи. Разработку сценариев признали по преимуществу легкой (38%) или сравнительно несложной задачей (36%).

Пользователям очевидно, что высокоточные специализированные тренажеры требуют поддержки по мере изменений в ТП и системе управления. По 12% участников опроса заявили, что обновляют модели раз в полгода или

Табл. 6. Задачи тренинга и интенсивность использования КТ

	60%	22%	18%
	29%	39%	32%
	18%	26%	56%
	20%	34%	46%
	19%	29%	52%
	17%	21%	62%
	8%	35%	57%

раз в год, 16% делают это раз в 1...5 лет; никогда не обновляют модели 9% опрошенных. Однако большинство участников опроса указало, что прибегает к модификации тренажера, только если произошли существенные изменения в ТП, оборудовании или РСУ. Это выявляет распространенную проблему недостатка регулярного аудита и проактивной модификации КТ.

Но, вот, тренажер куплен, разработан и внедрен. Даже решена проблема его сопровождения. Как же тренажер используют на производстве? Согласно табл. 6, очень интенсивно КТ применяют для обучения операторов перед пуском установки (60%), еще 22% ответов свидетельствуют о предпусковом обучении с интенсивностью выше средней. Интенсивность тренинга после серьезных нештатных ситуаций в большинстве случаев выше средней (39%). Со средним уровнем интенсивности используют КТ для остальных целей (в том числе для поиска причин неисправностей, проверки РСУ и тренинга после пуска).

Важнейшая характеристика — время, проводимое операторами за тренажерами. Здесь ситуация разная для разных групп операторов и разных видов тренинга (табл. 7). Для вновь принятых операторов специализированные КТ чаще всего используется <10 дней в году, столько же занимает обучение на типовых тренажерах; в то же время общее обучение (основам промышленной безопасности, регламентам, инструкциям и пр.) обычно занимает 10...20 дней. Для опытных консольных операторов фокус подготовки смещается: специализированные КТ, как правило, используются 10...20 дней в год, типовые — <10 дней, общий тренинг также занимает менее 10 дней. Все три вида тренинга для опытных полевых операторов преимущественно занимают менее двух дней в год. Любой тренинг полевых операторов в 90% случаев занимает ≤10 дней. (Нам представляется, это, скорее, следствие недостатка специальных средств тренинга для полевых операторов, чем недооценки необходимости такого тренинга.) Отметим также, что некоторое число ответов отводят на тренинг новичков 6...12 мес. в году (в этом случае новички все время проводят в тренинге).

Средний опыт опрашиваемых в использовании КТ (8...10 лет)

позволяет им квалифицированно оценить преимущества КТ. Вот их выбор по убыванию предпочтения (можно было выбрать несколько вариантов):

- гладкий пуск, останов, смена режимов — 73%;
- меньше нештатных ситуаций, ошибок, инцидентов — 69%;
- эффективное приобретение и перенос знаний о процессе в реальную практику — 64%;
- повышение безопасности, снижение рисков и штрафов — 62%;
- проверка операционных изменений и способов управления до их исполнения — 53%;
- улучшенное управление ТП, перенос лучших практик — 51%;
- ускоренное изучение новых продуктов и процессов — 44%;
- анализ по методике «Что произойдет, если?», сравнение режимов работы установки — 40%;
- сокращение незапланированных простоев — 33%;
- снижение времени и усилий на испытания РСУ — 27%;
- следование правилам, сертификация персонала, проверка процедур — 18%.

Далее приведем важнейшие требования, предъявляемые к КТ пользователями (без чего они не мыслят тренажер):

- имитация пуска и останова — 10,5%;
- описание динамики — 9%;
- высокоточные интерфейсы оператора — 8,5%;
- имитация поломок и инцидентов для поиска причин неисправностей — 8,2%;
- простота использования — 8,2%;
- моделирование статики (разные режимы работы установки) — 8,1%;
- имитация поведения установки — 7,8%;
- имитация нормального режима, включая изменение производительности — 7,7%;
- переход к другим режимам и смена продукции — 7,7%;
- удобное обновление моделей — 5,9%;

Табл. 7. Время, посвящаемое тренингу

	<10	10...20	20...30	1...2	2...6	6...12
	32%	29%	16%	6%	14%	3%
	41%	25%	9%	5%	17%	3%
(,)	14%	40%	8%	14%	12%	10%
	<10	10...20	20...30	1...2		
	29%	33%	21%	17%		
	37%	30%	21%	12%		
(,)	22%	45%	26%	7%		
	<2	2...5	5...10	>10		
	39%	24%	26%	11%		
	50%	21%	18%	4%	7%	
(,)	32%	25%	32%	8%	3%	

- внесение возмущений в ход ТП;
- изменение скорости моделирования;
- оптимизация процесса/расчет ключевых показателей эффективности;
- имитация потребления энергии;
- имитация длительных процессов (деактивация катализатора, засорение теплообменников).

