

С. В. МЯМЛИН, Е. П. БЛОХИН, В. В. ЖИЖКО, Е. А. ПИСЬМЕННЫЙ (ДИИТ)

ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ Ж.-Д. ТРАНСПОРТА

Проаналізовано різноманітні тренажери з підготовки спеціалістів залізничного транспорту.

Проанализированы разнообразные тренажеры для подготовки специалистов железнодорожного транспорта.

In article varies types of simulators for training of specialists of railway transport analyzed.

Опыт подготовки специалистов различных специальностей на железнодорожном транспорте свидетельствует о том, что обучение состоит, как правило, из нескольких основных этапов: теоретическая подготовка, практические занятия и экзамены или тестирование. Особенностью проведения практических занятий для работников железнодорожного транспорта является использование технических средств, которые максимально приближают условия обучения к условиям дальнейшей профессиональной деятельности.

Для создания новых технических средств обучения представляет интерес анализ конструкций тренажеров для обучения специалистов железнодорожного транспорта различных профессий. Далее рассмотрим наиболее характерные конструкции, которые применяются как на железных дорогах, метрополитене, так и в учебных заведениях.

Так, в высшем военном техническом училище «Т. Каблешков» (Болгария, София) разработан и изготовлен тренажер для обучения локомотивных машинистов [1]. Он выполнен на модульном принципе. В качестве пространственной модели используется опыт управления локомотивом, на котором установлены все аппараты и приборы, необходимые для целей обучения. Динамическая система тренажера создает вертикальные и горизонтальные колебания кресла машиниста (максимальное перемещение в горизонтальной и вертикальной плоскостях 0,015 м, вертикальные ускорения до 1 м/с^2 и поперечные ускорения до $1,5 \text{ м/с}^2$).

Тренажер оборудован акустической системой для воспроизводства шумов при движении поезда, персональным компьютером и принтером, необходимыми для моделирования функционирования основных систем локомотива, движения поезда, сигналов и т. п. Во время

обучения непрерывно контролируются изменения скорости движения, тока и напряжения тяговых двигателей, давление в главном воздушном резервуаре, пройденный путь и расход энергии. Разработаны шесть тем для выработки навыков по регулированию силы тяги и торможения при трогании с места, для поддержания заданной скорости движения в тяговом и тормозном режимах и др. Приведено описание критериев и методика оценки действий обучаемого. После окончания занятий действия обучаемого оцениваются одним суммарным критерием.

В статье [2] приводятся сведения о подготовке кадров для железных дорог Германии. Так, система профессиональной подготовки предусматривает, что срок обучения профессии машиниста поездного локомотива должен длиться 11 месяцев, причем сначала учащиеся получают квалификацию машиниста локомотива-составителя поездов. Принята новая концепция подготовки персонала с широким использованием электронных тренажеров и методов имитационного моделирования режимов вождения поездов. Принимаются меры к тому, чтобы книжки расписаний движения поездов заменить соответствующими базами данных в бортовых ЭВМ.

В статье [3] рассматривается краткая история создания и дается анализ основных конструкций тренажеров для подготовки машинистов. Делается вывод, что пассивный полномасштабный тренажер вождения способен обеспечить действительно полномасштабное, в том числе по длительности, физическим и психологическим нагрузкам, взаимодействию с персоналом дороги и пассажирами обучение машинистов, эффективность которого будет выше, чем на любом из известных полномасштабных «активных» ж.-д. тренажеров, и при меньших затратах.

Для машинистов высокоскоростных электропоездов Париж–Берлин и Париж–Лондон разработан электронный тренажер [4], на котором имитируются все условия движения на соответствующей линии. Стоимость такого тренажера составляет 1,7 млн ф. ст.; первый образец тренажера установлен в депо Лондон–Ватерлоо в Англии, второй – в депо Хеллемс-Лилль во Франции.

Программа обучения машинистов включает занятия на тренажере общей продолжительностью не менее 20 часов, имеются аудиторские занятия и поездки с инструктором на электропоезде в заключительной стадии обучения. Особенность работы машинистов поездов международного сообщения состоит в том, что они должны вести служебные переговоры с поездными диспетчерами на языке той страны, на территории которой они находятся. Поэтому на тренажере отрабатываются регламенты переговоров с диспетчерами ж. д. Франции, Великобритании, Германии, Бельгии и Нидерландов. В процессе обучения машиниста на тренажере вся учебная группа в составе 10 человек может наблюдать его работу по индивидуальным мониторам.

В [5] описывается типовой тренажер, предназначенный для обучения локомотивных бригад в депо и выполненный на базе типовой персональной ЭВМ класса PC, пульта управления локомотива и блока видеозаписи для создания эффекта движения поезда на линии. В память ЭВМ заложена система математического обеспечения, включающая программы для выполнения тягового расчета, считывания информации с пульта управления локомотива и регулирования процесса воспроизведения видеозаписи синхронно с движением поезда.

Тренажер может быть использован также для групповых занятий; при этом используют отдельный пульт инструктора и дополнительные рабочие места, на которых имеются индивидуальные дисплеи с экраном 40×60 см для наблюдения процесса управления. Тренажер используется, в основном, для повышения квалификации локомотивных бригад и освоения экономических методов управления локомотивами.

Тренажеры для подготовки машинистов широко используются в локомотивных депо железных дорог Германии [6]. Современные тренажерные комплексы выполняются на базе универсальных ЭВМ, что позволяет реализовать существенные дидактические возможности по обучению путем соответствующего развития программного обеспечения. Обычно реа-

лизуется принцип программированного обучения с постепенным наращиванием сложности заданий и поэтапным контролем. Этот процесс в чистом виде применяется на начальном этапе обучения или при предварительном контроле. Последующие стадии обычно связаны с участием инструктора; при этом реализуется сложный интерактивный режим с одновременным участием обучаемого, обучающего и ЭВМ, которая регистрирует процесс обучения и в последующем может повторить его без участия инструктора. Подробно рассмотрен тренажерный комплекс на 16 мест.

