

## **АНАЛИЗ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ ОПЕРАТОРОВ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ (НА ПРИМЕРЕ ОПЕРАТОРОВ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ МАШИН)**

**Файзрахманов Р.А.<sup>1</sup>, Полевщиков И.С.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, Россия (614990, Пермский край, г. Пермь - ГСП, Комсомольский проспект, д. 29), e-mail: hwgdi@mail.ru*

Определена актуальная научная проблема повышения эффективности процесса профессионального обучения операторов перегрузочных машин на основе компетентностного подхода с использованием высокоинтеллектуальных автоматизированных обучающих систем на базе компьютерных тренажеров. Проанализированы существующие подходы к решению данной актуальной проблемы по ряду аспектов: теоретические основы автоматизации процесса профессионального обучения (в т.ч. построение АОС); компетентностный подход в образовании (в т.ч. автоматизация процесса обучения на основе данного подхода); использование компьютерных тренажеров в профессиональном обучении (и, в частности, тренажеров перегрузочных машин). Выявлены основные недостатки этих подходов: отсутствие использования компетентностного подхода при автоматизации процесса обучения крановщиков; недостаточная эффективность организации процесса овладения будущими операторами перегрузочных машин отдельными ЗУН; отсутствие автоматизированных обучающих систем (в полном смысле этого термина) для обучения крановщиков. На основе выявленных недостатков намечены перспективы дальнейших теоретических разработок в решении проблемы: создание соответствующих современным представлениям о построении автоматизированных обучающих систем и о компетентностном подходе моделей и методов применительно к обучению крановщиков, а также активное использование методов искусственного интеллекта с целью объективной оценки ЗУН обучаемых.

Ключевые слова: автоматизированная обучающая система, компьютерный тренажер, компетентностный подход, перегрузочная машина, профессиональное обучение, модель предметной области, модель стратегии обучения, модель обучаемого.

## **ANALYSIS METHODS AND TOOLS AUTOMATE THE PROCESS OF TRAINING OF OPERATORS OF INDUSTRIAL AND TECHNOLOGICAL SYSTEMS (FOR EXAMPLE, OPERATORS HANDLING MACHINES)**

**Fayzrakhmanov R.A.<sup>1</sup>, Polevshnikov I.S.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia (614990, Perm, Komsomolsky Av. 29), e-mail: hwgdi@mail.ru*

Actual scientific problem of improving the efficiency of the training of operators handling machines competency-based approach, using highly intelligent automated learning systems based on computer simulators determined. Current approaches to solving this urgent problem are analyzed in a number of aspects: the theoretical foundations of process automation training (including the construction of automated learning systems) competence-based approach in education (including the automation of the learning process on the basis of this approach), the use of computer simulators in vocational training (and, in particular, exercise equipment handling machines). The main disadvantages of these approaches are identified: lack of competence-based approach used in the automation of the process of training of crane operators; lack of efficiency of the organization of the process of mastering the future operators handling machines of individual knowledge and skills; lack of automated learning systems (in the full sense of the term) for training of crane operators. Prospects for further theoretical developments in solving the problem based on the identified deficiencies identified: the creation of appropriate modern concepts of computer-aided instruction systems and competent approach models and methods in relation to training of crane operators, as well as the active use of artificial intelligence methods for objective assessment of knowledge, skills and abilities trainees.

Keywords: automated training system, a computer simulator, the competence approach, refueling machine, vocational training, the domain model, the model of learning strategies, student model.

## **Введение**

В настоящее время в большинстве отраслей профессиональной детальности используются традиционные технологии обучения, основанные на знаниях, умениях и навыках. Однако во многих сферах будущим специалистам недостаточно овладеть лишь отдельными знаниями, умениями и навыками, а важно еще и получить профессиональные компетенции [7, 11, 13, 20]. *Компетенция* фактически представляет собой способность успешно применять полученные знания, умения и навыки при решении конкретных профессиональных задач, в т.ч. различных сложных и нестандартных задач.

