

К вопросу оценки эффективности компьютерных имитационных тренажеров

Одним из направлений развития имитационного моделирования технологических процессов и оборудования нефтегазового комплекса является применение компьютерных имитационных тренажеров (КИТ) для обучения персонала [1]. Однако внедрение КИТ в образовательный процесс закономерно ставит вопрос об оценке эффективности тренажеров как технических средств обучения (ТСО). Отсутствие универсальных методик, позволяющих количественно оценивать эффективность применения тренажеров, приводит к взаимонепониманию между разработчиками и заказчиками данных средств обучения и не дает возможности обоснованно внедрять КИТ в процесс подготовки персонала предприятий нефтегазовой отрасли.

На сегодняшний день существует четыре основных подхода к оценке эффективности компьютерных имитационных тренажеров.

1 подход.

В основе данного подхода лежит оценка экономической эффективности процесса обучения, под которой понимается отношение стоимости обучения на КИТ к стоимости обучения на реальном оборудовании (объекте). Как правило, определяется соотношением

$$Effect_B = \frac{A \square B \square t_1}{C \square D \square t_2}, \quad (1)$$

где:

A - стоимость покупки (разработки) и внедрения КИТ, руб;

B - стоимость эксплуатации и ремонта КИТ (за определенный период), руб;

C - стоимость реального оборудования или его покупки (изготовления) и внедрения для процесса обучения, руб ;

D - стоимость эксплуатации и ремонта оборудования (за определенный период), руб;

*t*₁ - время необходимое для обучения персонала с использованием КИТ;

*t*₂ – время, необходимое для обучения персонала с использованием реального оборудования.

Данный подход в большинстве случаев свидетельствует о достаточно высокой «эффективности» тренажеров [1,5,6,7], имеет наибольшее распространение, отличается простотой расчетов, однако не учитывает качество подготовки персонала.

2 подход:

При данном подходе оценивается «педагогическая» эффективность, т.е.

«уровень» знаний, умений и навыков (ЗУН), полученный обучаемым при обучении на КИТ в отличие от обучения на реальном оборудовании. Количественно «педагогическая» эффективность определяется следующим соотношением:

$$Effect_B = \frac{A - B}{C - B}, \quad (2)$$

где

A - «уровень ЗУН», достигнутый после обучения на КИТ;

B - начальный «уровень» ЗУН (до обучения);

C - достигнутый «уровень ЗУН» после обучения на реальном оборудовании;

Основным отличием данного подхода является учет следующего комплекса факторов, характеризующих КИТ как ТСО:

- возможность провести на компьютерном имитаторе большее, чем на реальном оборудовании количество циклов обучения (или тренинга) за одно и то же время;
- обеспечение индивидуальной и (или) самостоятельной работы обучаемых;
- возможность визуального наблюдения внутренней структуры изучаемого оборудования, микро- и макрообъектов, технологических и природных процессов или явлений;
- возможность «масштабирования по времени» изучаемых процессов или явлений;
- возможность визуального наблюдения абстрактных понятий или концепций (например, визуализация накопления усталостных повреждений) и т. д.;
- возможность быстрого изменения конфигурации оборудования и параметров среды.
- оценка возможных последствий в случае неверных действий или ошибочных решений обучаемого;
- интерес к имитаторам, отсутствие ответственности и опасности, наличие возможности «экспериментировать»;
- возможность применения имитаторов при самостоятельной работе обучаемых и т. д.

Однако учет данных факторов при количественной оценке эффективности имитаторов с точки зрения повышения качества обучения, вызывает значительные трудности.