Фирма CORYS (Франция) изготовила для Лондонского метрополитена тренажер типа LUCAS с компьютерной генерацией визуальной информации [7]. В память тренажера заложены параметры Юбилейной линии протяженностью 38 км. Инструктор может при помощи тренажера обучать машиниста не только ведению поезда в нормальных условиях, но также и при появлении технической неисправности в оборудовании поезда, причем всего можно имитировать 130 технических дефектов и 15 нестандартных ситуаций, например, задержку посадки пассажиров на станции, пожар в поезде и в тоннеле, отключение тяговой подстанции и т. д.

В [8] сообщается о разработке нового тренажера для обучения водителей с имитацией транспортного движения и использования DBAG для обучения водителей локомотивов и даже для принятия экзаменов. Фирмой Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) введен в эксплуатацию тренажер, электронную часть которого составляет Bremer STN ATLAS Elektronik GmbH. Тренажер состоит из отдельных модулей, например, кабины водителя GT6.

Цифровая видеосистема проецирует на экран 30-градусный сегмент кругового обзора транспортной обстановки в реальном времени. В компьютер заложено 64 км рельсовых путей Берлина. Система может управлять одновременно 40 участниками транспортного движения. Имеются дополнительные обучающие программы. Приведено краткое описание тренажера «Computer Based Training» фирмы Ustra Hannoversche Verkehrsbetriebe AG.

В статье [9] рассмотрены предпосылки использования тренажеров на ж.-д. транспорте, в частности, для обучения и аттестации машинистов, предъявляемые к ним требования, принятые в настоящее время конструктивные концепции. Приведены описания функциональных модулей тренажеров.

Моделирующие устройства начинают играть все более важную роль в методологии подготовки операторов, планирующих и контролирующих движение ж.-д. составов. Новая многофункциональная моделирующая система Messina [10] разработана компанией Vossloh technical systems (Германия) в сотрудничестве с венгерской фирмой TSTS и гамбургским консультативным обществом НС. Первый тренажер поступил в ж.-д. центр Гамбурга в конце 1998 г.

Проектно-информационная компания Sydac (Австралия) разработала мобильный тренажер [11], предназначенный для подготовки машинистов ж.-д. компании Queensland rail (QR), парк которой пополнился 38 новыми дизельными электровозами класса 4000. При необходимости тренажер может быть переоборудован в полутрейлер автомашины и легко доставлен в любое депо или учебный центр QR. В банке данных тренажера содержится информация о 30 различных типах вагонов и 5 типах тормозного оборудования.

В современных российских центрах подготовки специалистов по управлению транспортными средствами, например, Исследовательский центр «СПЕКТР» (Екатеринбург) под руководством профессора В. Е. Поповаг широкое применение находят специализированные тренажеры [12], позволяющие отрабатывать различные методы управления движением транспортных объектов, экономить средства на обучение, переподготовку кадров и повышение профессионального мастерства.

Изменение условий эксплуатации подвижного состава российских железных дорог (увеличение в кабине локомотива количества приборов безопасности, переход на вождение поездов в одно лицо) при использовании морально и физически устаревшего локомотивного парка определяет возросший уровень требований к профессиональной подготовке машинистов. Но при подготовке локомотивных бригад недостаточное внимание уделяется применению вычислительных комплексов и систем для обучения рациональным и безопасным режимам управления поезда.

В учебных классах локомотивных депо, дорожно-технических школах подготовка машинистов проводится на физических тренажерах (стендах), в лучшем случае, полностью имитирующих кабину локомотива и установленное в ней оборудование, что не позволяет отрабатывать навыки и умения управления при ведении поезда по реальному профилю. Оснащение учебного процесса компьютерными тренажер-

ными комплексами позволит выполнять целевые учебные «поездки» с видеовоспроизведением реального участка пути, соответствующим звуковым сопровождением, управлением реальными органами при наблюдении за показаниями приборов контроля и сигнализации, расположенных на пульте тренажера. Наибольший интерес в подобных комплексах и системах представляет программное обеспечение, которое определяет функциональные возможности и степень приближения персонала к реальным условиям работы.

Для железнодорожных транспортных объектов определяющими являются вопросы разработки математических моделей процессов в тормозной системе (ТС) и моделей динамики движения поезда. В основу разработанного компьютерного тренажерного комплекса положено программное обеспечение (ПО), построенное по модульному принципу.

Акционерное общество «Германские железные дороги» (DB AG) заказало фирме Krauss-Maffei Wegmann GmbH & Co. KG (Мюнхен, Германия) дополнительно шесть тренажеров для обучения машинистов пригородных и местных поездов [13]. Заказ предусматривает два тренажера для локомотива 143/112, два – для 423-426 и по одному – для дизель-поездов 628 и 612. Тренажеры воспроизводят реальную ситуацию, включая звуковое сопровождение.

В 1996 г. в г. Фулда (Германия) был принят в эксплуатацию новый учебный центр железных дорог Германии (DB AG), в котором учебная подготовка машинистов локомотивов организована на основе компьютеризованной системы обучения (СВТ) [14]. Основой этой системы являются тренажеры, на которых средствами моделирования имитируются условия движения локомотива и поезда. В настоящее время подготовку машинистов локомотивов осуществляют 10 учебных центров, специализированных по типам локомотивов. Такие центры имеются в Гамбурге, Мюнхене, Берлине и других городах.

