

имеют погрешности монтажа, отклонения в положении подшипников осей вращения, несоосность осей вращения с геометрической осью вращения крыла и особенности опирания в наведенном положении на качающиеся стойки. Выполненные измерения подтвердили возможность возникновения в радиальных ребрах жесткости напряжений, близких к прочностным характеристикам стали, из которой изготовлена конструкция пролетного строения.

Библиографический список

1. **Учет** деформаций при оценке напряженно-деформированного состояния конструкций раскрывающихся мостов / Г.И. Богданов // Изв. Петербург. ун-та путей сообщения. – 2011. – Вып. 4 (29). – С. 29–36.
2. **Способы** разгрузки осей вращения раскрывающихся мостов и стабильность их пространственного положения / Г.И. Богданов // Украинский межотраслевой науч.-практич. семинар «Сучасні проблеми проектування, будівництва та експлуатації споруд на шляхах сполучення», 30 червня – 1 липня 1998 р., Київ : сб. докл. – Киев, 1998. – С. 13–16.
3. **Техническая** диагностика раскрывающихся мостов / Г.И. Богданов // Украинский межотраслевой науч.-практич. семинар «Сучасні проблеми проектування, будівництва та експлуатації споруд на шляхах сполучення», 30 червня – 1 липня 1998 р., Київ : сб. докл. – Киев, 1998. – С. 23–27.
4. **Оценка** долговечности разводных мостов раскрывающейся системы при отсутствии подклиники противовеса / В.В. Кондратов, Г.И. Богданов // Изв. Петербург. ун-та путей сообщения. – 2013. – Вып. 1 (34). – С. 96–99.
5. **Особенности** динамической работы пролетных строений разводных мостов раскрывающейся системы / В.В. Кондратов, Г.И. Богданов // Изв. Петербург. ун-та путей сообщения. – 2013. – Вып. 1 (34). – С. 100–108.

УДК 629.4.07

О. И. Копытенкова, О. Т. Алиев

Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТРЕНАЖЕРНО-ОБУЧАЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ЛОКОМОТИВНЫХ БРИГАД

В статье приведены примеры функциональных железнодорожных тренажеров и результаты их сравнительного анализа. Более того, рассмотрены модули построения обучающих комплексов на основе проблемно-ситуационного подхода, например, тренажеры, которые ориентированы на обучение специалиста с дальнейшей наработкой определенных навыков и умений. Современная тренажерная система должна включать в себя помимо средств зрительной симуляции также средства чувствительной симуляции, которые в основном формируют опыт и умение действовать в определенной обстановке.

железнодорожные тренажеры, обучающие системы, машинист, мультимедиа, интерфейс, симулятор, внешние факторы, внутренние факторы.

Введение

В последние годы в практике инженерной подготовки все чаще используют тренажерные комплексы. Тренажер позволяет построить обучение на основе проблемно-ситуационного подхода, реализовать активные методики обучения. Автоматизированная тренажерно-обучающая система (тренажер – автоматизированный аппаратно-программный функционально ориентированный комплекс для обучения человека и отработки определенных навыков и умений).

Тренажеры в современном понимании появились, когда возникла необходимость массовой подготовки специалистов для работы либо на однотипном оборудовании, либо со схожими рабочими действиями. В последнее время в связи с быстрой компьютеризацией мирового сообщества, с созданием сложнейшей техники, эксплуатация которой связана с риском для жизни не одного человека, но человечества в целом, возникла целая индустрия – тренажерные технологии.

Тренажерные технологии возникли и получили наибольшее развитие там, где ошибки при обучении на реальных объектах могут привести к чрезвычайным последствиям, а их устранение – к большим финансовым затратам: в военном деле, в медицине, в атомной энергетике, космосе, авиации и на железных дорогах [1, 2].

В общем случае тренажер представляет собой программно-аппаратный комплекс со своей структурой (рис. 1).

