

УДК 004.94

А.Н. Афанасьев, Н.Н. Войт, Д.С. Канев

МОДЕЛЬ И МЕТОД РАЗРАБОТКИ И АНАЛИЗА КОМПЬЮТЕРНЫХ ТРЕНАЖЕРОВ

Афанасьев Александр Николаевич, доктор технических наук, профессор, окончил радиотехнический факультет Ульяновского политехнического института. Проректор по дистанционному и дополнительному образованию Ульяновского государственного технического университета. Имеет более 200 статей в области САПР. Область научных интересов: автоматизированные системы обучения, организация вычислительных процессов и структур ЭВМ, проектирование интеллектуальных систем, САПР, управление сложными потоками работ, диаграмматика графических языков. [e-mail: a.afanasev@ulstu.ru].

Войт Николай Николаевич, кандидат технических наук, окончил факультет информационных систем и технологий УлГТУ. Доцент кафедры "Вычислительная техника" УлГТУ. Имеет более 114 научных статей в области интеллектуальных САПР, Case-, Cals-технологий. Область научных интересов: интеллектуальные системы разработки сложных автоматизированных систем, автоматизированные среды обучения, графические языки и грамматики. [e-mail: n.voit@ulstu.ru].

Канев Дмитрий Сергеевич, окончил факультет информационных систем и технологий УлГТУ, аспирант кафедры «Вычислительная техника» УлГТУ. Имеет более 20 статей в области САПР. Область научных интересов: разработка и внедрение программно-аппаратных платформ, способствующих поддержке, интенсификации и повышению вовлеченности обучающихся в образовательный процесс с помощью информационных технологий. [e-mail: dima.kanev@gmail.com].

Аннотация

Активное использование высокотехнологичного оборудования в процессе современного развитого производства предъявляет высокие требования к подготовке персонала. Поэтому внедрение новых информационных технологий в процесс обучения, в частности использование тренажерных систем, в настоящее время является актуальной задачей, имеющей большое практическое значение.

В статье проведен анализ существующих подходов к реализации виртуальных тренажеров и методов оценки действий обучаемых, определены их преимущества и недостатки. Предложены авторская модель виртуального тренажера, предназначенная для web-ориентированной реализации, и метод анализа действий обучаемого для оценки его компетенций. Благодаря такому подходу обучение специалистов происходит без участия преподавателя, система сама контролирует действия обучаемого, проверяя правильность выполнения учебных заданий.

Представленные решения позволяют разрабатывать высокоэффективные тренажерные системы и организовывать на их основе качественное обучение персонала, отвечающее современным требованиям производства. В частности, модель успешно опробована на практике и применялась для разработки приборных тренажеров: осциллографов С1-116, С1-127, С1-125, таймер/счетчик/анализатора CNT-90, высокочастотного генератора сигналов РГ4-17-01А и ряда других.

Ключевые слова: виртуальный тренажер, автоматный подход, реализация тренажера, оценка действий обучаемых.

THE DEVELOPMENT AND ANALYSIS METHOD AND THE MODEL OF COMPUTER SIMULATOR

Aleksandr Nikolaevich Afanasev, Doctor of Engineering, Professor; graduated from the Radioengineering Faculty at Ulyanovsk Polytechnic Institute; Vice-Rector for Distance and Extended Education at Ulyanovsk State Technical University; an author of more than 200 articles in the field of CAD, interested in automated training systems, computational process and computer structure organization, intelligent system design, CAD, composite workflow control, graphic language diagrammatics. e-mail: a.afanasev@ulstu.ru.

Nikolai Nikolaevich Voit, Candidate of Engineering, Associate Professor at the Department of Computer Science at Ulyanovsk State Technical University; graduated from the Faculty of Information Systems and Technologies at Ulyanovsk State Technical University; an author of more than 114 articles in the field of intelligent CAD systems, CASE and CALS technologies; interested in intelligent development systems of complex computer-aided systems, automated training systems, graphical languages and grammatics. e-mail: n.voit@ulstu.ru.