В значительной степени существующие КТ решают эти задачи. Пользователи все же хотят большего и вот их основные ожидания.

Модели, сценарии, настройка КТ:

- стабильность моделирования;
- анализ промышленной безопасности;
- импорт инжиниринговых 3D моделей;
- библиотеки технологических операций;
- имитация электрики;
- удобное построение сценариев;
- сценарии кибербезопасности;
- большая интуитивность и автоматизация сценариев;
- адаптация КТ к реальному режиму ТП;
- удобные средства настройки КТ;
- Plug&Play технологии для модификация модели ТП и интерфейса РСУ;
- совмещение РСУ с 3D визуализацией;
- автоматизированное изменение интерфейсов.

Интеграция КТ с:

- инжиниринговыми моделирующими пакетами (например, с пакетами сетей трубопроводов);
- динамическими моделями сторонних производителей⁵;
- производственными инструкциями;
- ПЛК (учет изменений в обоих направлениях — от тренажера к ПЛК и наоборот);
- различными платформами РСУ;
- 3D средами.

Разработка и поддержка КТ:

- исправление модели быстрее и дешевле;
- обновление ПО быстрее и проще;
- поддержка изменений проще;
- разработка и поддержка дешевле;
- конфигурирование легче.

Тестирование КТ:

- тестовые сигналы для проверки нарушений;
- возможность устанавливать отказы входов/выходов РСУ для проверки логики управления;
- имитация управляющего кода РСУ для тестирования оборудования.

Удобство использования опций:

- связь модели и РСУ (начальные состояния и снимки⁶);
- облегчение перехода на новые релизы;
- дешевле и быстрее перестраивать тренажер, если изменится объект;
- обновления легче;
- упрощение ИТ-требований к КТ.

⁵ О возможностях такой интеграции см. работу [8].

⁶ Снимки — «моментальные снимки» состояния модели и системы управления, позволяющие точно восстановить работу тренажера в запомненном состоянии.

Документация КТ/Оценка операторов:

- интеграция со стандартными описаниями объекта (SCORM);
- встроенные функции оценки операторов;
- модели средней точности;
- возможность «видеть» другие КТ;
- тренажер в соседней комнате от оператора;
- 3D анимация, реальное окружение;
- виртуализация;
- сценарии «Что произойдет, если?»;
- поддержка стадии проектирования ТП.

Компания ARC сформулировала рекомендации по результатам опроса, среди которых такие:

- КТ должны быть включены в многоуровневый подход к обучению, где компьютерный тренинг в учебном классе и on-job тренинг используются для всех работников предприятия;
- многим компаниям необходимо прибегнуть к внешней экспертизе состояния подготовки персонала;
- поставщикам надо упрощать разработку КТ;
- переход с режима на режим — опасное время для возможных инцидентов и рисков. К таким переходам надо заранее готовить операторов с помощью КТ;
- разработчики должны облегчить изменение моделей;
- будущее за 3D виртуальной реальностью и тренажерами с погружением;
- высокоточные КТ дороже, чем менее точные, но ARC считает, что цены на КТ будут снижаться;
- методы тренинга и время обучения зависят от роли обучаемого, ТП, предприятия и должны комбинировать традиционное обучение, КТ, on-job и повторный тренинг для опытных работников;
- многие операторы и работники хотят иметь больше возможностей, чем могут дать традиционные КТ, например, тренинг в жестких аварийных условиях (операторы боятся, что не справятся);
- руководство должно приложить усилия, чтобы осознать выгоды КТ и усилить тренинг на предприятии. Им надо учесть потери от возможных аварий;
- поддержка руководства критична для успеха тренажерного проекта;
- при обосновании тренинга надо принимать в расчет безопасность, риски, снижение штрафов.

Опрос ARC — на сегодня самое крупное исследование пользовательского видения современных КТ, но охватывающее, конечно, лишь небольшую часть таких систем. В этом смысле уникальным представляется следующий опрос.

Исследование 2. Норвежские тренажеры (2012 г.)

Этот дистанционный опрос пользователей в нефтегазовой промышленности Норвегии был предпринят в октябре-декабре 2011 г. и состоял из 40 вопросов с выбором альтернативных ответов

Табл. 8. Распределение КТ по типам

-					
97%	3%	81%	7%	61%	39%

и возможными комментариями участников [4]. Было получено 99 ответов от предприятий, принадлежащих 11 компаниям. Среди респондентов 36% составляли инженеры, 31% — операторы, 20% — инструкторы, 13% — менеджеры.

Распределение тренажеров по типам представлено в табл. 8. Подавляющая часть (97%) — специализированные КТ, только 3% — типовые. В 81% случаев в тренажерах стимулируется⁷ РСУ, в 61% — вспомогательные системы.