Основой разработанных на сегодняшний день методов определения «педагогической» эффективности при данном подходе является оценка восприятия и объема запоминаемой обучаемым информации, что можно легко измерить. Здесь следует отметить, что в вопросе эффективности восприятия и запоминания информации наблюдается большая схожесть

взглядов исследователей. С целью повышения достоверности оценки эффективности обучения при реализации данных методов в работе [2,3] предложено учитывать следующие факторы:

- временные (время реакции, выполнения действия или операций, время, затрачиваемое на исправление ошибки и т.д.);
- скоростные (производительность труда, скорость реакции, движения и т.д. – величины, обратные времени);
- точностные (величина ошибки в мерах физических величин (миллиметрах, углах и т.п.), количество ошибок, вероятность ошибки, вероятность правильного действия и т.д.);
- информационные (объем заучиваемого материала, перерабатываемой информации, объем восприятия и т.д.).

Следует отметить и другие факторы, такие как развитие творческих способностей, профессиональной интуиции и т.д. Но единого мнения о необходимости учета данных факторов и, как следствие, соответствующих методик, не существует.

Основными недостатками методов, реализуемых при данном подходе, является:

- применение «педагогических шкал» и «матриц компетенций», которые сложно связать с каким либо экономическим эквивалентом;
- необходимость оценки эффективности как результата переноса навыков из учебных условий на условия реальной работы [8].

По данной причине подход, связанный с количественной оценкой «педагогической» эффективности требует дальнейшего развития. При увеличении популярности и дальнейшем развитии имитаторов как технических средств обучения можно ожидать появления новых результатов исследований в данной области.

3 подход:

Основой данного подхода является оценка адекватности (степени схожести реального и имитируемого при помощи КИТ объекта или процесса) как меры эффективности КИТ. Данный подход сфокусирован на решении вопроса «насколько точно КИТ воспроизводит реальное оборудование и процессы». Его основным плюсом является то, что реализующие его методы учитывают следующие факторы, характеризующих КИТ как ТСО:

- уровень соответствия (подобия) синтезируемого изображения оригиналу;
- уровень соответствия синтезируемого звукового окружения оригиналу;
- уровень соответствия механизмов управления оригиналу;
- уровень соответствия условий окружающей среды (температура, давление, влажность, ветровая нагрузка и т.д.)
- адекватность и универсальность математических моделей, применяемых в иммитаторе;

- возможность работы в реальном времени и т.д.

Как правило, определяется соотношением:

$$Effect = w_1 \cdot A_{math} \cdot w_2 \cdot A_{universal} \cdot w_3 \cdot A_{Graphic} \cdot w_4 \cdot A_{Sound} \cdot w_5 \cdot A_{control} \cdot \dots \cdot w_i \cdot A_i, \quad (3)$$

где

A_{math} - адекватность математической модели (включая область адекватности);

$A_{universal}$ - универсальность математической модели;

$A_{graphic}$ - уровень соответствия синтезируемого изображения;

A_{sound} - уровень соответствия синтезируемого звукового окружения;

$A_{control}$ - уровень соответствия механизмов управления;

W_i - соответствующие «веса» факторов.

В качестве основного недостатка методов, реализующих данный подход, является необходимость применения экспертных оценок (при задании «весов» факторов и границ факторов на этапе разработки требований к имитатору). Рассматриваемый метод позволяет учитывать финансовые затраты при заданных уровнях адекватности, но не имеет прямого отношения к эффективности обучения (утверждение «чем более точно имитатор соответствует реальному оборудованию - тем лучше» не во всех случаях напрямую влияет на качество обучения).

Следует отметить достаточно интересную разновидность данного подхода - адекватность с точки зрения сенсорных процессов и восприятия. В этом случае уже решается вопрос не «как точно имитируется оборудование и различные технологические процессы?», а «насколько сильно различие в восприятии между обучением на КИТ и обучением на реальном оборудовании?». т. е. акцент смещается с оборудования на обучаемого. Для оценки адекватности (или схожести) восприятия необходимо проведение дорогостоящих и сложных исследований, т. к. таком подходе уже необходимо учитывать множество физиологических показателей:

- eye-трекинг (слежение за траекторией взгляда);
- биохимические изменения в крови обучаемого;
- регистрация электрической активности головного мозга и т. д.