В частности, овладения комплексными профессиональными компетенциями необходимо достичь при обучении тяжелым и трудоемким работам по перемещению грузов, востребованным в ряде отраслей экономики России, а также в сфере обороны страны.

Ощущается нехватка высококвалифицированных рабочих для выполнения перегрузочных работ [6]. Существующие компьютерные тренажеры перегрузочных машин обучают лишь отдельным знаниям, умениям и навыкам, а не компетенциям, необходимым оператору в реальных производственных условиях. Но и процесс овладения отдельными знаниями, умениями и навыками не организован достаточно эффективно, с учетом всех возможностей современной вычислительной техники. К тому же, для многих новых видов перегрузочных машин отсутствуют автоматизированные технологии обучения и соответствующие компьютерные тренажеры.

Поэтому проблема повышения эффективности процесса профессионального обучения операторов перегрузочных машин на основе компетентностного подхода с использованием высокоинтеллектуальных автоматизированных обучающих систем на базе компьютерных тренажеров является актуальной.

Проанализируем существующие подходы к решению данной актуальной проблемы, выявим недостатки этих подходов и определим перспективы дальнейших теоретических разработок в решении проблемы.

### **Существующие подходы к решению проблемы**

Существующие подходы к решению актуальной проблемы повышения эффективности процесса профессионального обучения операторов перегрузочных машин на основе компетентностного подхода с использованием высокоинтеллектуальных автоматизированных обучающих систем на базе компьютерных тренажеров можно рассматривать по целому ряду аспектов:

- 1) Теоретические основы автоматизации процесса профессионального обучения в целом, и, в частности, теоретические основы построения автоматизированных обучающих систем [5, 8, 21, 22].
- 2) Рассмотрение компетентного подхода в образовании, и в частности вопросов использования компетентного подхода при автоматизации процесса обучения [7, 9, 11, 13, 20].
- 3) Особенности автоматизации процесса профессионального обучения в различных отраслях с использованием компьютерных тренажеров [1, 2, 3, 9, 12, 17].
- 4) Особенности автоматизации процесса обучения операторов перегрузочных машин с использованием компьютерных тренажеров [4, 10, 14, 15, 16, 18, 19].

Рассмотрим детальнее каждый из этих аспектов.

### **Теоретические основы автоматизации процесса профессионального обучения**

В настоящее время, с целью интенсификации и оптимизации учебного процесса в различных отраслях образования (и в профессиональном образовании в частности), широкое применение получили компьютерные средства учебного назначения (КСУН). Это различные программные продукты, используемые в процессе обучения: электронные учебники, тренажеры, программы для тестирования знаний и т.д. [5, 8].

Одной из наиболее эффективных разновидностей КСУН являются автоматизированные обучающие системы (АОС) [5]. В автоматизированную обучающую систему могут быть заложены знания по произвольной предметной области, а также АОС предоставляет возможность настройки системы в соответствии с требованиями преподавателя.

Процесс автоматизированного обучения можно трактовать как процесс управления усвоением знаний, умений и навыков (ЗУН), что наиболее полно соблюдается при использовании автоматизированных обучающих систем.

### **Структура автоматизированной обучающей системы**

С целью реализации всех своих функций автоматизированная обучающая система должна содержать в себе три вида знаний, которые могут быть представлены тремя моделями [5]:

1) *Модель предметной области.* Данная модель отражает структуру предметной области, в соответствии с которой обучаемый должен осваивать ЗУН. Модель предметной области используется главным образом для определения последовательности изучения тем и проведения контроля ЗУН.

2) *Модель обучаемого.* Данная модель представляет собой набор параметров, обновляемый динамически, который отражает различные характеристики обучаемого,

работающего в АОС. Модель обучаемого в первую очередь отражает информацию о цели обучения и информацию о текущем состоянии процесса обучения. Эти виды информации необходимы системе для адаптации к обучаемому как объекту управления и определении степени, в которой на данный момент достигнута цель обучения.