Около 60% участников опроса были вовлечены в тренажерную деятельность — как при создании КТ, так и потом — в качестве инструкторов или обучаемых; 84% из них были знакомы с целями тренинга.

Наиболее популярный применяемый метод тренинга — обучение по сценариям нарушений хода ТП (62...70%). Среди других методов: презентации (37%) и демонстрация сценариев инструкторами (33%), теоретические упражнения (20%). Курсы тренинга включали: пуск-останов (82%), ознакомление с процессом и анализ технологических потоков (70%), анализ безопасности (67%), управление в нештатных ситуациях (65%), неполадки в процессе, отказы оборудования и ПО (60%), технологические процедуры (60%). Оценка успешности проводилась непрерывно по ходу тренинга (65%), с фокусом на правильную реакцию обучаемого (57%), слаженную работу смены (57%), неправильную реакцию обучаемого (50%), достижение целей обучения (48%). Только треть опрошенных участвовала в тестировании после тренинга.

В целом тренинг оценен не хуже, чем успешный (90% опрошенных) (табл. 9).

Две трети заводов имеют более одной группы сотрудников для поддержки КТ. Поддержкой (изменениями в КТ после изменений в процессе и/или РСУ) чаще занимаются инструкторы (47%), системные инженеры (45%) и поставщики КТ (27%). В то же время лишь четверть опрошенных удовлетворены уровнем поддержки.

Тренажерные модели пересматриваются после крупных изменений в процессе (53%), при наличии бюджета или после ежегодной оценки (30%), после небольших изменений (10%). Только 1% опрошенных сообщили, что их тренажер не изменялся за последние 5 лет⁸. Состояния (или начальные условия) модели

Табл. 9. Успешность тренинга

37%	53%	10%	0%

⁷ Стимулирование (в отличие от эмулирования) — воспроизведение работы системы управления с помощью аутентичных аппаратных и программных средств РСУ (в последнем случае это так называемые симуляторы контроллеров).

⁸ Для сравнения — в опросе ARC об этом сообщили 9% опрошенных.

⁹ Оценка проводилась в норвежский кронах.

меняются еженедельно (7%), ежемесячно (7%), четырежды в год (10%), дважды в год (7%), раз в год (17%), реже одного раза в год (45%), никогда (7%). Такое положение влияет на возмож-

ность эффективно использовать тренажер. Трудности поддержки пользователи относят на счет архитектуры КТ (67%), недостатка квалифицированного персонала (37%), больших затрат (28%), большого объема работ по поддержке (26%), недостатка процедур поддержки (22%).

Основные эффекты от использования КТ связаны с повышением безопасности и экономическими выгодами.

С точки зрения операторов тренажеры:

- улучшают понимание процесса и возможность управлять им безопасно (84%),
- укрепляют умения справляться с неисправностями (81%),
- придают уверенности и удобства в ежедневной работе (71%).

Инструкторы, инженеры и менеджеры отмечают:

- ускорение пуска (79%),
- снижение операционных рисков и укрепление целостности ТП (72%),
- повышение производительности установок (62%).

Более 80% участников опроса констатируют повышение эффективности операторов (от заметного до значительного), в среднем улучшение оценивается в 31% (табл. 10).

Опрошенные считают, что КТ способствовали ускорению пуска ТП. В среднем начальный пуск ускорен на 18 дней, а пуск после серьезных изменений в процессе — на 53 ч (табл. 11).

Снижение простоев и остановов в среднем оценено в три случая в год на каждое предприятие (табл. 12).

В отличие от исследования ARC, участники норвежского опроса оценили количественные финансовые выгоды КТ. 80% оценивают их в более чем 2,6 млн. долл. США, 26% — более чем в 35 млн. долл.⁹. В среднем эффект составляет 15.3 млн. долл. (табл. 13).

Половина респондентов оценивает окупаемость КТ в 6 мес. при средней окупаемости в 14 мес. (ср. с прим. 3). Распределение оценки эффекта не отвечает нормальному закону, что может объясняться разным опытом опрошенных, давших наибольшие оценки (они принадлежат разным предприятиям с разной успешностью внедрения КТ).