Моделирующий компьютер может быть столь же простым, как персональный компьютер, или таким сложным, как многопроцессорный сверхсовременный мини-компьютер. Компьютер моделирования связан с интерфейсом оператора через систему ввода-вывода. Интерфейс оператора может состоять как из панелей управления и контроля, так и из видеотерминалов и распределенной системы управления, обслуживающей видеотерминалы.

Имитационная модель представляет собой программные модели, используемые в имитационном компьютере, которые реалистично отображают взаимодействие компонентов и систем моделируемого процесса. Это наиболее важная часть тренажерной системы, от степени приближенности имитационной модели к реальному объекту или ситуации зависит качество получаемых навыков.

Интерфейс оператора позволяет обучающемуся манипулировать органами управления способом, приближенным или идентичным используемому в реальном процессе. Динамический отклик тренажера должен быть максимально приближен к отклику систем и компонентов реального объекта.

Интерфейс инструктора позволяет управлять работой тренажера, выбирать сценарий

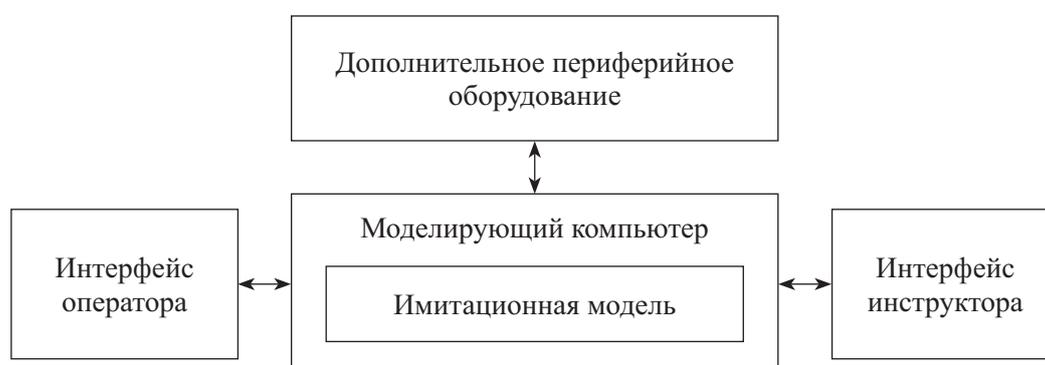


Рис. 1. Структура современных тренажеров

тренировки и начальное состояние имитируемого процесса, вводя сбои моделируемого процесса или его компонентов либо изменяя внешние факторы.

Дополнительное оборудование включает в себя принтеры, панели аварийной сигнализации и любое другое оборудование, необходимое для повышения реалистичности моделируемой окружающей обстановки или документирования процесса тренировки [1].

В обзоре приведены примеры железнодорожных тренажерных систем, разработанных в таких странах, как Россия, Германия, Украина и др. Системы для обзора выбраны таким образом, чтобы охватить максимально разнообразные способы их реализации и применения, а также выявить лучшие образцы тренажерно-обучающих систем.

1 Тренажер машиниста электровоза ЭП1 М

Тренажер машиниста электровоза ЭП1 М (Россия) (рис. 2) является тренажером нового поколения, созданным с использованием современных методов математического моделирования. Он предназначен для обучения ло-

комотивных бригад рациональным способам вождения поездов, вождению соединенных, тяжеловесных и длинносоставных поездов, действиям в нештатных и аварийных ситуациях на реальных участках пути, обслуживаемых локомотивной бригадой [3].

В тренажере моделируется работа всех основных систем электровоза во взаимодействии с объектами железнодорожной инфраструктуры.

Система визуализации – 3D графика – обеспечивает высокий уровень имитации путевой обстановки, возможность выбора погодных условий и дальности видимости. Тренажер имеет высококачественную систему имитации звуковой обстановки.

Управление тренажером производится с рабочего места машиниста инструктора с возможностью ввода любых неисправностей локомотивного оборудования, а также нештатных и аварийных ситуаций.