Dmitrii Sergeevich Kanev, Post-graduate Student at the Department of Computer Science at Ulyanovsk State Technical University; graduated from the Faculty of Information Systems and Technologies of Ulyanovsk State Technical University; an author of more than 20 articles in the field of CAD; interested in development and distribution of firmware systems intended for maintenance, intensification, and increase of trainee involvement in educational process with the use of information technologies. e-mail: dima.kanev@gmail.com.

Abstract

An intensive usage of high-technology equipment for present-day developed production process makes high requirements on personnel training. Therefore, the adoption of modern information technologies particularly simulators for the educational process is an urgent problem of the great practical importance.

The existing approaches to the implementation of virtual simulators and trainee actions assessment methods are analyzed, also their advantages and disadvantages are determined in the article. The author's virtual simulator model intended for web-oriented realization and the method of trainee actions analysis for his competence assessment. Due to this approach, specialist training process could be able without coaches because the system controls trainee actions by checking learning tasks.

Represented solutions allow to develop high-performance simulators and to use them in organizing personnel trainings that meet modern production requirements. Particularly, the model was tested and used for the development of the following device simulators: C1-116, C1-127, and C1-125 oscillographs, CNT-90 timer/counter/ analyzer, and RG4-17-01A high-frequency signal generator.

Key words: virtual simulator, automata approach, simulator realization, trainee action assessment.

ВВЕДЕНИЕ

В области виртуальных тренажеров достигнуты значительные успехи [1], связанные с симуляцией реальных объектов и систем, организацией интерфейса с обучаемыми, формированием банка упражнений и заданий, однако задача оценки действий обучаемых в полном объеме не решена.

Вопросами математического обеспечения тренажерных систем занимаются ученые: Лискин В.А., Красовский А.А. [13], Сергеев С.Ф. [14], Дозорцев В.М. [15]. Основными разработчиками тренажерных систем в России являются ОАО "Тренажерные системы", ЗАО "Кронштадт", ЗАО "Транзас" и другие.

В основу научной составляющей статьи положено развитие автоматного подхода [3].

1 Анализ существующих подходов

Выделим ряд основных подходов к проектированию тренажеров.

1. Сценарный. В основе работы тренажера лежит сценарий обучения. В каждой точке сценария предлагаются варианты действий обучаемых. При правильном ответе обучаемый переходит на следующий этап. Пример такого тренажера рассмотрен в работах [2, 12]. Основным недостатком является трудоемкость построения сложных тренажеров.

2. На базе автоматного подхода. Модели состояний тренажера являются дискретными и представляются в виде автоматных моделей: $A = (S, D, Fs, Fd)$, где S – конечное множество параметров, характеризующих состояние объекта;

D – конечное множество управлений;

Fs, Fd – функции выходов и переходов соответственно. Модель в чистом виде практически не используется в силу своей ограниченности, примеры рассмотрены в работе [3].

3. Алгоритмический. Как правило, такие тренажеры строятся для моделирования сложных процессов. В основе лежат математические модели и методы численного анализа [4] для расчета показаний системы. Для реализации тренажеров используются различные инструментальные среды конечно-элементного анализа для решения задач в области механики, теплообмена, гидродинамики, например, ANSYS [5], ABAQUS [6]. Данное решение особенно популярно при построении компьютерных тренажеров для обучения персонала нефтегазовой отрасли, например, тренажер-симулятор бурения DART, тренажер-имитатор капитального ремонта скважин АМТ-411, тренажер-имитатор эксплуатации и освоения скважин АМТ-601, также различные авторские тренажеры [7]. Основными недостатками являются трудоемкость разработки и узкая специализация.

4. Гибридный. Сочетает сильные стороны автоматного и алгоритмического подходов. В основе построения тренажера лежит автоматный подход с расширением сложной логики за счет алгоритмического моделирования. Примеры этого класса тренажеров приведены в работе [8].

В таблице 1 показаны сравнительные характеристики представленных подходов.