Основной вывод исследования: в Норвегии с КТ все обстоит хорошо. Все группы опрашиваемых высоко оценивают результаты тренинга. Операторы отмечают возможность тренинга в редких критических ситуациях, при нарушениях и выполнении

Табл. 10. Повышение эффективности уровня подготовки операторов

	(<10%)	(10...30%)	(30...50%)	(50...75%)	(75...100%)
4%	16%	39%	23%	9%	9%

Табл. 11. Ускорение пуска после серьезных изменений

	1...6	6...12	12...24	24...48	48...96	> 96
4%	5%	16%	5%	23%	12%	35%

Табл. 12. Снижение числа незапланированных остановов

	0	1	2	3	4	5
7%	13%	25%	18%	8%	29%	

Табл. 13. Экономия от использования КТ, млн. долл. США

< 0,17	0,17...0,87	0,87...2,61	2,61...8,71	8,71...17,42	17,42...34,84	> 34,84
2%	4%	15%	28%	17%	8%	26%

новых процедур. С их точки зрения, КТ придают уверенность, повышают эффективность и снижают производственный стресс. Для компании основные выгоды состоят в ускорении пуска, снижении операционных рисков, повышении целостности установки и ее производительности.

Заключение

Проанализированы результаты двух исследований пользовательских мнений о КТ — представительного глобального опроса ARC и монографического опроса всех тренажерных внедрений в Норвегии. Собственно, такие опросы и выявляют так называемые лучшие практики, в данном случае — касающиеся использования КТ для обучения операторов. Опросы позволяют заключить следующее.

- КТ — ключевой инструмент подготовки персонала всех ролей;
- обычно КТ получают извне, а их поддержку осуществляют изнутри;
- КТ чаще используют для опытных консольных операторов, on-job тренинг — для инженеров и других работников;
- основной мотив применения КТ (причина № 1) — необходимость тренинга операторов перед пуском ТП и/или РСУ;
- второй по значимости мотив (причина № 2) — необходимость отработки операторских действий в нештатных ситуациях;
- высокоточные КТ требуют модификации при изменениях ТП и РСУ.

Дозорцев Виктор Михайлович — д-р техн. наук, директор департамента высокотехнологичных решений и консалтинга» ЗАО «Хоневелл». Контактный телефон (985) 761-02-09.

Ключевые направления улучшения компьютерного тренинга — поддержка внедренных тренажеров, подготовка новых инструкторов, совершенствование тренажерной документации. Залог успеха тренажерного проекта — сочетание лучших тренажеров, высококлассных инструкторов и методик преподавания. Все важнее будет педагогический аспект тренинга [2, 9], фокус на подготовку технологических смен, увеличение так называемых «мягких эффектов» КТ, получаемых после пуска ТП и РСУ.

Аналогичное исследование на предприятиях России и стран СНГ представляется крайне актуальным (здесь тренажеров точно не меньше, чем в Норвегии). Возможно, в недалеком будущем оно будет осуществлено исследователями, представляющими независимые экспертные организации. Нет причин, по которым это не может быть сделано журналом «Автоматизация в промышленности».

Список литературы

1. Дозорцев В. М. Мировой рынок компьютерных тренажеров для обучения операторов: тенденции, вызовы, прогнозы // Автоматизация в промышленности. 2016. № 2. С. 17-20.
2. Дозорцев В. М. Компьютерные тренажеры для обучения операторов технологических процессов. — М., Изд. «Синтег». 2009.
3. Clymer, A.B. Justification of Purchase of Simulators or Simulation Equipment // Simulation. 1983. No. 11. Pp. 196-198.
4. Komulainen, T.M., Sannerud, R. Economic benefits of training simulators // WorldOil, Dec. 2012, Vol. 233, No.12, Dec. 2012. <https://oda.hio.no/jspui/bitstream/10642/1544/1/939013.pdf>.
5. Дозорцев В.М. и др. Компьютерный тренинг операторов: непреходящая актуальность, новые возможности, человеческий фактор // Автоматизация в промышленности. 2015. № 7. С. 8 - 20.
6. Abel, J. Operator Training Simulators. Best Practices Survey Results and Recommend // [http://www.arcweb.com/Blog/Post/840/Operator-Training-Simulators-\(OTS\)-Best-Practices-Survey-Results-and-Recommendations](http://www.arcweb.com/Blog/Post/840/Operator-Training-Simulators-(OTS)-Best-Practices-Survey-Results-and-Recommendations).
7. Abel J. Aging HPI workforce drives need for operator training systems // Hydrocarbon Processing, November 2011, pp. 11-16.
8. Dozortsev V.M., Kreidlin E. Yu. State-of-the-art Automated Process Simulation Systems // Automation and Remote Control. 2010. Т. 71. № 9. С. 1955-1963.
9. Дозорцев В.М. Обучение операторов технологических процессов на базе компьютерных тренажеров // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 1999. № 8. С. 31-40.

Оформить подписку на журнал "Автоматизация в промышленности" вы можете:

через каталоги "Роспечать" **81874** и "Пресса России" **39206** • сайт журнала <http://www.avtprom.ru> • Редакцию

Адрес редакции: 117997, Москва, ул. Профсоюзная, д. 65, офис 360 Тел.: (495) 334-91-30, (926)212-60-97 E-mail: info@avtprom.ru