Тренажеры ПКБ ЦТ ОАО «РЖД» выпускают для различных серий грузовых и пассажирских локомотивов. Разработка и изготовление тренажеров осуществляется в сотрудничестве с ЗАО «Транзас Экспресс», ООО «АВП Технологии», ООО «Центр Речевых Технологий», ОАО «ВНИИЖТ» [4].



Рис. 2. Тренажер машиниста электровоза ЭП1 М

2 Тренажерный комплекс локомотивных бригад

Тренажерный комплекс локомотивных бригад (ТКЛБ) (Россия) разработан в 2011 г. специалистами ЗАО «ИНИУС» на базе универсального тренажерного комплекса (УТК) – комплекса инструментальных средств проектирования тренажеров для персонала систем контроля и управления, включающего средства для создания виртуального пространства (3D-модели) участков железной дороги, подвижного состава и инфраструктуры ОАО «РЖД» (рис. 3). Версия УТК 5.0 разработана на основе программы для 3D-моделирования и предыдущих программных продуктов ЗАО «ИНИУС».

В состав ТКЛБ входят: комплексный тренажер локомотивной бригады пассажирского тепловоза ТЭП70 БС; комплексный тренажер локомотивной бригады грузового тепловоза 2 ТЭ116У; пульт инструктора (руководителя тренировки).

Обучение на тренажерном комплексе тягового подвижного состава позволяет обеспечить выработку у локомотивных бригад навыков оптимального режима ведения поезда, действий в штатных и нестандартных ситуациях, взаимодействия с дежурным по станции и поездным диспетчером, освоения новых участков обслуживания [5].

Реакция тренажеров на действия обучаемых и инструктора базируется на динамических математических моделях процессов работы систем тепловоза и движения поезда, работающих в реальном масштабе времени и основанных на описании процессов дифференциальными уравнениями механики, переноса энергии, материального баланса. Модели тормозных устройств, систем управления, безопасности и т. д. соответствуют требованиям технических условий на эти устройства. Тяговые, тормозные расчеты, а также расчеты движения поезда соответствуют «Правилам тяговых расчетов для поездной работы». Моделируются процессы юза, буксования колесных пар, работы песочниц и других противоюзных и противобуксовочных средств, работа систем автоблокировки, сигнализации и безопасности, нарушения целостности тормозной магистрали поезда и т. п.

3 Многотиповой тренажерный комплекс «ТОРВЕСТ-М»

Компьютерный тренажерный комплекс «ТОРВЕСТ-М» разработан ЗАО НПЦ «СПЕКТР» (Россия), предназначен для обучения машинистов рациональным режимам вождения поездов, навыкам поведения в нестандартных ситуациях, устранением неисправностей (рис. 4).



Рис. 3. Тренажерный комплекс локомотивных бригад



Рис. 4. Многотиповой тренажерный комплекс

Комплекс состоит из рабочего места машиниста с реальными органами управления, приборами контроля и безопасности. В программном обеспечении тренажерного комплекса могут быть заложены любой маршрут следования, любое состояние сигнальных устройств, нештатные ситуации и т. п.

Тренажерный комплекс «ТОРВЕСТ-М» выполнен в виде симулятора поездного локомотива соответствующей серии со специализированной динамической платформой, которая позволяет обучаемому физически ощутить реакции, возникающие в процессе ведения поезда (толчки, удары, оттяжки при управлении автотормозами, а также наклоны в кривых участках пути и пр.). Окружающая обстановка выводится на монитор/проекционный экран (по желанию заказчика) и представ-

лена в формате реального видеоизображения участка пути [6].

4 Комплексный тренажер машинистов скоростных поездов

В 2009 г. компания Krauss-Maffei Wegmann GmbH & Co. KG (Германия) по заказу ОАО «РЖД» изготовила и поставила в Россию комплексный тренажер машинистов скоростных поездов ЭВС01/02 «Сапсан». Тренажер установлен в специально созданном Центре подготовки локомотивных бригад, функционирующем с 1 февраля 2010 г. в Санкт-Петербурге (рис. 5).