В учебных центрах Германии, внедряются новые методы обучения, основанные на использовании специальных тренажеров-модуляторов [15]. Работая на тренажере, обучающийся как бы находится в виртуальном пространстве, в максимальной степени приближенном к реальности. На тренажере предусмотрен полный комплекс устройств управления локомотивом, имитируется маршрут движения с возможной обстановкой в процессе управления движением, предусмотрена возможность обзора.

Для приближения к реальности работа на тренажере сопровождается шумом, аналогичным реальному шуму во время движения поезда. Использование тренажеров модуляторов значительно повышает качество обучения. Основательное обучение водителей, работающих на трамвайных и городских ж. д., является залогом безопасности при эксплуатации транспорта уличного и ближнего загородного сообщения.

В Моринге строится новый центр для обучения водителей с имитатором вождения и движения [16], который позволит повысить эффективность и снизить стоимость обучения соответственно на 25 и 10 %. Разработанный имитатор представляет собой тренажер, расположенный в звукоизолированном помещении, нижний этаж которого занят вычислительным комплексом, а верхний оборудован как зрительный зал.

В состав имитатора входят: видеосистема для имитации внешней обстановки в направлении движения; система для имитации продольного и поперечного ускорения, а также вибраций; процессор, имитирующий динамическое состояние, влияние окружающей среды, функциональную логику приводных, управляющих и защитных устройств, индицирующих и указательных приборов, модели кабины водителя и части салона; устройства воспроизведения аварийного торможения. С помощью имитатора обеспечиваются: первичное обучение водителей, повышение их квалификации, усвоение методики поведения в стандартных и стрессовых ситуациях, отработка реакции на изменение рабочих условий, восстановление навыков после болезни.

Массовое внедрение тренажеров, выполненных на базе компьютерных технологий, началось в 2000 г., когда в Мюнхене были введены в постоянную эксплуатацию 6 установок для обучения машинистов типа 423 и 426. На этих тренажерах использовались программы обучения двух уровней – для начального обучения и для последующего контроля и повышения квалификации (класса) [17]. Типовой тренажер предполагает наличие двух рабочих мест – для обучаемого машиниста и инструктора, который контролирует процесс обучения в реальном режиме времени.

На втором этапе созданы тренажеры для обучения и периодического контроля машинистов высокоскоростных электропоездов ICE. Особое внимание уделено взаимодействию с системой автоведения, а также оценке быстроты реакции машиниста на изменение обстановки на ж.-д. линии. Всего на тренажеры на базе типовых персональных компьютеров на ж. д.

Германии израсходовано 36 млн дол. США, причем значительная часть этих средств ушла на создание системы изображения пути, как он виден из кабины машиниста (система CGI-Technik). Это изображение адаптируется к конкретным условиям (время года и суток, метеорологические условия и т. д.), которые задает машинист-инструктор со своего пульта.

В [18] рассмотрены особенности новых информационных технологий, используемых при создании компьютерных тренажеров и обучающих систем. Излагаются примеры реализации новых информационных технологий при проектировании тренажерных комплексов.

В [19] отмечается, что поездной тренажер, выпущенный фирмой Microsoft, представляет сценарий поездки протяженностью 1 000 км с различными климатическими условиями (включая моделирование буксовки колес) и аутентичным шумом, отвечающий требованиям инструкции. Использование тренажеров отвечает концепции подготовки кадров на компьютерной основе, включающей снижение непроизводительных затрат, повышение эффективности использования учебного времени и согласованности действий персонала. Такие крупнейшие операторы как Amtrak, BNSF в США и JR Kyushu Odakyu Electric Railway в Японии расширяют использование тренажеров для подготовки кадров.

В апреле 2002 г. в Лилле (Франция) состоялась ежегодная международная конференция по вопросам обучения и подготовки специалистов ж.-д. транспорта (RTIC) [20]. Одной из основных обсуждавшихся на ней проблем стала проблема интеграции учебных тренажеров в существующую систему подготовки кадров.

Традиционно обучение машинистов поездов является весьма затратным по стоимости и времени. Сейчас на обеспечение базисной подготовки одного машиниста расходуется 40 тыс. ф. ст. в течение 11 месяцев. В современных условиях постоянного роста затрат и требований к эффективности вождения составов совершенствование учебного процесса становится все более необходимым.

Теоретическую подготовку обычно осуществляет один инструктор в группе из 12 учащихся. Но каждому из них требуется значительная профессиональная практика, которая проводится на индивидуальной основе в реальных или критических положениях. В подобных ситуациях наиболее эффективно использование различных тренажеров. Рассматриваются требования, предъявляемые к тренажерам, и критерии их функционирования.

В [21] описана возможность решения задачи для повышения качества подготовки машинистов, при использовании опыта создания тренажно-моделирующих комплексов, разработанных для подготовки космонавтов и летчиков. Подобный комплекс для подготовки машинистов электровозов 3-го поколения включает в себя комплексные и специализированные тренажеры и функционально-моделирующие стенды для предтренажерной подготовки. Такой состав средств комплекса исключает разрыв между этапами теоретического и практического обучения.

Важным элементом тренажерно-моделирующего комплекса для подготовки машинистов электровозов является система имитации обстановки, которая позволяет создавать для машиниста адекватную реальной картину закабинного пространства. Эта задача успешно решается уже созданными синтезирующими системами имитации визуальной обстановки для тренажеров пилотируемых космических аппаратов. Использование такой системы позволяет моделировать закабинное пространство таким образом, чтобы машинисту предъявлялись любые ситуации, возникающие на участке пути (в т. ч. изменяющиеся погодные условия, время суток и т.п.). Процесс создания визуальных моделей закабинного пространства в такой системе, благодаря возможности использования программных средств 3D Studio Max, Corel Draw, может быть полностью автоматизирован.