3) *Модель стратегии обучения.* Посредством данной модели определяется последовательность изучения тем (на основе модели предметной области) и формируются вопросы, задания, упражнения для контроля ЗУН обучаемого (на основе модели обучаемого).

### **Особенности автоматизации процесса профессионального обучения в различных отраслях с использованием компьютерных тренажеров**

Тренажер представляет собой техническое средство обучения, позволяющее имитировать трудовые условия в учебном процессе [9].

Главным преимуществом и отличием от других средств обучения является то, что с помощью тренажеров воспроизводится работа на различном дорогостоящем, сложном и опасном оборудовании [1]. Известно, что при обучении на реальном оборудовании возможности повторить какие-либо приемы ограничены, а в некоторых ситуациях обучение на реальном оборудовании является невозможным из-за опасности (в первую очередь во время начального периода обучения) возникновения аварийных ситуаций, травм обучаемых, поломок техники и т.д. Также в процессе обучения на производственном оборудовании недопустимо каким-либо образом «разделить» деятельность обучаемых на составляющие этапы, действия, компоненты, чтобы дать им возможность освоить их по отдельности.

В настоящее время тренажеры создаются на базе вычислительной техники и называются компьютерными тренажерами.

### **Имитация объектов реального мира в компьютерных тренажерах**

Рассмотрим наиболее важные и тесно взаимосвязанные функции, реализуемые в современных компьютерных тренажерах – функцию имитации объектов реального мира, функцию интерактивного взаимодействия с обучаемым и функцию контроля действий обучаемого [17].

Реализация такой функции, как имитация объектов реального мира, связана с воспроизведением образов реального мира. Имитация объектов мира имеет две составляющие [17]: визуальная имитация и функциональная имитация. Факторами, влияющими на эффективность визуальной имитации объектов реального мира, являются высокий уровень подобия синтезируемого изображения оригиналу и высокий уровень соответствия синтезируемого звукового окружения [2, 12].

Сущность такого фактора, как высокий уровень подобия синтезируемого изображения оригиналу, заключается в том, что синтезируемое изображение какого-либо устройства, детали и т.п. должно быть узнаваемо для обучаемого [2, 9]. Высокий уровень соответствия синтезируемого звукового окружения оригиналу [2] также важен, потому что звук может нести важную информацию о работе оборудования. Например, изменение звуковой картины, появление какого-либо шума может являться признаком аварии.

В подавляющем большинстве существующих компьютерных тренажеров функциональная имитация объектов осуществляется на основе математических моделей. Адекватная математическая модель оборудования и процессов увеличивает эффективность тренажера за счет того, что для обучаемого ощущается меньшая разница между реальной и виртуальной обстановкой [2, 3]. В качестве примера можно привести математическую модель перемещения груза, подвешенного на стреле погрузочно-разгрузочного устройства [4].

### **Интерактивное взаимодействие обучаемого и тренажера**

Взаимодействие обучаемого с объектами тренажера может быть реализовано путем использования специальных пультов управления, идентичных пультам на реальном оборудовании [15, 17]. Это позволяет изучить все органы управления реальных устройств и сформировать на высоком уровне моторные навыки, необходимые для работы с объектом.

Также стоит отметить, что одним из распространенных способов реализации функции взаимодействия обучаемого с тренажером является применение виртуальных органов управления. Однако виртуальные органы управления зачастую обладают существенными недостатками. Имеет место достаточно большое количество устаревших решений на базе клавиатуры для ввода команд - наборов символов, которые никак не связаны с работой на реальном оборудовании [12].

Для того чтобы человеко-машинный интерфейс компьютерного тренажера был интуитивно понятен и информативен для обучаемых, целесообразно руководствоваться некоторыми принципами при построении тренажеров. Например, работа с клавиатурой и мышью не должны усложнять обучение на тренажере (в частности, необходимо отказаться от реализации в тренажере таких действий, как двойной щелчок мыши, одновременное нажатие нескольких клавиш).