В настоящее время перспективным является гибридный подход, однако он не решает проблему диагностики ошибок обучаемого.

Сравнительные характеристики подходов к построению виртуальных тренажеров

Характеристики подходов	Сценарный	На базе автоматного подхода	Алгоритмический	Гибридный
Сложность разработки тренажера	Очень простая	Простая	Сложная	Средняя
Повторное использование кода программы тренажера	Есть	Есть	Ограниченное	Есть
Моделирование сложных процессов	Нет	Ограниченное	Есть	Есть
Свободная работа с тренажером	Нет	Есть	Есть	Есть
Автоматическая диагностика ошибок обучаемого	Ограниченная	Есть	Трудоемкая и не универсальная	Нет

Рассмотрим следующие методы анализа действий обучаемых:

1. Ручная проверка экспертом успеваемости обучаемых специалистов на основе логов тренажера. Данный способ наиболее распространен вследствие простоты его реализации, универсальности и высокого уровня анализа успехов обучаемого. Примеры тренажеров данного вида представлены в работе [9]. Основной недостаток – трудоемкость процесса анализа результатов работы с тренажером.

2. Автоматическая пошаговая проверка процесса работы с тренажером. Метод популярен среди систем, построенных на основе сценарного и автоматного подходов. Осуществляется проверка каждого действия обучаемого на соответствие ожидаемому эталонному процессу работы с прибором. В случае положительного результата проверки обучаемый переходит на следующий шаг. Такой способ представлен в работе [2]. Преимуществами данного подхода являются простота реализации и универсальность. Недостатки: отсутствие свободы выбора решения у обучаемого, невозможность построения рекомендаций для обучаемого, результат анализа отвечает только на вопрос – правильно / неправильно.

Среди указанных методов наиболее эффективным подходом к диагностике ошибок обучаемого при работе со сложными объектами является экспертная оценка. В основном такая оценка проводится на основе протокола действий или визуального наблюдения. Однако в случае большого количества обучаемых и ограниченного числа экспертов использовать данный метод не представляется возможным.

2 МОДИФИЦИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ ВИРТУАЛЬНОГО ТРЕНАЖЕРА НА БАЗЕ АВТОМАТНОГО ПОДХОДА

Для решения проблемы диагностики ошибок обучаемого при работе со сложными объектами разработана модель виртуального тренажера:

Тренажер = (множество состояний, множество управляющих воздействий, множество правил, множество функциональных блоков, множество ошибочных состояний),

где *множество состояний* – состояния, полученные в пространстве параметров тренажера;

множество управляющих воздействий – набор возможных пользовательских действий с тренажером;

множество правил – тройка (*состояние, управляющее воздействие, следующее состояние*), которая описывает условия перехода тренажера из одного состояния в другое;

множество функциональных блоков – функциональный блок – это обособленная часть тренажера, которая выполняет свою самостоятельную задачу и не пересекается с остальными блоками;

множество ошибочных состояний – множество состояний, которые характеризуют неработоспособность тренажера.

Правило = (состояние, управляющее воздействие, следующее состояние),

где *состояние* – состояние, в котором должен находиться тренажер для применения правила;

управляющее воздействие – действие обучаемого, которое инициирует смену состояния;

следующее состояние – состояние, в которое перейдет тренажер, после применения правила.

Функциональный блок = (множество правил, множество целевых правил),

где *множество правил* – правила, которые выполняются в рамках работы с данным функциональным блоком;

множество целевых правил – у каждого блока есть своя цель (например, установить режим запуска), последнее правило, которое применяется для достижения цели блока, и есть целевое правило.

На рисунке 1 представлен пример работы виртуального тренажера генератора импульсов точной амплитуды Г5–75.

3 АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ ТРЕНАЖЕРА

Представлено содержательное описание алгоритма построения тренажера (рис. 2).