Для иллюстрации основных направлений создания средств визуализации железнодорожных тренажеров [22] рассмотрены тренажер машинистов метрополитена фирмы «Технокомплект», применяемый в депо «Владыкино» (Москва), тренажер машинистов магистральных поездов, разработанный при сотрудничестве с Отраслевой научно-исследовательской лабораторией динамики и прочности подвижного состава (ДИИТ) и тренажер Научно-исследовательского и учебного центра проблем транспортной медицины (ХарГАЗТ) для Учебного центра подготовки железнодорожников (Тегеран).

Оба тренажера выполнены на базе персональных компьютеров, имеют макеты реальных кабин, полный набор натуральных органов управления, сопряженных с ПЭВМ, перед кабинами располагаются проекционные экраны визуальной имитации. Основным отличием представленных тренажеров является применяемый способ визуализации восприятия движения.

В тренажере метрополитена используется оцифрованная видеосъемка реальной линии московского метрополитена, в другом же слу-

чае используется интерактивная графическая модель, созданная на основании видеосъемки реального участка железной дороги Андимешк–Горун (Иран) протяженностью 200 км.

Фирма CORYS T.E.S.S (г. Гренобль, Франция) является ведущим производителем тренажеров [23], которые выполняются под конкретный тип локомотива и позволяют путем смены программы имитировать профиль и план пути, а также обеспечивают видеоизображение линии, предварительно заснятое видеокамерой.

Особенности движения наблюдателя в модели трехмерного пространства в имитаторах визуальной обстановки тренажеров обучения водителей локомотивов (перемещение строго в заданном направлении, обусловленном наличием железнодорожных путей) позволяют упростить задачу создания компьютерного генератора изображения (КГИ) [24] по сравнению с решением аналогичной задачи в авиационных тренажерах при сохранении всех требований к обучающим системам.

В рассматриваемом случае достаточно снять при движении видеофильм камерой, закрепленной на штативе, с места расположения основного водителя локомотива, оцифровать кадры и затем разработать КГИ, который синтезирует картину, исходя из точки расположения наблюдателя в пространстве.

Компания Vossloh System-Technik разработала систему, которая имитирует все функции центра управления электронной сигнализацией, необходимые для обучения оператора. Основным принципом состоял в том, чтобы как можно точнее воспроизвести реальную оперативную обстановку, включая правила сигнализации для данной железной дороги и детальную схему путей каждой станции.

Аппаратное обеспечение системы состоит из стандартных промышленных персональных компьютеров, объединенных в локальную сеть с использованием протокола связи ТСР/ІР. Аппаратное обеспечение недорогое, т. к. используются стандартные изделия и протоколы передачи данных; система мобильна, и ее можно без труда переместить туда, где требуется обучение операторов. Типичная конфигурация – это персональный компьютер инструктора с одним монитором и два рабочих места стажеров с восемью мониторами каждое, стандартная конфигурация автоматизированных рабочих мест в оперативных центрах управления DB Netz на сети железных дорог Германии.

Во время обучения оператор пользуется дисплеем, идентичным тому, что находится в реальном центре управления. На тренажере можно воспроизвести до 300 вероятных аварийных ситуаций. Диапазон весьма широк – от перегорания сигнальных ламп и выхода из строя рельсовой цепи до более сложных ситуаций, таких как отказ перевода стрелки или потеря мощности двигателем привода стрелки.

Можно моделировать отказы системы, запустив в действие специальную оперативную методику вместо путевой блокировки, имитировать различные степени нарушения энергоснабжения, моделировать неполадки в самом центре управления – от нарушения полного светового спектра на мониторах до сбоя в компьютерной системе и включения резервных систем. Персонал может практиковаться при различных степенях нарушения энергоснабжения в соответствии с характеристиками реальной системы сигнализации, для работы с которой их готовят. Аварийные ситуации задаются инструктором с использованием диалогового блока внутри обучающей программы. Обучаемый должен проанализировать ситуацию на экране дисплея и предпринять соответствующие действия, исходя из правил сигнализации и доступного выбора вариантов.

В статье [26] обсуждается опыт Национального общества железных дорог Франции (SNCF) по профессиональному обучению персонала при помощи компьютерного тренажера, позволяющего в деталях воспроизводить ситуации, в которых может оказаться машинист поезда. Тренажер предлагает широкий выбор материальной части, пути, погоды и времени суток.

В докладе [27] предложен принцип построения диспетчерского тренажера на базе вычислительной сети с локально-распределенными ресурсами решающих элементов.

Обработка информации на распределенной вычислительной системе основана на декомпозиции технологического процесса обслуживания поездов на участке и выделении локальных задач – технологических зон обработки – с последующим закреплением за каждой зоной своего решающего элемента. Распределенная вычислительная система представляет собой многомашинную сеть и предполагает программно-аппаратную реализацию решающих элементов микропроцессорными средствами.

Тренажер позволяет решать задачи контроля, ведения динамической модели поездного положения и моделирования хода развития поездных ситуаций на объекте управления с целью выбора оптимального варианта принятия управленческого решения.

Использование предложенного принципа построения позволяет снизить трудоемкость процесса разработки математического обеспечения, повысить быстродействие функционирования системы при сравнительно недорогом микропроцессорном оборудовании. Появляется возможность тиражирования подобных систем при их вводе.