Выведение на экран или монитор изображений впереди лежащего пути и показаний



Рис. 5. Тренажер машинистов скоростных поездов «Сапсан»

сигналов создает реальную обстановку со всеми ее изменениями, характерными для ведения поезда на конкретном участке. Как и в реальной кабине управления, на пульт выводятся показания измерительных приборов и сигнальных устройств. Чтобы машинист мог принять адекватные меры по устранению возникшей неисправности, тренажер «Сапсан» оснащен всеми необходимыми средствами [7].

Особую роль играет интерьер кабины, где машинист чувствует себя в привычной для него рабочей обстановке. Не менее важно и создание реальной акустической среды. Для этого тренажер оснащен средствами воспроизведения всех звуков и шумов, которые свойственны кабине машиниста во время ведения поезда. Здесь же он видит и чувствует уклоны пути, их крутизну и спуски. Модуль динамики воспроизводит все вибрации, ощущаемые машинистом при ведении реального поезда [8]. Важна максимальная синхронизация характера испытываемых человеком нагрузок с тем, что он в это время видит на экране, так как мозг быстро реагирует на малейшие несоответствия.

5 Тренажеры на основе программы симулятора ZDSimulator

Отличительными особенностями тренажера для машинистов локомотивов на основе программы железнодорожного симулятора ZDSimulator (Украина) (рис. 6) являются: ре-



алистичные отлаженные годами физические характеристики локомотива, тормозов, состава; более 70 нештатных ситуаций по ведению поезда; более 200 неисправностей по электрической и пневматической схеме локомотива; единая база всех выпущенных маршрутов – как любительских, так и профессиональных; возможность создавать задания (сценарии); возможность тренироваться по сети с другими участниками под управлением диспетчера; неограниченная возможность доработок и усовершенствований тренажера; длительное сервисное обслуживание и обновление; домашняя offline-поддержка машинистов в виде программы ZDSimulator и возможность давать им домашние задания [9].

Схемы и аппараты локомотива детально проработаны. Программа изначально создавалась для российских (советских) железных дорог.

В симуляторе реализована возможность тренироваться по сети (мультиплеер), где реализованы возможности взаимодействия участников друг с другом, диспетчерское управление сигналами и движением.

6 Многофункциональные тренажеры Sydac

Компания Sydac (Австралия) является первооткрывателем широкого спектра технологий моделирования виртуальной реальности



Рис. 6. Тренажеры для машинистов локомотивов на основе программы ZDSimulator



Рис. 7. Многофункциональные тренажеры Sydac

(рис. 7). Такие международные компании, как London Underground, RailCorp, Eurostar, Bombardier Transportation и Boeing выбрали Sydac в качестве поставщика симуляторов.

Компания, основанная в 1988 г., имеет штаб-квартиру в Аделаиде (Южная Австралия), а также филиалы в трех Австралийских штатах и один – в Великобритании.

Мобильные тренажеры Sydac предлагают полный набор функций для обучения машинистов, совмещая данное решение с мобильностью всей системы. Они встроены в полуприцеп или стандартный товарный вагон, что позволяет легко переместить их в любое депо или на место тренировки [10].

Компьютерные симуляторы позволяют машинистам, проводникам, диспетчерам и многим другим быстро и эффективно усвоить обучающие материалы. Использование iTrain минимизирует время обучения и помогает достичь высоких результатов обучения.

Заключение

Сопоставление современных программных тренажеров показало, что большинство серьезных тренажерных систем представляют собой сложный программно-аппаратный комплекс. Именно такой вариант реализации обеспечивает максимальную эффективность подготовки специалистов. Преимуществами компьютерных тренажеров является их невысокая стоимость, компактность, возможность расположения практически в любом помещении. Недостатки проявляются в невозможности

обеспечения высокой степени приближенности к реальной обстановке моделируемого объекта, так как тренажеры формируют в основном знание предметной области.