Описываемая модель успешно опробована на практике, среди разработанных тренажеров: осциллограф С1-116, осциллограф С1-127, осциллограф С1-125, таймер/

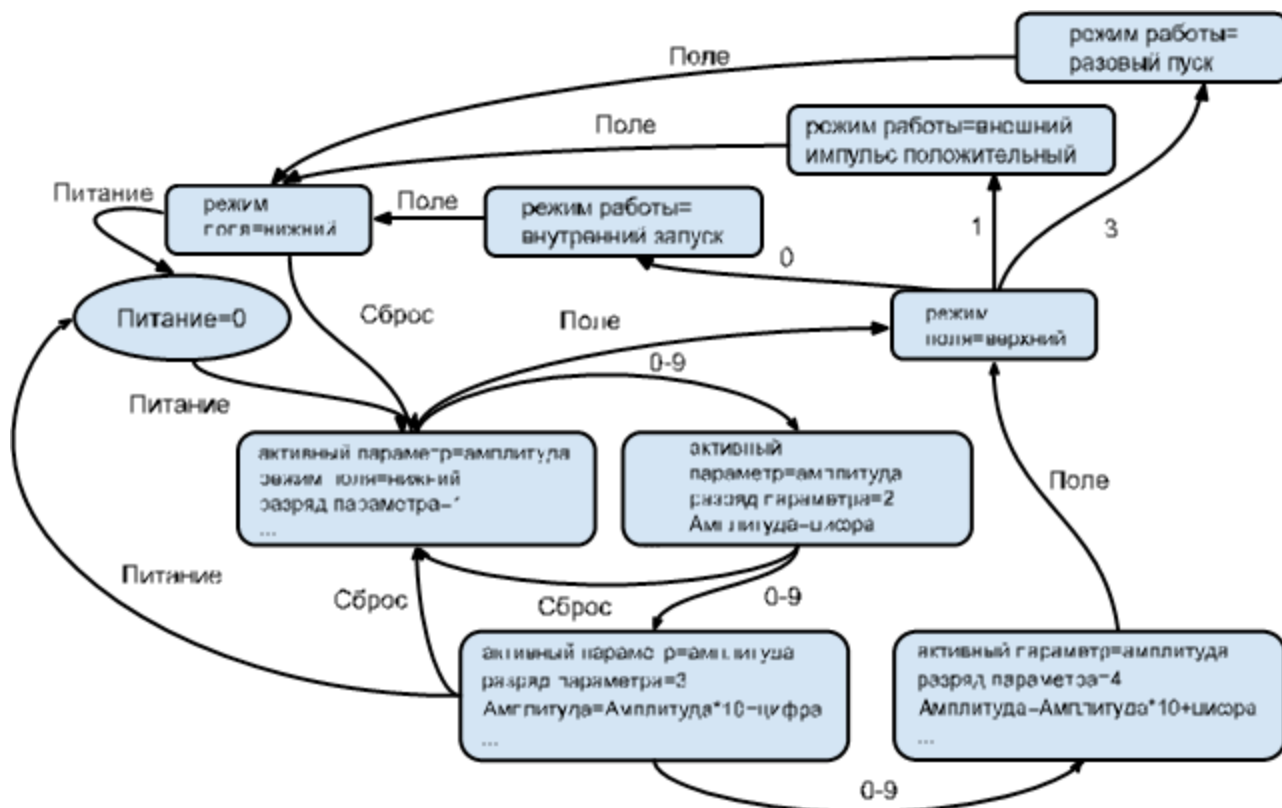


Рис. 1. Пример работы виртуального тренажёра генератора импульсов точной амплитуды Г5-75

счетчик/анализатор СNT-90, генератор сигналов высокочастотный РГ4-17-01А, генератор сигналов высокочастотный Г4-82, блок преобразования частоты автоматический ЯЗЧ-175 (ЯЗЧ-175/1), частотомер электронно-счетный вычислительный ЧЗ-64, генератор импульсов точной амплитуды Г5-75, лабораторные стенды "Измерение матри-

цы рассеяния СВЧ устройства", "Поляризатор СВЧ", "Согласование линии передачи с устройством СВЧ". Более подробно с разработками можно ознакомиться в работах [10, 11].