Оснащение путевого хозяйства высокопроизводительной техникой, оборудованной автоматизированными системами управления с применением компьютерных устройств требует нового подхода к подготовке квалифицированных кадров [28]. Недопустимо обучать людей, как это нередко делается, непосредственно на производстве в весенне-летний период. При этом дополнительно расходуются горючесмазочные материалы, тормозится ход ремонта пути, неизбежны ошибки в управлении машинами, что приводит к поломке систем и механизмов, неправильной выправке пути.

Чтобы снизить затраты специалисты службы пути и технической политики Приволжской дороги, Ершовского завода путевых машин и научно-технический центр «Инженер» предложили комплекс аппаратно-программных средств, позволяющих в короткий срок (3–4 мес.) создавать тренажеры для повышения квалификации машинистов любой техники.

Создавая комплекс и подбирая инструментальные средства, авторы идеи добивались возможности быстро перенастраивать систему для конкретной машины. Тогда же они сформулировали и основные требования к тренажеру. Он должен быть компактным и приспособленным для эксплуатации в учебных классах дорожно-технических школ; содержать пульты и органы управления, повторяющие реальные или максимально приближенные к ним; все воздействия обучаемого на органы управления должны фиксироваться, а реакция машины на эти контакты отображаться на контрольно-измерительных приборах (стрелочных индикаторах, сигнальных лампах, звуковых сигнализаторах и т. д.) пультов; показывать перемещение рабочих органов машины в ходе выполнения технологического процесса; имитировать его динамику и отражать события в реальном масштабе времени; оценивать и анализировать действия обучаемого; рассчитан на ввод различных сценариев тренировок в соответствии с утвержденной учебной программой; и, конечно, быть доступным по цене.

Энергодиспетчерские центры в настоящее время оснащены управляющими ЭВМ, которые работают в реальном масштабе времени по программе SCADA и самостоятельно без участия человека отрабатывают все стандартные ситуации [29]. Однако в нестандартных ситуациях ЭВМ обращается за решением к энергодиспетчеру. Поэтому от последнего требуется способность быстро принимать решения в нестандартных ситуациях, которые обычно могут быть отнесены к аварийным или предаварийным состояниям тяговой энергосистемы 110 кВ 16 2/3 Гц. Эти ситуации отрабатываются на тренажере, установленном в энергодиспетчерском центре в г. Инсбрук. Предусмотрены режим обучения с последующим разбором действий обучаемого энергодиспетчера и режим контроля знаний с автоматической оценкой действий энергодиспетчера в имитируемой нестандартной ситуации.

В статье [30] авторами рассматривается актуальность использования тренажеров для обучения работников железнодорожного транспорта. Проанализированы общие принципы построения тренажеров и даны подходы для разработки тренажеров машинистов локомотивов и тренажеров для обучения поездных диспетчеров метрополитена.

В статье [31] проводится общее описание модульных тренажеров для железнодорожных диспетчеров, которые разработаны и поставляются фирмой Vossloch System-Technic (VST) для обучения и тренировки диспетчеров железных дорог в Германии, Австрии и работников местных компаний общественного транспорта. Поставляемый модульный тренажер способен воспроизводить особенности всех имеющих важное значение новых электронных установок для электронной централизации и взаимоблокировки при соблюдении условия воспроизведения всех реалий практической работы железнодорожных диспетчеров.

В харьковском метрополитене ведутся работы по созданию новых и совершенствованию уже существующих систем профотбора и тренажерных комплексов [32]. Тренажер машиниста метрополитена – это программно-аппаратный комплекс, предназначенный для обучения машинистов безопасным и энергосберегающим технологиям вождения, повышения профессионального мастерства машинистов путем обучения действиям в нестандартных и аварийных ситуациях, всесторонней и объективной оценки квалификации машинистов электродепо. Описаны структура, состав и функции тренажерных комплексов, а также сценарии обучения и модели объектов метрополитена.

Повышение требований к технологии оперативного управления приводит к необходимости улучшения качества подготовки специалистов [33]. Одним из основных звеньев программно-технических комплексов в учебно-тренировочных центрах является АРМ-ДНЦ с системами автоматического ведения графика исполненного движения.

В работе [34], разработана математическая модель газодинамических процессов, происходящих в тормозной сети поезда, с целью технологического обеспечения измерений параметров, в т. ч. процессов, происходящих в тормозной сети поезда при ускоренной проверке на эффективность по анализу начального периода торможения и предложено уравнение для расчета изменения повышения давления воздуха в тормозной магистрали любого из вагонов, приведено его решение методом последовательного приближения.

Разработаны программы для тренажера предназначенного для специалистов, связанных с управлением, ремонтом и обслуживанием автотормозов (машинистов, помощников, слесарей по техническому обслуживанию и ремонту автотормозов локомотивов и вагонов на ПТО, в ТЧ и ВЧД).

Разработаны база данных и технология управления надежностью подвижного состава и безопасностью движения. Проведены эксплуатационные испытания БАС КВЛ-Т, КВЛ-ДТ (бортовой информационно-измерительной системы) с измерением параметров автотормозов ($P_{ТМГ}$, $P_{ТМХ}$, $P_{ТУХ}$, $P_{КМ}$) и поезда (V , S , S_D , V_{II} , $V_{КГ}$) в 1996–1999 гг. на участках Куйбышевской железной дороги. Разработано бортовое микропроцессорное устройство и алгоритм оценки эффективности тормозных средств поезда с использованием БАС КВЛ-Т.

Учеными Петербургского государственного университета путей сообщения ПГУПС под руководством Н. А. Сапунова, А. И. Кожевникова и А. Н. Титаренко разработана и впервые в отрасли внедрена на станциях Новороссийск и Краснодар-Сортировочный сетевая модель компьютерного тренажера-имитатора [35], позволяющая отрабатывать устойчивые навыки работы в нестандартных ситуациях на нескольких рабочих местах во взаимодействии друг с другом. Разработанный в Лаборатории систем тренажа операторского персонала ПГУПС программно-информационный комплекс тренажера-имитатора включает широкий арсенал средств для отработки навыков оперативного мышления при работе в разных ситуациях.