Управление информационной поддержкой обучаемого реализуется в компьютерных тренажерах двумя способами [17]:

- 1) Интерактивное управление подразумевает отображение информации по требованию обучаемого и с учетом ситуации, в которой он находится.

2) Контекстное управление подразумевает отображение информации не по инициативе учащегося, а в зависимости от возникшей ситуации (например, если обучаемым допущена какая-либо ошибка).

### **Учет масштаба времени в компьютерных тренажерах**

Также важным фактором, влияющим на эффективность использования компьютерных тренажеров в процессе профессионального обучения и связанным как с функцией имитации объектов реального мира, так и с функцией интерактивного взаимодействия с обучаемым, является характеристика масштаба времени при обучении на компьютерном тренажере [2, 3, 12].

С одной стороны, должна быть предусмотрена возможность работы в реальном времени. Это обусловлено тем, что, работая с настоящим оборудованием, оператору, как правило, приходится принимать решения и производить необходимые действия, почти не имея времени на обдумывание. С другой стороны, возможность коррекции масштаба времени [2, 9] может быть необходима для ускорения или замедления некоторых процессов (например, каких-либо химических процессов, которые в реальности происходят слишком медленно или слишком быстро).

### **Контроль действий обучаемого при работе на тренажере**

В большинстве компьютерных тренажеров реализован профильный контроль, заключающийся в постоянном мониторинге действий обучаемого [17]. Заключительный контроль обычно представляет проверку решения обучаемого, причем далеко не каждый тренажер способен проводить ее автоматически. Многие тренажеры предоставляют преподавателю функцию проведения проверки. Отдельные тренажеры автоматически проверяют решения обучаемых. А в некоторых случаях поддерживается также и функция автоматического анализа хода работы обучаемого.

### **Особенности автоматизации процесса обучения операторов перегрузочных машин с использованием тренажеров**

В первую очередь, необходимо пояснить специфику приобретаемых обучаемыми знаний, умений, навыков, и, используя наиболее современный подход, компетенций применительно к обучению работе на перегрузочных машинах, основываясь на материалах [9, 14].

Профессиональные знания – это сведения, усваиваемые учащимися в процессе профессионального обучения и деятельности для овладения данной специальностью. Операторы перегрузочных машин должны знать устройство, эксплуатацию и ремонт оборудования, технику безопасности и т.д.

Учащийся должен научиться своевременно, точно, в соответствии с ситуацией выполнять действия, управляющие перемещением груза, а эти действия должны быть доведены до автоматизма, осуществляться наиболее экономно и с наименьшим напряжением. Поначалу, обучаясь выполнению действий, формируются соответствующие умения, а уже затем, когда действия доведены до автоматизма и выполняются на высоком качественном уровне, можно утверждать, что у обучаемых сформированы необходимые навыки. В деятельности машинистов перегрузочных машин ведущую роль играют моторные (двигательные), сенсорные навыки, восприятие состояния машины и технологической среды, а также их комплексы (сенсомоторные навыки).

Способности будущего оператора перегрузочной машины на практике самостоятельно и качественно осуществлять определенную работу, базирующиеся на приобретенных знаниях и навыках, называются компетенциями. Компетенции в наибольшей степени проявляются при возникновении нестандартных ситуаций, требующих творческого использования знаний и навыков.

Традиционные методы обучения крановщиков трудовым действиям предусматривают проведение занятий на реальном оборудовании под руководством инструктора и, как правило, по индивидуальной форме. Существенные недостатки традиционных методов привели к созданию тренажеров крановщика [16].

Впервые в мировой и отечественной практике разработку электронных тренажеров для подготовки крановщиков начали в 1971 году сотрудники кафедры вычислительной техники и автоматического управления Пермского политехнического института (в настоящее время кафедра информационных технологий и автоматизированных систем Пермского национального исследовательского политехнического университета) [14, 19].