В целом данный подход представляет значительный интерес не только с точки зрения оценки эффективности имитаторов, но и оценки профессиональной пригодности персонала к определенному виду деятельности (например, выявление физиологических или умственных ограничений при допуске к некоторым видам оборудования или работ).

4 подход:

Обобщенная эффективность - определяется на основе обобщений

результатов 1, 2 и 3 подходов. При данном подходе количественно эффективность КИТ определяется следующей зависимостью:

$$Effect = w_1 \square A \square w_2 \square B \square w_3 \square C , \quad (4)$$

где

A - экономическая эффективность, применительно только к процессу обучения;

B - педагогическая эффективность, т. е. «уровень» знаний, умений и навыков до и после обучения;

C - адекватность КИТ;

w_i - соответствующие «веса» факторов (видов эффективности КИТ).

Основным преимуществом данного подхода является комплексный учет факторов, характеризующих КИТ как ТСО (учет всех особенностей КИТ). При этом необходимо отметить следующие недостатки:

- влияния каждого фактора определяется методом экспертных оценок, который по сути своей является субъективным и в значительной степени зависит от опыта и квалификации экспертов;
- размерность получаемой «эффективности» существенно затрудняет применение данного подхода при экономическом обосновании разработки, приобретения или применения компьютерного имитатора для подготовки персонала.

Несмотря на указанные выше недостатки данный подход достаточно часто применяется на этапах принятия решений о приобретении КИТ: «в работе под эффективностью тренажера понимается его соответствие целям и задачам обучения, а также способностью обеспечивать и поддерживать ЗУН при приемлемых затратах на приобретение и эксплуатацию» [4].

Предлагаемый метод:

Основываясь на анализе приведенных выше подходов для оценки эффективности компьютерных имитаторов, авторами предложен новый подход, отличительной особенностью которого является рассмотрение КИТ не только как ТСО, но и как инструмента управления рисками. При таком подходе эффективность имитатора может быть определена на основе прогнозируемого снижения рисков (потерь) предприятия от ошибочных действий персонала (нарушение режимов и правил эксплуатации оборудования, нарушение технологии и т.д.), уровень подготовки которого формируется на основе применения КИТ («эффект от применения имитаторов - прогнозируемое снижение рисков в зависимости от затрат **на подготовку персонала с использованием КИТ**»). Количественная оценка эффективности при данном подходе определяется следующей зависимостью:

$$Effect = \frac{A - B}{C} , \quad (5)$$

где

A - ожидаемый риск (потери) с учетом текущего значения вероятности **влияния** человеческого фактора;

B - ожидаемый риск (потери) с учетом уменьшения вероятности **влияния** человеческого фактора за счет применения имитаторов при подготовке персонала);

C - затраты на разработку (приобретение) и применение (**эксплуатацию**) имитаторов в процессе подготовки персонала.

Данная зависимость учитывает временной фактор, т. к. **вероятности рисков A и B содержат в себе время (за 1 год, 1000000 часов или другой промежуток (период) времени)**

При использовании данного подхода эффективность КИТ может быть отнесена не только ко всему **рisku в целом**, но и **допускать частные «разрезы»**, а также иметь разные размерности. Иллюстрацией сказанного выше является пример, приведенный на рисунке 1 и 2. Здесь на диаграммах FTA и ETA цветом отмечены возможные исходы развития аварийной ситуации, связанные с влиянием человеческого фактора. Степень влияния данного фактора определяется (управляется) в процессе подготовки (тренинга) персонала с применением компьютерного имитатора. В данном случае эффективность КИТ может быть определена на основе следующих критериев:

- ожидаемое снижение вероятности относительно всех возможных исходов на диаграмме;
- ожидаемое снижение вероятности относительно исходов связанных только с человеческим фактором;
- ожидаемое снижение итоговой (корневой) вероятности аварии (негативного исхода) (только частота);
- ожидаемое снижение итоговой (корневой) вероятности аварии (негативного исхода) (стоимость*частота) и т. д.