На рисунке 3 показана архитектура тренажера.



Рис. 2. Алгоритм построения тренажера

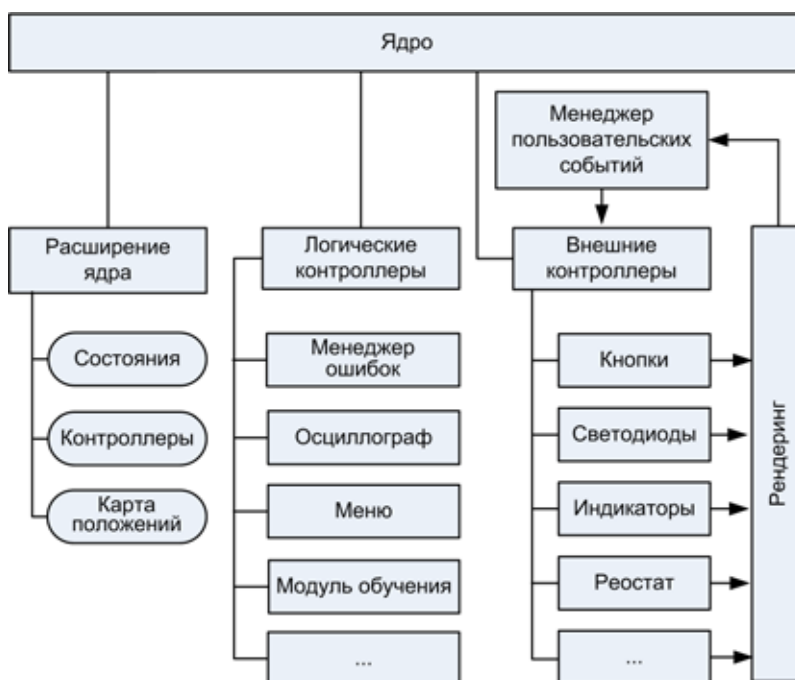


Рис. 3. Архитектура тренажера

4 МЕТОД АНАЛИЗА ДЕЙСТВИЙ И ДИАГНОСТИКИ ОШИБОК ОБУЧАЕМОГО

Для проверки навыков работы с тренажером обучаемому выдаются упражнения. Они характеризуются начальными и конечными состояниями:

Упражнение = (начальное состояние, конечные состояния),

где *начальное состояние* – состояние, с которого начинается выполнение упражнения;

конечные состояния – состояния, в которых упражнение считается выполненным.

В процессе выполнения упражнения обучаемый генерирует управляющее воздействие на тренажер. Запустим счетчик тактов, каждое управляющее воздействие увеличивает счетчик на 1. Управляющее воздействие инициирует смену состояния прибора. Состояние прибора после такта t обозначим как $S(t)$. Применяемое правило для перехода из состояния $S(t-1)$ в $S(t)$ обозначим как $R(t)$.

Проведем классификацию ошибок обучаемых и разработаем правила для их определения.

Петля:

$$S(t) == S(t - n), n = 1..t$$

Возвращение к состоянию, которое было в прошлом, частный случай – отсутствие изменения состояния после управляющего воздействия.

Неизменное состояние:

$$S(t) == S(t - 1).$$

Управляющее воздействие не изменяет состояние тренажера. Состояние прибора равно предыдущему, частный случай петли.

Ошибка прибора:

$S(t) \in$ множеству ошибочных состояний.

Пользователь перевел тренажер в неисправное состояние. Текущее состояние принадлежит множеству ошибочных состояний.

Повторное достижение цели:

$\exists b \in$ множеству функциональных блоков $\wedge R(t) \in$ множеству целевых правил блока $b \wedge \exists n \neq t: R(n) \in$ множеству целевых правил блока b .

Обучающийся второй раз поменял какой-либо параметр, например, выставил сначала период на 10 секунд, затем на 8 секунд.