В ряде областей применение компьютерных тренажеров сильно ограничено и допустимо только на начальных этапах обучения. В большинстве случаев требования к современным тренажерным системам и комплексам в настоящее время весьма жесткие, и перекрыть все имеющиеся нужды средствами только компьютерной графики невозможно. Более того, ряд тренажерных систем просто необходимо комплектовать симуляторами перегрузок (ускорений, действующих на тело обучаемого) для максимальной эффективности подготовки специалистов. Поэтому законченная современная тренажерная система должна включать в себя помимо средств зрительной симуляции средства чувствительной симуляции, которые в основном формируют опыт и умение действовать в определенной обстановке.

Библиографический список

1. Анализ существующих в РФ тренажерно-обучающих систем / А. В. Трухин // Открытое и дистанционное образование. Ассоциация образовательных и научных учреждений «Сибирский открытый университет» (Томск). – 2008. – № 1. – С. 32–39.
2. Мультимедиа тренажерные комплексы для технического образования / Н. Н. Филатова, Н. И. Вавилова, О. Л. Ахремчик // Образователь-

ные технологии и общество. Казанский государственный технологический университет (Казань). – 2003. – Т. 6, № 3. – С. 164–186.

3. **Тренажеры** нового поколения : особенности, возможности, перспективы / А.Г. Ройзнер // Локомотив. – 2012. – № 5. – С. 17–19.

4. **Группа компаний Транзас** [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.transas.ru/Simulation/Railway> (дата обращения 10.03.2014).

5. **Тренажерный комплекс локомотивных бригад** [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.inius.ru/index.php/trenazhery-lokomotivnyx-brigad.html> (дата обращения 10.03.2014).

6. **Многотиповой тренажерный комплекс** [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.rc-spectr.ru/catalog/product/category/tc/?itid=5> (дата обращения 10.03.2014).

7. **Комплексный тренажер машинистов скоростных поездов** [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.kmweg.com> (дата обращения 10.03.2014).

8. **Кузница кадров для «Сапсанов»** / В. А. Владимиров // Локомотив. – 2011. – № 6. – С. 5.

9. **Тренажеры для машинистов** [Электронный ресурс]. – URL : <http://zdsimulator.com.ua/trenazhery> (дата обращения 10.03.2014).

10. **Многофункциональные тренажеры** [Электронный ресурс]. – URL : http://www.sydac.com.au/en/products/mobile_simulators/mobile_simulators.jsp (дата обращения 10.03.2014).

УДК 519.2

М. М. Луценко, Н. В. Шадрцева

Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I

КООПЕРАТИВНЫЙ И ЧАСТОТНЫЙ ПОДХОДЫ К НАЗНАЧЕНИЮ ВЕСА ЗАДАНИЙ ТЕСТА

В работе сравниваются экспертный и частотный методы назначения веса заданий теста с кооперативным, рассмотренным авторами ранее [1, 2]. Определен вес Шепли заданий, найдены их значения для теста по теме «Интегральное исчисление». Сравнение проводилось по результатам тестирования студентов в 2010–2011 гг. Показано, что кооперативный вес является хорошим ориентиром при назначении веса заданий при известной структуре курса и времени на освоении его отдельных частей.

тестирование, вес заданий, кооперативные игры, вектор Шепли.

Введение

Тестирование как инструмент измерения уровня знаний давно и успешно применяется в обучении. За последние годы интерес к нему значительно возрос, что вызвано формализацией учебного процесса и развитием компьютерных средств контроля знаний. Появление математических моделей Раша, Бирнбаума

и др. существенно расширили теорию и дали возможность использовать современные математические модели: теорию параметризации педагогических тестов (Item Response Theory) [3], статистические игры [4].

Одной из проблем теории тестирования является задача определения веса задания теста [3]. В большинстве тестов вес заданий считается равным, но по мере усложнения структу-