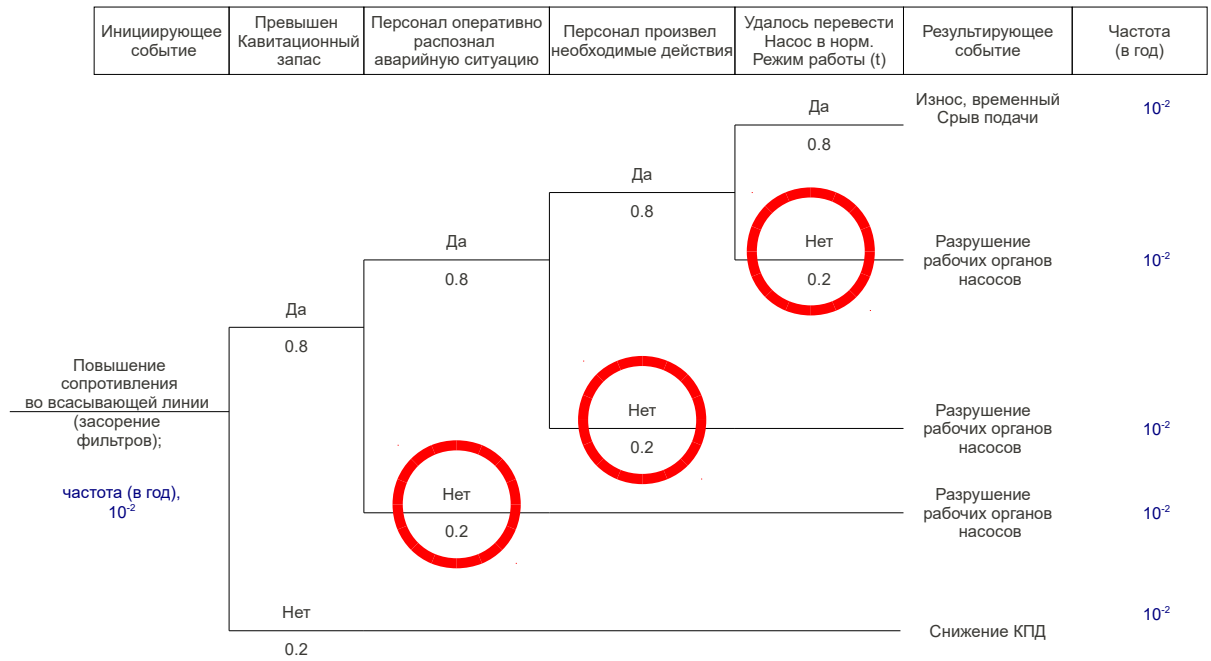


Рисунок 1. Вероятности событий, связанных с человеческим фактором на диаграмме ЕТА