Переход между блоками:

$\exists b_1, b_2 \in$ множеству функциональных блоков $\wedge R(t) \in$ множеству правил блока $b_1 \wedge \exists n \neq t: R(n) \in$ множеству целевых правил блока b_2 .

Обучающийся сначала выполнял задачу в рамках одного функционального блока, затем на полпути перешел на выполнение цели в рамках другого блока. Например, начал устанавливать период в 15 секунд, не закончил и перешел на включение режима внутреннего запуска.

Повторное использование функционального блока:

$\exists b \in$ множеству функциональных блоков $\wedge R(t) \in$ множеству правил блока $b \wedge \exists n \neq t: R(n) \in$ множеству целевых правил блока b .

Обучающийся начал менять какой-либо параметр, который уже был выставлен до этого.

Использование функционального блока без достижения цели:

$\exists b \in$ множеству функциональных блоков, $\exists k: R(k) \in$ множеству правил блока $b \wedge \nexists n: R(n) \in$ множеству целевых правил блока $b \wedge S(t) \in$ множеству конечных состояний данного упражнения.



Рис. 4. Алгоритм поиска ошибочных действий обучаемого

Обучающийся выполнил лишнее действие, которое никак не влияет на результат упражнения. Например, начал настраивать амплитуду сигнала, когда для успешного завершения упражнения этого не требуется.

На рисунке 4 представлено содержательное описание алгоритма поиска ошибочных действий обучаемого.

5 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Проведен эксперимент по работе с прибором среди двух групп обучаемых: технические специалисты промышленных предприятий со средним техническим образованием и студенты Ульяновского государственного

технического университета. В качестве тренажёра выбран «Генератор импульсов точной амплитуды Г5-75». Обучаемым необходимо выполнить четыре упражнения, минимальное количество взаимодействий с тренажёром для выполнения всех упражнений составляет 54 действия. Полученные результаты по допущенным ошибкам сгруппированы в таблице 2.

В таблице 3 показан результат применения метода анализа действий и диагностики ошибок обучаемых для представленных исходных данных после классификации по типам ошибок.

Таблица 2
Классификация ошибок при работе с тренажером технических специалистов промышленных предприятий со средним техническим образованием и студентов

Ошибка	Процент допущенных ошибок на одного обучаемого		Кол-во не оптимальных взаимодействий на одного обучаемого		Процент не оптимальных взаимодействий на одного обучаемого	
	Специалисты	Студенты	Специалисты	Студенты	Специалисты	Студенты
Работа без включения прибора	0,05	0,2	0,05	0,6	0,4	4,4
Работа с прибором в неправильном режиме поля	0,5	1,5	0,5	3,0	3,7	22,2
Некорректное выставление амплитуды	0,2	0,25	0,8	2	5,9	14,8
Некорректное выставление периода	0,2	0,25	0,6	1,5	4,4	11,1
Некорректное выставление длительности	0,2	0,25	0,6	1,5	4,4	11,1
Некорректное выставление временного сдвига	0,2	0,25	0,6	1,5	4,4	11,1
Некорректное выставление множителя для временных параметров	0,2	0,25	0,4	1,0	3,0	7,4
Запуск в неправильном режиме работы	0,2	0,5	0,2	1,0	1,5	7,4
Ошибки в настройке аттенюатора	0,1	0,2	0,1	0,4	0,7	3,0

Таблица 3
Применение метода анализа действий и диагностики ошибок технических специалистов промышленных предприятий со средним техническим образованием и студентов

Тип ошибки	Кол-во ошибок на одно упражнение	
	Технические специалисты	Студенты
Петля	0,09	0,18
Повторное достижение цели	0,57	0,91
Переход между блоками	0,20	0,25
Повторное использование функционального блока	0,52	1,21
Ошибка прибора	0,00	0,00
Использование функционального блока без достижения цели	0,45	1,00
Неизменное состояние	0,03	0,10

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана модель виртуального тренажера, отличающаяся наличием функциональных блоков и множества ошибочных состояний, позволяющая формализовать процесс разработки тренажера, накапливать библиотеку проектных решений и повторно использовать разработанные компоненты тренажера.