Важнейшими из них являются основная рабочая программа, позволяющая в рабочем режиме тренажера-имитатора создавать любые ситуации с неисправностями и отрабатывать первичные навыки оперативного мышления ДСП, ряд демонстрационно-тренировочных программ, воспроизводящих тот порядок действий, который выполнен в рабочем режиме, а также проводить первичные тренировки с получением подсказок.

Кроме того, программно-информационный комплекс включает ряд вспомогательных файлов, предназначенных для записи выполняемых действий, их демонстрации, последующего воспроизведения и тренировки, а также справочные файлы, содержащие перечень кодов, формат записи подсказок и пояснений и сведения о создаваемых ситуациях. Наличие компьютерных систем обучения и тренажа позволяет существенно улучшить подготовку оперативных работников станции.

Использование компьютерных тренажеров-имитаторов на технических занятиях обеспечивает систематическое приобретение навыков одновременно с теоретическим обучением. Теоретическое обучение органически увязывается с приобретением практических навыков работы в экстремальных условиях путем участия обучаемых в выполнении программ одновременно на трех компьютерах (согласно числу рабочих мест), где имитируется деятельность работы станции в целом.

Работы по созданию тренажера поездного диспетчера линии метрополитена были начаты кафедрой «Управление и информатика в технических системах» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ) по инициативе Московского метрополитена и при непосредственном участии его сотрудников совместно с Московским комитетом по науке и технологиям в 1998 г. Модульное построение тренажера позволяет изменять модели подсистем в соответствии с особенностями каждой линии.

С 2000 г. эксплуатируется тренажер поездного диспетчера Замоскворецкой линии. В настоящее время ведутся работы по вводу в опытную эксплуатацию тренажера для Серпуховско-Тимирязевской линии. Тренажер является эргономической лабораторией, которую можно использовать для апробации новых технических средств, используемых при управлении объектами, и новых способов визуализации информации.

В статьях [37–39] представляется игра Train Simulator, позволяющая ощутить себя на месте машиниста одного из нескольких локомотивов на одной из ж.-д. трасс. Отмечается, что при всех высоких характеристиках видеоигра не может служить тренажером для профессиональных машинистов. Стоимость игры 399 франков.

В Отраслевой научно-исследовательской лаборатории динамики и прочности подвижного состава (ОНИЛ ДППС) Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна (ДИИТа) также разработан специализированный тренажер. Этот тренажер представляет собой программно-аппаратный комплекс с натурными органами управления локомотива для различных серий электровозов, тепловозов, дизель- и электропоездов [40–51].

В состав тренажера входят также модель тормозной системы локомотива и вагонов, система имитации вибрации и перемещений кабины локомотива в зависимости от режима ведения, плана, профиля пути и стыковых неровностей рельсов.

Отличительной особенностью разработанных в ДИИТе тренажеров является наличие программы моделирования продольной динамики поезда с учетом тягово-энергетических характеристик локомотивов. Уточнение паспортных характеристик локомотивов, производится путем проведения поездных и тягово-энергетических испытаний с использованием оригинальных методик и специальных измерительных комплексов.

Программная часть тренажера машиниста может быть также дополнена программой моделирования пространственных колебаний локомотива, вагона, сцепа вагонов, всего поезда в целом [52; 53]. Это дает возможность кроме обучения профессиональным навыкам вождения поездов производить моделирование переходных режимов движения и нештатных (аварийных) ситуаций для оценки показателей безопасности движения исходя из конкретных условий. Также к характерной особенности этих тренажеров относится то, что визуализация набегающего ландшафта не оцифровывается по имеющемуся видеоизображению, а прорисовывается в деталях, и формируется из имеющейся библиотеки объектов, что позволяет создавать интерактивное изображение, которое дает возможность машинисту-инструктору вносить оперативные изменения в поездную ситуацию и максимально приближает условия обучения к реальным.

Таким образом, проведенный обзор конструкций технических средств обучения специалистов железнодорожного транспорта, позволяет сделать следующие выводы:

1. Использование тренажеров целесообразно включать в программу подготовки и сертификации специалистов.

2. Применение тренажеров сокращает время и стоимость подготовки специалистов и способствует отработке профессиональных навыков, как в стандартных, так и в нестандартных ситуациях.

3. Кроме профессионального отбора при подготовке специалистов имеется возможность отработки прогрессивных методов эксплуатации (для машинистов – освоение безопасных и ресурсно-сберегающих технологий вождения поездов, для диспетчеров – рациональное поведение в различных эксплуатационных ситуациях).