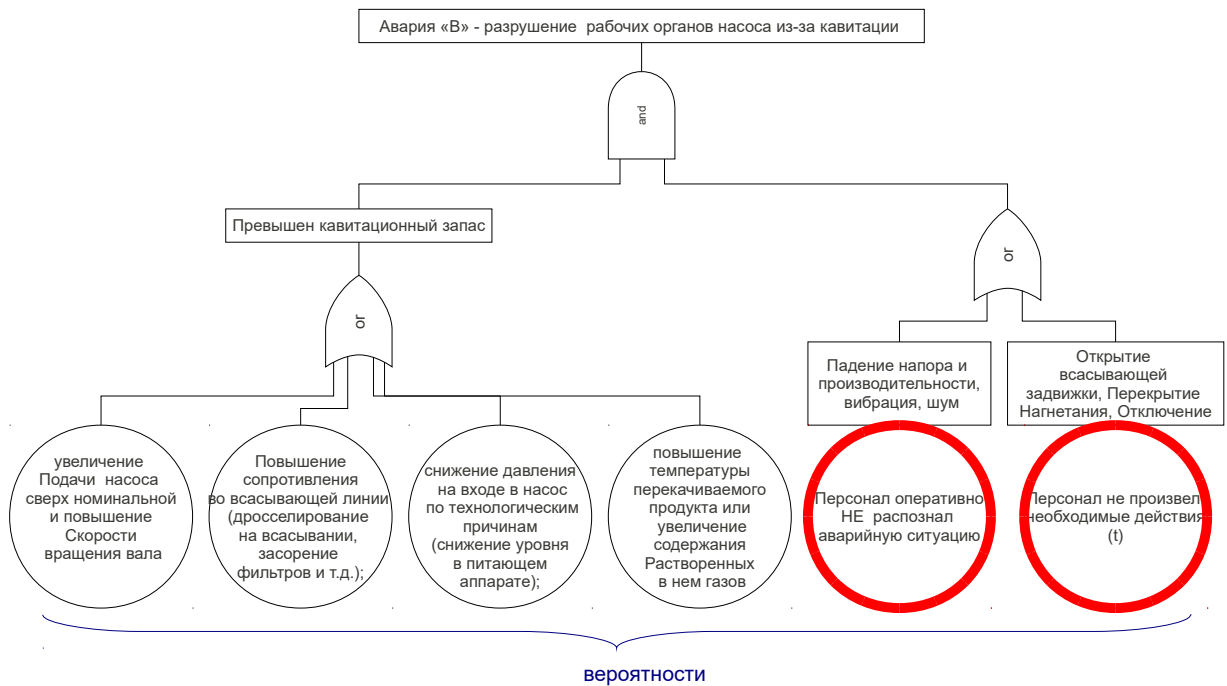


Рисунок 2. Вероятности событий, связанных с человеческим фактором на диаграмме FTA

Литература

1. Гаммер М.Д. Сызранцев В.Н. Голофаст С.Н. Имитаторы на базе программно-аппаратной платформы в техническом образовании. - Новосибирск: Наука, 2011. - 275 с.
2. Новиков Д.А. Закономерности итеративного научения. М.: Институт проблем управления РАН, 1998. – 77 с.
3. Новиков А.М. Анализ количественных закономерностей процесса упражнения. Методические рекомендации. М.: Высшая школа, 1976. – 22 с.
4. Гиниятов Ильнур Гумарович РАЗРАБОТКА ТРЕНАЖЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА НЕФТЕГАЗОВЫХ ОБЪЕКТАХ Специальность 05.26.03 – Пожарная и промышленная безопасность (нефтегазовая отрасль) диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук Уфа — 2009
5. Сызранцев В.Н., Гаммер М.Д. Виртуальный стенд для испытаний компрессора 4ВУ1-5/9 / В.Н. Сызранцев, М.Д. Гаммер // Региональная научно-практическая конференция “Информационные технологии в образовании”. - Тюмень: ТюмГНГУ, 2004.
6. Сызранцев В.Н., Гаммер М.Д. Компьютерные тренажеры для обучения студентов нефтегазового направления / М.Д. Гаммер, К.М. Черезов // Бурение и нефть, 2006. - №10. - С.34 – 36.
7. Сызранцев В.Н., Гаммер М.Д. Разработка и внедрение компьютерных тренажеров на кафедре МОНиПП в ТюмГНГУ / В.Н. Сызранцев, М.Д. Гаммер // Сборник уч.-мет. мат./ сост. М.М. Афанасенкова, Н.А. Аксенова. - Тюмень: ТюмГНГУ, 2005 - С.134-138.
8. Г. Салвенди. Человеческий фактор. В 6-ти тт. Т. 3. Моделирование деятельности, профессиональное обучение и отбор операторов: Пер. с англ./Эдвардс У., Кинг Сунь Фу, Гарг-Янардан Ч. и др.— (Часть I. Модели психической деятельности).—М.: Мир, 1991, —487 с.: ил.