С учетом предложенной модели разработан метод анализа действий обучаемого, отличающийся использованием авторской модели тренажера на базе автоматного подхода и шаблонов неэффективных действий, позволяющий автоматически оценить действия обучаемого.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Current Trends in Remote and Virtual Lab Engineering. Where are we in 2013? // *International Journal of Online Engineering*. 2013. V. 9, № 6. pp. 12–16.
2. Матлин А.О., Фоменков С.А. Построение автоматизированной системы создания интерактивных тренажеров // *Известия Волгоградского государственного технического университета. Сер. Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах*. – 2010. – Вып. 9. – №11(71). – С. 57–59.
3. Краснянский М.Н., Карпушкин С.В., Дедов Д.Л. Системный подход к проектированию автоматизированной информационной системы обучения студентов и тренинга операторов химико-технологических систем // *Вестник ТГТУ*. – 2009. – №4. – С. 926–935.
4. Il'kaev R.I., Seleznev V.E., Aleshin V.V., Klishin G.S. Numerical simulation of gas pipeline networks: theory, computational implementation, and industrial applications. Moscow: KomKniga, 2005. 720 p.
5. ANSYS Theory Reference (Release 10.0). ANSYS, Inc., SAS IP, Inc., USA, 2005. 1286 p.
6. ABAQUS Theory Manual. ABAQUS Version 6.5 Documentation. ABAQUS, Inc., USA, 2004. 13 Vols.
7. Матус П., Чуйко М. Динамический программный тренажер // *Наука и инновации*. – 2009. – № 4. – С. 55–56.
8. Gubsky D.S., Mamay I.V., Zemlyakov V.V. Virtual Laboratory for Microwave Devices // *Progress In Electromagnetics Research Symposium (PIERS)*. Stockholm, Sweden, Aug. 12–15, 2013. pp. 527–530.
9. Трухин А.В. Анализ существующих в РФ тренажерно-обучающих систем. // *Открытое и дистанционное образование*. – 2008. – № 1. – С. 32–39.
10. Афанасьев А.Н., Войт Н.Н., Канев Д.С. Математическое моделирование процесса инженерного обучения в сложных инфокоммуникационных образовательных системах // *Радиотехника*. – 2014. – № 7. – С. 133–136.
11. Афанасьев А.Н., Войт Н.Н. Анализ парадигм, разработка архитектуры и компонентно-сервисной платформы обучения: модель предметной области в диаграмматике uml-языка // *Вестник УлГТУ*. – 2011. – № 4. – С. 29–39.
12. Трухин А.В. Автоматизированная тренажерно-обучающая система: компьютерный тренажер и язык описания сценариев // *Открытое и дистанционное образование*. – 2007. – № 3 (27). – С. 47–56.
13. Красовский А.А. Основы теории авиационных тренажеров. – М. : Машиностроение, 1995. – 304 с.
14. Сергеев С.Ф. Виртуальные тренажеры: проблемы теории и методологии проектирования // *Биотехносфера*. – 2010. – № 2(8). – С. 15–20.
15. Дозорцев В.М. Компьютерные тренажеры для обучения операторов технологических процессов. – М. : СИНТЕГ, 2009. – 372 с.