Компьютерные тренажеры, широко распространенные в настоящее время для профессионального обучения крановщиков, позволили, сохранив преимущества электронных тренажеров, устранить их основные недостатки.

### **Компьютерные тренажеры перегрузочных машин**

Были рассмотрены некоторые достаточно успешно применяемые в настоящее время компьютерные тренажеры крановщиков, в частности: автоматизированная система обучения «Машинист крана» [10], универсальный имитатор-тренажер «Подъемный кран» (УКТК-К1), симулятор строительного башенного крана Liebherr, многоцелевые крановые тренажеры GlobalSIM и т.д.

Тренажеры крановщика могут иметь различные комплектации, и, следовательно, отличаться сложностью исполнения. Наиболее простые тренажеры хоть и способны весьма точно моделировать реальные условия эксплуатации крана, но крайне упрощенная модель

рабочего места крановщика может быть слишком далека от реальных условий. Напротив, более сложный, а следовательно и более дорогой комплект тренажера обеспечивает максимальное приближение к реальным условиям: такой тренажер оснащен макетами реальных кабин, органов управления и средств индикации, приборов и оборудования.

Средствами, обеспечивающими адекватное воздействие на все каналы восприятия обучаемого, являются:

- 1) реалистичное видео, реализованное с помощью больших экранов, встроенных в кабину на место стекол;
- 2) трехмерный звук;
- 3) управление движением и наклоном реальной кабины во всех плоскостях;
- 4) имитация перегрузок.

Следует отдельно отметить работу [19], отражающую основные характеристики, которыми должен обладать процесс управления тренингом в ходе профессионального обучения будущих машинистов на современном компьютерном тренажере оператора порталного крана:

- 1) *Объективность* обеспечивается автоматическим вычислением численных значений качества и фиксацией допущенных нарушений правил выполнения перегрузочного цикла.
- 2) *Систематичность* достигается постоянным целенаправленным предъявлением обучаемому в процессе всего курса тренировок информации о качестве его работы.
- 3) *Адаптивность* в основном визуальной обратной связи означает постепенное введение каждого отдельного показателя и нарушения в систему упражнений для предъявления обучаемому, причем в первых упражнениях – в момент возникновения нарушений, в последующих циклах тренировки – по окончании упражнения, что обеспечивает мотивацию обучаемого для быстрее приобретения навыков самоконтроля качества своей работы.

### **Недостатки существующих методов и средств автоматизации процесса обучения операторов перегрузочных машин**

Однако анализ научных работ и существующих средств обучения показал, что в настоящее время актуальная проблема повышения эффективности процесса профессионального обучения операторов перегрузочных машин на основе компетентностного подхода с использованием высокоинтеллектуальных автоматизированных обучающих систем на базе компьютерных тренажеров решена не полностью в виду следующих недостатков:

- 1) Компетентностный подход, нашедший широкое применение в сфере образовании в целом, и, в частности, при автоматизации профессионального обучения, на данный момент не используется при автоматизации процесса обучения операторов перегрузочных машин.

Данный недостаток весьма существенен, поскольку будущему оператору перегрузочной машины в реальных производственных условиях необходимо будет уметь решать различные сложные и нестандартные задачи. А это, в частности, крайне важно для обучения операторов новых дорогостоящих видов перегрузочных машин, применяемых в наиболее опасных сферах (например, в сфере обороны Российской Федерации).

2) Процесс овладения будущими операторами перегрузочных машин отдельными знаниями, умениями и навыками не организован достаточно эффективно, с учетом всех возможностей современной вычислительной техники. Имеет место низкий уровень информационной поддержки обучаемого и недостаточно эффективные способы контроля ЗУН, что создает трудности при использовании существующих компьютерных тренажеров для автоматизированного управления процессом усвоения ЗУН с минимальным участием преподавателя в процессе управления. Во многом это связано со слабой формализуемостью процесса обучения в принципе и весьма сложного процесса обучения операторов перегрузочных машин в частности, что возможно преодолеть благодаря эффективному использованию современных методов искусственного интеллекта (например, теории нечетких множеств).