Практически все рассмотренные тренажеры разрабатывались с использованием ЭВМ, а для варианта группового обучения используются информационные локальные сети.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нантев Ф. Тренажер за обучение на локомотивни машинисти // Железопът. трансп. – 1995. – № 9. – С. 32–35. – Болг.
2. Geschäftsbereich Traktion als Dienstleister // Deine Bahn 1995г. – 23.– № 9. – С. 551–554.
3. Карасов И. С. Каким быть тренажеру для подготовки машинистов // Ж.-д. трансп. – 1996. – № 1. – С. 20–23.
4. Eurostar simulator train drivers // Railway Gaz. Int. – 1993. – 149. – № 3. – С. 140.
5. Kögl B. Fahrtrainern für die Ausbildung von Triebfahrzeugführern / B. Kögl, O. Bungers // Elek. Bahnen. – 1996. – 94.– № 8, 9. – С. 261–266.
6. Hertmann M. Simulations destützte Ausbildung // Deine Bahn [DB: Deine Bahn]. – 1996. – 24. – № 11. – С. 652–656.
7. JLE simulator // Mod. Railways. – 1997. – 54. – № 583. – С. 230.
8. Neue technologiegestützte Ausbildungssysteme // Nahverkehrs-Prax. – 1999. – 47. – № 3. – С. 18–19.
9. Делооз Ф. Применение тренажеров на железнодорожном транспорте // Ж. д. мира. – 1999. – № 9. – С. 47–51, 79.
10. Schwentke R. Multifunction simulator developed for Hamburg / R. Schwentke, I. Hrivnak, A. Dobrosi // Int. Railway J. – 1999 – 39. – № 4. – С. 25–27.
11. Sydac develops mobile locomotive simulator // Int. Railway J. – 1999. – 39. – № 4. – С. 28.
12. Попов В. Е. Компьютерные тренажерные комплексы и системы на железнодорожном транспорте / В. Е. Попов, В. С. Наговицын, Е. В. Ткаченко, А. В. Безверхий // Вестн. акад. трансп. Рос. Федерации. – 1999. – № 2. – С. 209–212.

13. Sechs Fahrtrainern für DB Regio AG bestellt // Deine Bahn. – 1999. – 27. – № 7. – С. 446.
14. Hartmann Manfred. Drei Jahre simulationsgestützte Ausbildung des Triebfahrzeugpersonals // Deine Bahn. – 2000. – 28. – № 8. – С. 482–485.
15. Simulationsgestütztes Training für Triebfahrzeugführer in der Aus – und Fortbildung. Klingsporn Jürgen. Deine Bahn. 2001. – 29. – № 4. – С. 244–246.
16. Fahrerausbildung mit Hilfe eines Fahr– und Verkehrssimulators (FVS). Riechers von Daniel Stadtverkehr. 2000. – 45 – № 10. – С. 23–25.
17. Einsatz von Fahrtrainern bei DB Regio. Rockenfelt Bernd R. Elek. Bahnen. 2001. – 99. – № 4. – С. 168–172.
18. Бушуев В. В. Пути совершенствования информационных технологий проектирования тренажерных комплексов / В. В. Бушуев, А. Ю. Смирнов, И. Р. Францев // Управление и информационные технологии на транспорте: Тезисы докладов международной научно-технической конференции «Транском – 99». – 1999. – СПб.: СПбГУВК. – С. 58–59.
19. Railway simulators become more diversified. Int. Raihway J. 2001. – 41. – № 4. – С. 29–31.
20. Walker Alan, Bailey Steve. Integrating simulation into driver training. Int. Raihway J., 2002. – 42. – № 4. С. 32–33.
21. Головченко В. А. Проблемы повышения качества подготовки машинистов электропоездов нового поколения на ж.-д. транспорте / В. А. Головченко, Ю. Г. Жуковский, Г. И. Мандрусенко // Теория и практика имитационного моделирования и создания тренажеров: Международная научно-техническая конференция; Сборник материалов. – Пенза: Приволж. дома знаний. – 1999 – С. 30–31.
22. Мережко В. А. О способах создания визуальных имитаторов железнодорожных тренажеров // Інф.-керуючі системи на залізнич. трансп, – 2000.– № 3. – С. 119.
23. Trainingssimulator für OBB-Lokomotive Rh 101/1116. Elek. Bahnen 2001. – 99. – № 11. – С. 468.
24. Белобородова М. Л. Борьба с помехами при моделировании видеоизображений в имитаторах визуальной обстановки тренажеров локомотивов / М. Л. Белобородова, В. В. Репин // Теория и практика имитационного моделирования и создания тренажеров: Международная научно-техническая конференция; Сборник материалов. – Пенза: Приволж. дома знаний. – 2000. – С. 57–58.
25. Тренажеры для подготовки персонала центров управления движением поездов (Германия). Машезерский А. М. ж.-д. трансп.: Экспресс-инф. Сер. 3. ВНИИАС МПС. 2002.– № 3. – С. 12–15.
26. La réalité virtuelle au service des conducteurs. Hérissey Ph. Vie rail et transp. 2001.– № 2811. – С. 48–49.
27. Кузнецова Н. М. Тренажер поездного диспетчера на основе распределенной вычислительной системы // Тез. докл. по итогам «Недели науки – 94», Москва, 25–27 апр., 1994. – Ч. – М., 1995. – С. 35.
28. Павлов В. Т. Тренажеры путевых машин / В. Т. Павлов, В. Б. Корея, С. Л. Кожанов // Путь и путев. х-во. – 2000. – № 1. – С. 27–28.

29. Höhere Entscheidungsfunktionen und Trainings-simulator / Kadecka E., Kaiser W., Schwendenwein M. // *Elektrotechn. und Informationstechn.* – 1999. – 116. – № 1. – С. 57–64.
30. Баранов Л. А. Принципы построения тренажеров для железнодорожного транспорта / Л. А. Баранов, Е. В. Ерофеев // *Вестн. МИИТа.* – 2000. – № 4. – С. 7–10.
31. VST develops modular signalling simulator. *Int. Railway J.* 2001. – 41. – № 4. – С. 32–33, 2.
32. Сидельник Г. К. Тренажерный комплекс для машинистов электродепо Харьковского метрополитена. *інф.-керуючі системи на залізнич. трансп.* 2000. – № 5. – С. 72–76.
33. Безгин Д. В. Формирование графика движения поездов в тренажере ДНЦ / Д. В. Безгин, А. В. Меркулов // 60 Региональная научно-практическая конференция творческой молодежи; Труды конференции. Т. 1. – Хабаровск: ДВГУПС. – 2002. – С. 98–100.
34. Карягин С. И. Повышение безопасности движения при эксплуатации автотормозов подвижного состава с использованием компьютерной технологии: Автореф. дис. на соис. уч. степ. канд. техн. наук Ростов. гос. ун-т путей сообщ., – Ростов-на-Дону. 2000. – С. 24.
35. Яцкевич М. В. Совершенствование подготовки работников железнодорожных станций Новороссийск и Краснодар–Сортировочный с помощью сетевой модели тренажера-имитатора / М. В. Яцкевич, А. Т. Шишацкий // Теория и практика имитационного моделирования и создания тренажеров: Всероссийская научно-техническая конференция. Пенза, 14–15 нояб., 2002: Сборник материалов. – Пенза: Изд-во Приволж. дома знаний. 2002. – С. 74–75.
36. Баранов Л. А. Тренажер поездного диспетчера метрополитена / Л. А. Баранов, В. Г. Сидоренко. *Автомат., связь, информат.* 2003. – № 2. – С. 17–20.
37. A la découverte de Train Simulator. *Laval P. Vie rail et transp.* 2001. – № 2811. – С. 46–47.
38. La conduite: une siperbe mise en scène. *Hérissé Ph. Vie rail et transp.* 2001. – № 2811. – С. 46–47.
39. Interface: spectaculaire avec guelgues défauts. *Vie rail et transp.* 2001. – № 2811. – С. 48.
40. Евдомаха Г. В. Тренажеры для обучения машинистов энергосберегающим технологиям движения поездов / Г. В. Евдомаха, К. И. Железнов, В. В. Глухов, Л. В. Урсуляк, И. Ю. Бурлай, В. В. Жижко // *Пробл. мех. ж.-д. трансп: Тез. докл. 9 Междунар. конф.: Динам., надеж. и безопас. подвиж. состава.* 29–31 мая. – Д. – 1996. – С. 19–20.
41. Блохин Е. П. Тренажерный комплекс для обучения машинистов локомотивов / Е. П. Блохин, К. И. Железнов, В. В. Глухов и др. // *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті.* – 1999. – № 6. – С. 15–16.
42. Блохин Е. П. Тренажерный комплекс для обучения машинистов локомотивов / Е. П. Блохин, К. И. Железнов, В. В. Глухов и др. // Влияние человеческого фактора на безопасность движения на железнодорожном транспорте: 3-я Международ. конф. (ЧФТ'99, 1–3 июня 1999 г., Луганск) Сб. тезисов. – Харьков: Центр ТрансМед, 1999. – С. 21.
43. Блохин Е. П. Тренажер для обучения машинистов безопасным и экономическим способам вождения поездов. / Е. П. Блохин, Г. В. Евдомаха, К. И. Железнов // *Залізничний транспорт України,* – 1997. – № 2, 3 – С. 48–50.
44. Железнов К. И. Моделирование тормозных процессов в поезде для программно-аппаратного комплекса «Тренажер машиниста» / К. И. Железнов, Л. В. Урсуляк // *Сб. науч. тр. – Д.: Наука и образование,* 1998. – С. 114–117.
45. Блохин Е. П. Программно-аппаратный комплекс для выбора и отработки рациональных режимов ведения поезда / Е. П. Блохин, В. В. Глухов, К. И. Железнов, В. В. Жижко, Л. В. Урсуляк // *Проблемы механики железнодорожного транспорта: X Международная конференция.* – Д., 2000 – С. 26–27.
46. Блохин Е. П. Модель оптимального регулятора для управления движением пассажирских поездов / Е. П. Блохин, Г. В. Евдомаха, В. В. Скалозуб, В. И. Дробаха // *Сб. науч. тр. – Д.: Арт-Пресс,* – 2000 – Вып. 6, – С. 58–65.
47. Урсуляк Л. В. Алгоритм оптимізації режиму руху поїзда. / Л. В. Урсуляк, К. І. Железнов / *Сб. научн. тр. – Д.: Транспорт, Вып. 6, Арт-Пресс,* 2000. – С. 81–85.
48. Железнов К. В. Моделирование работы локомотива GT26CW и тормозной системы Кнорр в тренажере машиниста / К. В. Железнов, Л. В. Урсуляк // *Зб. наук. пр. – Д.: Арт-Прес,* – 2000. – Вып. 6, – С. 69–70.
49. Пшинько А. Н. Безопасность и энергосбережение при вождении поездов / А. Н. Пшинько, Г. В. Евдомаха, К. И. Железнов // *Збірник наукових праць.* – Д.: Наука і освіта, 2001. – Вип. 7. – С. 90–94.
50. Железнов К. И. Определение энергооптимальных режимов ведения поезда в условиях Иранских железных дорог / К. И. Железнов, Л. В. Урсуляк // *Проблемы механики залізничного транспорту: XI Міжнародна конференція.* – Д., 2004. – С. 84.
51. Mymlin S. V. Simulator for locomotive drivers / S. V. Mymlin, O. V. Babakova, V. V. Glukhov, L. V. Ursulyak, K. I. Zheleznov, V. V. Zhizhko / 14th International Conference «Current Problems in Rail Vehicles» (PRORAIL '99, 6–8 October 1999, Zhilina, Slovakia) // *Proc. – v. I. – Zhilina: VTS pri ZhU,* 1999. – P. 15–19
52. Мямлин С. В. Моделирование динамики рельсовых экипажей: Монография. – Д.: Наука и образование, 2004. – 238 с.
53. Жижко В. В. Моделирование движения поезда в аварийных ситуациях // *Залізничний транспорт України,* – 2005. – № 3, 2. – С. 115

Поступила в редколлегия 25.04.2006.