REFERENCES

1. S. Seiler et al. Current Trends in Remote and Virtual Lab Engineering. Where are we in 2013? *International Journal of Online Engineering*, 2013, vol. 9, no. 6, pp. 12–16.
2. Matlin A.O., Fomenkov S.A. Postroenie avtomatizirovannoi sistemy sozdaniia interaktivnykh trenazherov [Architecture of the Automated System for Interactive Learning Tools Development]. *Izvestiia Volgogradskogo gos. tekhn. un-ta. Ser. Aktualnye problemy upravleniia, vychislitelnoi tekhniki i informatiki v tekhnicheskikh sistemakh* [Proc. Volgograd State Technical University, Actual Problems of Control, Computers, and Informatics in Engineering Systems Series], 2010, Iss. 9, no. 11 (71), pp. 57–59.
3. Krasnyansky M.N., Karpushkin S.V., Dedov D.L. Sistemnyi podkhod k proektirovaniu avtomatizirovannoi informatsionnoi sistemy obucheniia studentov i treninga operatorov khimiko-tekhnologicheskikh sistem [System Approach to Designing Automated Information System of Training Students and Operators of Chemical-Technological Systems]. *Vestnik TGTU* [Transactions TSTU], 2009, no. 4, pp. 926–935.
4. Seleznev V.E., Aleshin V.V., Il'kaev R.I., Klishin G.S. *Numerical Simulation of Gas Pipeline Networks: Theory, Computational Implementation, and Industrial Applications*. Moscow, KomKniga Publ., 2005. 720 p.
5. *ANSYS Theory Reference* (Release 10.0). ANSYS, Inc., SAS IP, Inc., USA, 2005. 1286 p.
6. *ABAQUS Theory Manual*. ABAQUS Version 6.5 Documentation. ABAQUS, Inc., USA, 2004. 13 Vols.
7. Matus P., Chuyko M. Dinamicheskii programmnyi trenazher [Dynamic Software Learning Tools]. *Nauka i innovatsii* [The Science and Innovations], 2009, no. 4, pp. 55–56.
8. Gubsky D.S., Mamay I.V., Zemlyakov V.V. Virtual Laboratory for Microwave Devices. *Progress In Electromagnetics Research Symposium (PIERS)*, Stockholm, Sweden, Aug. 12–15, 2013, pp. 527–530.
9. Trukhin A.V. Analiz sushchestvuiushchikh v RF trenazherno-obuchaiushchikh sistem [The Analysis of Training-and-Learning Systems Existing in the Russian Federation]. *Otkrytoe i distantsionnoe obrazovanie* [Open and Distance Education], 2008, no. 1, pp. 32–39.
10. Afanasyev A.H., Voyt N.N., Kanev D.S. Matematicheskoe modelirovanie protsesssa inzhenernogo obucheniia v

slozhnykh infokommunikatsionnykh obrazovatelnykh sistemakh [Mathematical Modeling of Engineering Education Process in Complex Infocommunication Learning Systems]. *Radiotekhnika* [Radioengineering], 2014, no. 7, pp. 133–136.

11. Afanasiev A. N., Voit N. N. Analiz paradigm, razrabotka arkhitektury i komponentno-servisnoi platformy obucheniia: model predmetnoi oblasti v diagrammatike uml-iazyka [Paradigms Analysis, Development of Architecture and Component-Service Training Platform: Domain Model in UML-Diagrammer]. *Vestnik ULGTU* [Bulletin ULSTU], 2011, no. 4, pp. 29–39.

12. Trukhin A.V. Avtomatizirovannaia trenazherno-obuchaiushchaia sistema: kompiuternyi trenazher i iazyk opisaniia stsenariiev [Automated Training-and-Learning

System: Computer Simulator as a Scripting Language]. *Otkrytoe i distantsionnoe obrazovanie* [Open and Distance Education], 2007, no. 3 (27), pp. 47–56.

13. Krasovskiy A.A. *Osnovy teorii aviatsionnykh trenazherov* [Fundamentals of the Aviation Simulator Theory]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1995. 304 p.

14. Sergeev S.F. Virtualnye trenazhery: problemy teorii i metodologii proektirovaniia [Virtual Simulators: Issues of the Development Theory and Methodology]. *Biotekhnosfera* [Bio-Technosphere], 2010, no. 2 (8), pp. 15–20.

15. Dozortsev V. M. *Kompiuternye trenazhery dlia obucheniia operatorov tekhnologicheskikh protsessov* [Computer Simulators for Training the Process Operators]. Moscow, SINTEG Publ., 2009. 372 p.