3) К сожалению, в настоящее время для обучения операторов перегрузочных машин отсутствуют автоматизированные обучающие системы в полном смысле этого термина, т.е. содержащие все упомянутые выше модели (предметной области, стратегии обучения и обучаемого), и, следовательно, позволившие бы полноценно настроить систему на произвольную предметную область (а спектр применяемых в гражданской и военной сфере перегрузочных машин, и, следовательно, предметных областей, весьма широк), требования преподавателя, и как результат, обеспечить наиболее эффективную адаптацию системы к конкретному обучаемому с индивидуальными способностями.

### **Заключение**

Таким образом, в результате исследования были решены следующие задачи:

- 1) Определена актуальная научная проблема повышения эффективности процесса профессионального обучения операторов перегрузочных машин на основе компетентностного подхода с использованием высокоинтеллектуальных автоматизированных обучающих систем на базе компьютерных тренажеров.
- 2) Проанализированы существующие подходы к решению данной актуальной проблемы по ряду аспектов: теоретические основы автоматизации процесса профессионального обучения (в т.ч. построение АОС); компетентностный подход в образовании (в т.ч. автоматизация процесса обучения на основе данного подхода); использование компьютерных тренажеров в профессиональном обучении (и, в частности, тренажеров перегрузочных машин).

3) Выявлены основные недостатки этих подходов: отсутствие использования компетентностного подхода при автоматизации процесса обучения крановщиков; недостаточная эффективность организации процесса овладения будущими операторами перегрузочных машин отдельными ЗУН; отсутствие автоматизированных обучающих систем (в полном смысле этого термина) для обучения крановщиков.

4) На основе выявленных недостатков намечены перспективы дальнейших теоретических разработок в решении проблемы: создание соответствующих современным представлениям о построении автоматизированных обучающих систем и о компетентностном подходе моделей и методов применительно к обучению крановщиков, а также активное использование методов искусственного интеллекта с целью объективной оценки ЗУН обучаемых.

### Список литературы

1. Бродский С.Ф. Методика внутрифирменного производственного обучения персонала с использованием компьютерного тренажера-имитатора: На примере нефтяной отрасли Республики Татарстан : автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02. – Казань, 2004.
2. Гаммер М.Д. Разработка системы автоматизированного проектирования компьютерных имитационных тренажеров: дис. ... канд. тех. наук: 05.13.12. – Тюмень, 2007.
3. Дозорцев В.М. Компьютерные тренажеры для обучения операторов технологических процессов – теория, методология построения и использования: дис. ... докт. тех. наук: 05.13.01, 05.13.06. – М., 1999.
4. Долгова Е.В., Файзрахманов Р.А., Курушин Д.С., Кротов Л.Н., Федоров А.Б., Хабибуллин А.Ф., Шилов В.С., Ромин Е.А., Бакунов Р.Р., Бикметов Р.Р., Полевщиков И.С. Моделирование динамики перемещения груза в компьютерном тренажере погрузочно-разгрузочного устройства / Вестник МГОУ, серия «Физика-математика», № 2, 2012. – С. 56-64.
5. Карпова И.П. Исследование и разработка подсистемы контроля знаний в распределенных автоматизированных обучающих системах: дис. ... канд. тех. наук: 05.13.13. - М., 2002.
6. Кречетников А. России не хватает квалифицированных рабочих [Электронный ресурс] // Интернет-проект «ИноСМИ.RU». – Режим доступа: <http://inosmi.ru/russia/20120331/189546142> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус. (Дата обращения: 29.05.2012).

7. Лисицына Л.С. Концепция и методология управления разработкой образовательного процесса по подготовке компетентных выпускников средствами сетевой информационной системы: автореф. дис. ... д-р. тех. наук: 05.13.06. – Санкт-Петербург, 2008.
8. Пахунов А.В. Разработка принципов структуризации учебно-методических материалов для подготовки специалистов промышленных предприятий в системе электронных образовательных ресурсов: дис. ... канд. тех. наук: 05.13.06. – М., 2010.
9. Профессиональная педагогика: Учебник для студентов, обучающихся по педагогическим специальностям и направлениям. Под ред. С.Я. Батышева, А.М. Новикова. Издание 3-е, переработанное. М.: ЭГВЕС, 2009. – 456 с.
10. Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ №2009611425. Автоматизированная система обучения «Машинист крана» / Ахмадеев Ф.И., Петров М.Ю., Протопопов А.В. (RU). - № 2009610148; Заявл.19.01.2009;Регистр. 13.03.2009.
11. Скрипкина М.А. Применение методологических подходов при разработке модели формирования графической компетенции курсантов военного вуза [Электронный ресурс] // «Инженерный Вестник Дона», 2010, №4. - Режим доступа: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2010/257> (доступ свободный) - Загл. с экрана. - Яз.рус.
12. Скрипников Д.А, Красовский В.Е. Интерфейсное обеспечение в компьютерных тренажерах // Научная сессия МИФИ-2006. Том 12. - С. 99-100.
13. Столбова И.Д. Адаптивное управление качеством предметной подготовки в техническом вузе на основе компетентностного подхода (на примере графической подготовки студентов): автореф. дис. ... д-р. тех. наук: 05.13.10. – М., 2012.
14. Тер-Мхитаров М.С. Оператор перегрузочных машин. – Пермь: Кн. изд-во, 1982. – 140 с.
15. Файзрахманов Р.А., Мехоношин А.С., Бакунов Р.Р., Федоров А.Б., Бикметов Р.Р. Особенности разработки и реализации мобильных пультов тренажерного комплекса оператора порталного крана [Электронный ресурс] // «Инженерный Вестник Дона», 2012, №4-1. - Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4t1y2012/1267> (Доступ свободный) - Загл. с экрана. - Яз.рус.
16. Файзрахманов Р.А., Полевщиков И.С. Оценка качества выполнения упражнений на компьютерном тренажере перегрузочной машины с использованием нечетких множеств [Электронный ресурс] // «Инженерный Вестник Дона», 2012, №4-1. - Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4t1y2012/1265> (Доступ свободный) - Загл. с экрана. - Яз.рус.
17. Филатова Н.Н., Вавилова Н.И., Ахремчик О.Л. Мультимедиа тренажерные комплексы для технического образования // Educational Technology & Society. – 2003 - №6(3). – С. 164-186.

18. Шаталин О.Г. Методика создания тренажеров крановщиков для эксплуатации кранов в морских и речных портах: дис.....канд. техн. наук: 05.22.19. – М.: Прософт-М, 2005. – 120 с.
19. Щемелева Т.К. Система подготовки крановщиков с применением тренажеров: 30 лет спустя // Вестник ПГТУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2009. – №3. – С. 106-109.
20. Яговкин В.И. Разработка интерактивных тренажерных комплексов для освоения компетенций на основе предметных онтологий: дис. ... канд. тех. наук: 05.13.06. – Санкт-Петербург, 2012.
21. Buzzetto-More, N. A., & Alade, A. J. (2006). Best practices in e-assessment. *Journal of Information Technology Education*, 5, 251-269. Retrieved September 27, 2011 from <http://www.jite.org/documents/Vol5/v5p251-269Buzzetto152.pdf>.
22. Tshibalo A. E. (2007). The potential impact of computer-aided assessment technology in higher education. *South African Journal of Higher Education*, 21(6), 684-693.

**Рецензенты:**

Костарев С.Н., д.т.н., доцент, с.н.с. НИЧ Пермской государственной сельскохозяйственной академии министерства сельского хозяйства, г. Пермь.

Щербинин А.Г., д.т.н., доцент, профессор кафедры «Конструирование и технологии в электротехнике» ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь.