

Семенова Н. Г.¹, Комиссарова Т. В.²¹Оренбургский государственный университет имени В. А. Бондаренко (Оренбург, Россия)
E-mail: ng_sem@mail.ru²Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) Оренбургского государственного университета имени В.А. Бондаренко (Орск, Россия)
E-mail: tatyana.komissarova.97@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ТРЕНАЖЕРОВ В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ УМЕНИЙ, НАВЫКОВ СТУДЕНТОВ-ЭЛЕКТРИКОВ

Подготовка квалифицированных кадров в электроэнергетической отрасли России, в условиях достижения технологического лидерства страны, является наиболее приоритетным и перспективным направлением среди инженерно-технических специальностей подготовки студентов. В то же время выпускники вузов демонстрируют высокий уровень теоретической подготовки, однако профессиональные умения, навыки, востребованные на предприятиях электроэнергетической отрасли, не соответствуют требованиям работодателей. В условиях современной цифровой трансформации образования важная роль в области повышения уровня профессиональных знаний, умений, навыков студентов инженерно-технических специальностей отводится применению в учебном процессе различным видам электронных образовательных ресурсов, в том числе и электронных тренажеров. Целью исследования является выявление соответствия между применением видов электронных тренажеров, используемых в процессе обучения студентов-электриков, и достижением определенного уровня профессиональных умений, навыков, требуемых работодателями электроэнергетической отрасли. Анализ нормативно-правовой базы высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» и действующего профессионального стандарта в сфере электроэнергетики, позволил выявить три иерархически связанных уровня профессиональных умений и навыков, которым требуется обладать будущим специалистам на электроэнергетических промышленных предприятиях: проведение операционных действий с электрическими устройствами/объектами; проектирование и моделирование электроэнергетических объектов/систем; принятие решения в нестандартных (аварийных) ситуациях электрических сетей, электрооборудования. Для каждого уровня обоснованы дидактические дескрипторы, характеризующие необходимые профессиональные умения, навыки. Формирование профессиональных умений, навыков предложено осуществлять с помощью электронных тренажеров (ЭТ). В исследовании электронные тренажеры классифицированы на три вида: статические (квазидинамические) ЭТ; динамические ЭТ; виртуальные тренажеры. Осуществлена характеристика каждой группы, приведены примеры ЭТ каждой группы, используемых в процессе формирования профессиональных умений, навыков студентов-электриков. Сформирована матрица соответствия применения выявленных видов ЭТ определенным уровням профессиональных умений, навыков. Обосновано, что ЭТ должны разрабатываться с учетом дидактических возможностей ИКТ, а их контент должен отражать предметные особенности профильных дисциплин студентов-электриков.

Ключевые слова: электронные тренажеры, процесс обучения студентов-электриков, профессиональные умения, профессиональные навыки.

Semenova N. G., Komissarova T. V.

Orenburg State University named after V. A. Bondarenko (Orenburg, Russia)

E-mail: ng_sem@mail.ru

Orsk Institute of Humanities and Technology (OSU branch) (Orsk, Russia)

E-mail: tatyana.komissarova.97@mail.ru

APPLICATION OF ELECTRONIC TRAINERS IN THE PROCESS OF FORMING PROFESSIONAL SKILLS AND ABILITIES OF ELECTRICITY STUDENTS

Training qualified personnel for the Russian electric power industry, as the country strives to achieve technological leadership, is a top priority and promising area of student training in engineering and technical specialties. While university graduates demonstrate a high level of theoretical knowledge, the professional skills and abilities in demand in the electric power industry do not meet employer requirements. In the context of the current digital transformation of education, the use of various types of electronic educational resources, including electronic simulators, plays a key role in improving the professional knowledge, skills, and abilities of engineering and technical students. The aim of this study is to determine the correlation between the use of electronic simulators used in electrical training and the achievement of a certain level of professional skills and abilities required by employers in the electric power industry. An analysis of the regulatory framework for higher education in the 13.03.02 "Electric Power and Electrical Engineering" program and the current professional standard in the electric power industry revealed three hierarchically linked levels of professional skills required of future specialists in electric power industrial enterprises: performing operational actions with electrical devices/objects; designing and modeling electric power facilities/systems; and making decisions in non-standard (emergency) situations involving electrical networks and electrical equipment. For each level, didactic descriptors characterizing the necessary professional skills and abilities are substantiated. It is proposed to develop professional skills and abilities using electronic training simulators (ET). The study classifies electronic training simulators into three types: static (quasi-dynamic) ET; dynamic ET; and virtual simulators. Each

group is characterized, and examples of ETs in each group used to develop the professional skills and abilities of electrical engineering students are provided. A matrix of the correspondence between the use of the identified ET types and specific levels of professional skills and abilities is created. It is argued that ETs should be developed with due regard for the didactic capabilities of ICT, and their content should reflect the subject-specific aspects of the specialized disciplines of electrical engineering students.

Key words: electronic simulators, the process of teaching electrical students, professional skills, professional abilities.

В соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 7 мая 2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» одной из стратегических национальных целей является достижение технологического лидерства Российской Федерации. Реализация данной цели предполагает активизацию научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности, а также повышение качества инженерного образования, являющегося ключевым фактором формирования кадрового потенциала. Однако, на сегодняшний день существует ряд ключевых недостатков, характерных для инженерного образования в России. Как отмечают исследователи (Зорина О. С., Иванов В. Г., Похолков Ю. П., Симоньянц Р. П. и др.), качество подготовки инженеров зачастую противоречит требованиям работодателей. По нашему мнению это связано с тем, что у вузов в большей степени преобладает акцент на формирование теоретических знаний и способностей студента осваивать учебный материал, работодатели же в большей степени заинтересованы в сформированных профессиональных умениях, навыках и готовности выпускника к профессиональной деятельности. То есть, на сегодняшний день во многих инженерных вузах наблюдается противоречие между сформированным уровнем компетенций выпускника и требуемым уровнем профессиональных компетенций со стороны работодателей.

Как отмечено в работах исследователей (Белоновская И. Д., Зайнутдинова Л. Х., Сазонова Т. В., Семенова Н. Г., и др.) в условиях современной цифровой трансформации образования важная роль в вопросах повышения уровня профессиональных компетенций студентов инженерно-технических специальностей отводится применению в учебном процессе различными видами электронных образовательных ресурсов (ЭОР). Необходимо отметить, что на этапе становления информатизации образования в России (конец XX века — начало XXI века)

в процессе обучения студентов-электриков, в основном, использовались ЭОР, ориентированные на формирование профессиональных знаний, умений. В последние 5–10 лет, в условиях использования методов машинного обучения и искусственного интеллекта, широкое распространение получили электронные тренажеры (ЭТ), целенаправленно ориентированные на формирование профессиональных умений, навыков работы и управления электроэнергетическими объектами/системами.

В работе [1] нами введено понятие ЭТ, под которым мы понимаем «электронный образовательный ресурс, разработанный с учетом дидактических возможностей ИКТ и предметных особенностей профильных дисциплин студентов-электриков, предназначенный для формирования профессиональных умений и навыков, посредством выполнения профессионально-ориентированных заданий и моделирования различных электрических схем и процессов в интерактивном режиме, симулирующих работу реальных электроэнергетических объектов на промышленных предприятиях».

Анализ научно-технической и научно-педагогической литературы в области применения электронных тренажеров в процессе обучения показал, что они в первую очередь ориентированы на: технологию процесса разработки и функциональные возможности ЭТ (Е. В. Бондаренко, В. М. Дозорцев, Ю. С. Крежевский, А. О. Матлин, Д. В. Строганов, И. Р. Невская и др.); методики и технологии обучения студентов инженерно-технических специальностей, в том числе: машиностроение, авиастроение, военная картография, электроэнергетика и электротехника и др. (Н. П. Фикс, Т. Л. Шапошникова, С. В. Пигин, В. А. Найда, Л. В. Львов, С. В. Вакуленко, О.В. Мерецков, М.В. Карелина). Вместе с тем в этих исследованиях не рассмотрены вопросы: реализации предметных особенностей обучения студентов в структуре и контенте электронных тренажеров, способствующих повышению уровня профессиональных

умений, навыков; классификации электронных тренажеров, применяемых для обучения студентов-электриков; выбора вида ЭТ в зависимости от требуемого уровня профессиональных умений, навыков студентов.

В связи с вышеизложенным целью данного исследования является выявление соответствия между применением вида электронных тренажеров, используемых в процессе обучения студентов-электриков, и достижением определенного уровня профессиональных умений, навыков, требуемым работодателями электроэнергетической отрасли.

Анализ нормативно-правовой базы высшего образования, включая ФГОС высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» и действующего профессионального стандарта в сфере электроэнергетики, позволил выявить три иерархически связанных уровня профессиональных умений и навыков, которым требуется

обладать будущим специалистам на электроэнергетических промышленных предприятиях:

1-й уровень «Профессиональные умения и навыки проведения простых операционных действий с электрическими устройствами/объектами»;

2-й уровень «Профессиональные умения, навыки проектирования и моделирования электроэнергетических объектов/систем»;

3-й уровень «Профессиональные умения, навыки в принятии решения в нестандартных (аварийных) ситуациях электроэнергетических объектов/систем».

Анализ профессиональных стандартов в области эксплуатации и обслуживания электроэнергетических объектов/систем позволил сформулировать необходимые дидактические дескрипторы (характеристики, признаки) формирования профессиональных умений, навыков для каждого выявленного уровня, таблица 1. Под дидактическими дескрипторами, на ос-

Таблица 1 — Классификация уровней профессиональных умений, навыков в процессе обучения студентов-электриков

Уровни профессиональных умений, навыков	Дидактические дескрипторы
1-й уровень: «Профессиональные умения и навыки проведения простых операционных действий с электрическими устройствами/объектами»	Знать правила и принципы поиска информации. Знать основные законы электротехники, принципы работы различных электроэнергетических устройств. Уметь читать схемы электроэнергетических систем и сетей. Обладать навыками сборки простых электрических схем на лабораторных стендах, в системах автоматизированного проектирования (САПР).
2-й уровень: «Профессиональные умения, навыки проектирования и моделирования электроэнергетических объектов/систем»	Знать теоретические основы проектирования электроэнергетических объектов/систем в различных режимах работы. Знать стандарты электротехнического направления и ЕСКД. Уметь анализировать электротехнические параметры различных режимов функционирования электроэнергетических объектов/систем. Уметь разрабатывать проектную, эксплуатационную, техническую и технологическую рабочую документацию электроэнергетических объектов/систем. Обладать навыками работы с реальным электроэнергетическим оборудованием и современными методами и средствами ИКТ в различных режимах функционирования электроэнергетических объектов/систем.
3-й уровень: «Профессиональные умения, навыки в принятии решения в нестандартных (аварийных) ситуациях электрических сетей, электрооборудования»	Знать и выявлять факторы, которые могут привести к возникновению аварий в процессе эксплуатации электроэнергетических объектов/систем. Уметь разрабатывать мероприятия по недопущению аварийных ситуаций в работе электрооборудования, электрических сетей. Уметь проводить оценку аварийных ситуаций в работе электрооборудования, электрических сетей и осуществлять деятельность по их устранению. Обладать навыком выполнения сложных и опасных работ по заранее разработанному плану, проекту организации работ или по наряду-допуску.

новании исследования, проведенного в работе [2], будем понимать совокупность необходимых знаний, умений, навыков для достижения соответствующего профессионального уровня.

Авторский опыт проведения занятий по профессиональным дисциплинам у студентов-электриков с применением ЭОР позволил выявить основные составляющие дидактических дескрипторов, которые представлены ниже.

1-й уровень. «Профессиональные умения и навыки проведения простых операционных действий с электрическими устройствами/объектами».

1. Знать правила и принципы поиска информации.

К основным составляющим этого дидактического дескриптора нами отнесены: знать основные методы, способы и средства получения, хранения и переработки информации; знать, как осуществить поиск информации с помощью интернет-ресурсов, профессиональных баз данных и информационных справочных систем, таких как: Школа для электрика; Электрик Инфо; Справочник электрика и энергетика; Киберленинка; Юрайт.

2. Знать основные законы электротехники, принципы работы различных электроэнергетических устройств.

Составляющими второго дескриптора являются: знать теорию электрических, магнитных цепей и электромагнитного поля; знать основные законы электротехники и электроэнергетики применительно к расчету и проектированию электроэнергетических объектов/систем; знать физическую сущность явлений и процессов в электроэнергетических устройствах/объектах; знать режимы работы электроэнергетических объектов/систем: нормальный, аварийный, послеаварийный.

3. Уметь читать схемы электроэнергетических систем и сетей.

Основными составляющими являются: уметь различать условно-графические и буквенно-цифровые обозначения элементов на электрических схемах, расшифровывать марки электротехнического оборудования; уметь различать виды электрических схем (принципиальные, монтажные, структурные и функциональные), а также различать схемы заземления электро-

энергетических объектов/систем согласно правилам устройства электроустановок (ПУЭ).

Формирование обозначенных умений предлагается реализовать с помощью: электронных курсов лекций [3], содержащих фото, схемы, видео электроэнергетических объектов/систем; тренажер-конструктора «Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанций 35-750 кВ» [4], а закреплять умения — с помощью тестовых заданий.

4. Обладать навыками сборки простых электрических схем на лабораторных стендах, в системах автоматизированного проектирования (САПР).

Составляющими этого дескриптора являются: владеть навыками безопасного проведения работ с реальным электроэнергетическим оборудованием; обладать навыками проведения простейших оперативных переключений электроэнергетических устройств/объектов; владеть методикой и навыками измерения электротехнических величин; владеть навыками работы с графическими редакторами и САПР.

Эти навыки формируются на следующих программных и лабораторно-технических средствах: среды автоматизированного проектирования (САПР) электрических схем и оборудования (КОМПАС-Электрик, AutoCAD, SolidWorks Electrical Schematics); графический редактор VISIO; стендовые тренажеры, такие как «Электрические системы и сети» (УчтехПрофи), «Электрические измерения в системах электроснабжения», «Модель электрической системы» (ЛабСис).

2-й уровень. «Профессиональные умения, навыки проектирования и моделирования электроэнергетических объектов/систем».

1. Знать теоретические основы проектирования электроэнергетических объектов/систем в различных режимах работы.

Основными составляющими являются: знать методики расчетов электроэнергетических устройств для различных режимов работы: нормальный, аварийный, послеаварийный; знать основные правила и методы работы с пакетами прикладных программ, применяемых для проектирования электроэнергетических объектов/систем таких как Smath Studio, OpenDSS и др.; знать основы работы с программами имитационного моделирования: MathCAD, MATLAB, SimInTech, Electronics Workbench, ETAP и др.

2. Знать стандарты электротехнического направления и ЕСКД.

К основным составляющим этого дескриптора нами отнесены: знать нормативную базу в области электроэнергетики (ПУЭ, федеральные законы, постановления Правительства и т. д.); знать основные положения ЕСКД в области выполнения электрических схем.

3. Уметь анализировать электротехнические параметры различных режимов функционирования электроэнергетических объектов/систем.

Третий дескриптор представлен следующими основными составляющими: уметь определять параметры схемы замещения основных элементов электроэнергетических систем и сетей; уметь осуществлять расчет установившихся и переходных процессов в электроэнергетических объектах/системах; уметь моделировать режимы работы электроэнергетических объектов/систем на реальных лабораторных стендах и в средах имитационного моделирования; уметь осуществлять анализ параметров электрической схемы в разных режимах ее работы посредством таких программных пакетов как MathCAD, MATLAB Simulink, SimInTech, SMath Studio и др.

4. Уметь разрабатывать проектную, эксплуатационную, техническую и технологическую рабочую документацию электроэнергетических объектов/систем.

К составляющим названного дескриптора относятся: уметь работать с технической и проектной документацией конструкций электротехнических устройств, объектов электроэнергетики; уметь ориентироваться в перечне стандартов электротехнического направления и ЕСКД; уметь выполнять расчеты для разработки комплекта конструкторской документации для отдельных разделов проекта; уметь осуществлять на базовом уровне проектирование электроэнергетических объектов/систем; уметь применять программное обеспечение для решения задач проектного и исследовательского характера в сфере профессиональной деятельности, такое как пакеты программ Model Studio CS («Кабельное хозяйство»), «Электротехнические схемы», «ЛЭП» и др.), nanoCAD BIM Электро, MS Excel.

5. Обладать навыками работы с реальным электроэнергетическим оборудованием и со-

временными методами и средствами ИКТ в различных режимах функционирования электроэнергетических объектов/систем.

Данный дескриптор характеризуется следующими составляющими: обладать навыками разработки схемы электроснабжения с учетом выбранных проектных решений; владеть навыками подключения электроэнергетического оборудования согласно электрическим схемам; владеть навыками моделирования работы электроэнергетических объектов/систем в различных режимах работы с помощью лабораторных стендов и программ имитационного моделирования.

Практические навыки работы с электроэнергетическими объектами/системами предлагается отрабатывать на лабораторных стендах, разрабатываемых рядом компаний, таких как ЛабСис, УчтехПрофи и др. Для безопасной отработки навыков возможно применение электронных тренажеров таких как виртуальный лабораторный практикум по дисциплине «Электрическая часть станций и подстанций», разработанный сотрудниками Оренбургского государственного университета, который представляет собой виртуальный аналог реального учебного стенда. ЭТ позволяет выполнять следующие оперативные действия: переключения при переводе присоединений с одной системы шин на другую; вывод в ремонт секционного выключателя с включением ремонтной перемычки; исследование максимальной токовой направленной защиты с независимой выдержкой времени в сети с двухсторонним питанием [5].

3-й уровень. «Профессиональные умения, навыки в принятии решения в нестандартных (аварийных) ситуациях электрических сетей, электрооборудования».

Знать и выявлять факторы, которые могут привести к возникновению аварий в процессе эксплуатации электроэнергетических объектов/систем. Основными составляющими названного дескриптора являются: знать требования нормативно-технической документации к устройству электроэнергетических объектов/систем; знать конструктивное исполнение электроэнергетических объектов/систем и нормальные схемы их электроснабжения; знать правила эксплуатации и организации ремонта электрических

сетей; знать характерные неисправности и повреждения, способы их предупреждения, определения и устранения; знать общие вопросы вспомогательных и подготовительных работ по ремонту оборудования электроэнергетических объектов/систем; знать порядок производства оперативных переключений и ведения оперативных переговоров.

Закреплять полученные знания студентов-электриков можно на тренажерах таких как: виртуальный VR-тренажёр «Электрическая подстанция» (ВЛС-ЭП) [6]; виртуальный VR-тренажёр «Электрическая подстанция 35 кВ» разработанных УчтехПрофи [7]. Уметь разрабатывать мероприятия по недопущению аварийных ситуаций в работе электрооборудования, электрических сетей.

Базовыми составляющими дескриптора являются: уметь проводить анализ и учет первичных данных по техническому обслуживанию и ремонту оборудования электроэнергетических объектов/систем; уметь обеспечить ремонт оборудования электроэнергетических объектов/систем; уметь контролировать режимы работы электроэнергетических объектов/систем; уметь производить изменения в схемах электрических соединений объекта профессиональной деятельности.

Возможно применение реалистичных 3D-моделей электроэнергетических объектов по типу КИТ 3D 3 в 1: «Воздушная линия электропередачи 10 кВ + комплектная трансформаторная подстанция мачтового типа + разъединитель. Проведение осмотра» (Корпорация Диполь) [8].

Уметь проводить оценку аварийных ситуаций в работе электрооборудования, электрических сетей и осуществлять деятельность по их устранению.

Дескриптор характеризуется следующими основными составляющими: уметь классифицировать аварийные ситуации и их последствия на электроэнергетических объектах; уметь оперативно принимать и реализовывать решения на основе нормативно-технической документации нормативно-технической базы (ПУЭ, ПТЭЭП, Правила по охране труда); уметь обоснованно осуществлять оперативные переключения в электрических сетях или на объектах электроэнергетики.

Обладать навыками выполнения сложных и опасных работ по заранее разработанному плану, проекту организации работ или по наряду-допуску. Базовыми составляющими дескриптора являются: владеть навыками работы с современными системами управления, сбора и передачи данных, постоянного мониторинга состояния оборудования, параметров его режима работы и их анализа; владеть навыком ведения документации по техническому обслуживанию и ремонту электроэнергетических объектов/систем; обладать навыками распределения обязанностей между персоналом при проведении оперативных переключений в электрических сетях или на объектах электроэнергетики.

Для формирования 3-го уровня профессиональных умений, навыков целесообразно использовать тренажёр цифровой подстанции 110/35/10 кВ (ЦПС) [9]. Так же в процессе обучения студентов-электриков уместно использовать виртуальные тренажеры с мнемосхемами: TWR-12 – тренажёр оперативных переключений [10]; тренажёр главной электрической схемы станции 220/110/6 кВ [11]. В Ульяновском государственном техническом университете и Оренбургском государственном университете внедрены в учебный процесс обучения студентов-электриков виртуальные тренажеры с мнемосхемами по дисциплинам «Релейная защита и автоматика» и «Электрическая часть станций и подстанций» [12].

Как было уже сказано выше, современный этап обучения студентов-электриков сопровождается повсеместным использованием ЭТ. Для того, чтобы определить какие ЭТ должны использоваться для формирования выявленных нами, уровней профессиональных умений, навыков систематизируем и классифицируем существующие ЭТ.

Анализ научно-технической и научно-педагогической литературы (А. Ф. Дьяков, И. А. Гутов, С. В. Коган, Ю. С. Крежевский, В. В. Трощинский, А. Г. Фишов, В. П. Шойко и др.) позволил условно классифицировать ЭТ, используемые в учебном процессе студентов-электриков, на три вида:

Статические (квазидинамические) электронные тренажеры, представляющие собой статические модели реальных электроэнергетических объектов. Как правило, такие ЭТ

не обладают возможностью автоматического изменения состояния объекта в ответ на действия, т.е. в них отсутствует физико-математическая модель процессов и действий. Однако, они обеспечивают визуальное представление реальных электротехнических устройств/объектов. ЭТ этого вида применяются для отработки операционных действий с электрическими устройствами, представленных в жесткой последовательности, что позволяет легко их моделировать и использовать соответствующую модель для проведения тренировок [5]. Статические тренажеры позволяют обеспечить визуальную ясность принципов функционирования электроэнергетического оборудования/систем в целом, что особенно важно для формирования базовых профессиональных умений студентов-электриков.

К статическим тренажерам нами отнесены: тренажер-конструктор «Схемы принципиальных электрических распределительных устройств подстанций 35-750 кВ», среды автоматизированного проектирования (САПР) электрических схем и оборудования (КОМПАС-Электрик, AutoCAD, SolidWorks Electrical Schematics); графический редактор VISIO; стендовые тренажеры, такие как «Электрические системы и сети» (УчтехПрофи), «Электрические измерения в системах электроснабжения», «Модель электрической системы» (ЛабСис).

2. Динамические электронные тренажеры. ЭТ этого типа представляют собой имитационные обучающие системы, способные моделировать работу реальных электроэнергетических объектов и электрооборудования. Динамические тренажеры наиболее эффективны при подготовке студентов, уже имеющих базовые представления об электрических схемах и принципах их построения, условных обозначениях на них. Применение динамических тренажеров позволяет студентам-электрикам продемонстрировать проявление основных теоретических законов электротехники и электроэнергетики в функционировании электрооборудования и электрических систем, что является основой в обучении студентов проектированию электроэнергетических объектов (электростанций, подстанций).

В качестве динамических ЭТ в процессе обучения студентов-электриков могут быть ис-

пользованы: Smath Studio, OpenDSS, программы имитационного моделирования (MathCAD, MATLAB, SimInTech, Electronics Workbench, ETAP), программное обеспечение для решения задач проектного и исследовательского характера в сфере профессиональной деятельности Model Studio CS («Кабельное хозяйство», «Электротехнические схемы», «ЛЭП» и др.), nanoCAD BIM Электро.

3. Виртуальные тренажеры. На сегодняшний день представляется возможным выделить два типа тренажеров этого вида: AR/VR-тренажеры; виртуальные тренажеры с мнемосхемами [14].

Первая группа «AR/VR-тренажеры».

Тренажеры этой группы представляют собой программно-аппаратные комплексы, создающие высокоточную симуляцию функционирования реального электроэнергетического объекта/системы. Для этого достаточно надеть VR-шлем и взять в руки motion-контроллер. К примеру, VR-тренажеры могут полностью «погрузить» студента внутрь виртуальной подстанции или распределительного устройства (РУ). AR-тренажеры осуществляют наложение на реальность виртуальных элементов (метки, схемы, диаграммы, подсказки на порядок действий) через планшет, смартфон или очки. Как отмечено в [5] тренажер данного типа должен обеспечить получение опыта близкого к реальной производственной ситуации в безопасных условиях с использованием передовых методов обучения — погружение пользователя в виртуальную сцену производственного процесса.

К AR/VR-тренажерам можно отнести тренажеры российской разработки: Виртуальный VR-тренажер «Электрическая подстанция» (ВЛС-ЭП); Виртуальный VR-тренажер «Электрическая подстанция 35 кВ». Здесь в условиях иммерсивной виртуальной среды, реализуемой посредством шлема виртуальной реальности (VR-устройства), обучающийся осуществляет навигацию по цифровому двойнику электрических подстанций. Посредством персонализации аватара пользователь получает возможность целенаправленного перемещения в пространстве виртуальной модели с целью изучения архитектурных решений, компоновки оборудования и конструктивных особенностей объекта энергетической инфраструктуры. Также

представляется возможным отнести к данной группе ЭТ 3D-модели электроэнергетических объектов по типу КИТ 3D 3 в 1: «Воздушная линия электропередачи 10 кВ + комплектная трансформаторная подстанция мачтового типа + разъединитель. Проведение осмотра» (Корпорация Диполь).

AR/VR-тренажёры используются чаще всего для обучения оперативного персонала электростанций, электроэнергетических объектов/систем, отработки профессиональных умений, навыков управления процессами, оборудованном без риска для жизни и оборудования.

Вторая группа «Виртуальные тренажёры с мнемосхемами электроэнергетических систем».

Для обучения студентов-электриков данный тип тренажеров позволяет преодолеть разрыв между абстрактной теорией электротехники и конкретной практической деятельностью. Тренажёры с мнемосхемами используются для: отработки умений и навыков переключений в электроустановках и управления оборудованием в нормальном и аварийном режимах работы; для разбора и воспроизведения реальных аварийных ситуаций, произошедших из-за неисправности электрооборудования. Виртуальные тренажёры с мнемосхемами позволяют реализовать принцип наглядности в его современной интерактивной модификации. Однако, как показал анализ существующих ЭТ, в большинстве своем, тренажёры данного типа ориентированы в большей степени на отработку действий электроэнергетического персонала промышленных предприятий. Основными разработчиками виртуальных тренажеров с мнемосхемами электроэнергетических объектов/систем в Российской Федерации являются: ЗАО «Энергетические технологии»; АО «Тренажёры электрических станций и сетей»; ООО «Энерго Лаб» и др.

К ЭТ с мнемосхемами можно отнести: TWR-12 — тренажёр оперативных переключений; Тренажёр главной электрической схемы станции 220/110/6 кВ; Виртуальные тренажёры с мнемосхемами по дисциплинам «Релейная защита и автоматика» и «Электрическая часть станций и подстанций».

Проведённый анализ ЭТ свидетельствует о том, что их грамотное внедрение в образовательную среду способно существенно повысить качество подготовки студентов по направлению

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Как справедливо отмечают исследователи [15, с. 269], ключевым условием рационального внедрения ЭТ в учебный процесс является чёткое определение образовательных контекстов, в которых их использование обосновано с точки зрения методологии обучения. Речь идёт о выявлении таких ситуаций учебной деятельности, где применение ЭТ обеспечивает преимущества перед традиционными лабораторными стендами. К ним нами отнесены: отработка опасных или трудновоспроизводимых операций, формирование диагностических навыков в условиях имитации отказов оборудования, развитие способности к принятию решений в условиях дефицита времени.

В работе [16] нами выявлены и обоснованы предметные особенности обучения профессиональным дисциплинам студентов по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, и способы их реализации в электронных образовательных ресурсах посредством дидактических возможностей ИКТ. Предметные особенности обучения профессиональным дисциплинам студентов-электриков нами классифицированы на две группы: основные и дополнительные особенности. Группа основных предметных особенностей отражает специфику обучения профессиональным дисциплинам студентов-электриков. Группа дополнительных предметных особенностей включает в себя особенности обучения студентов-электриков, отражающих ориентированность обучения студентов-электриков на профессиональную деятельность посредством взаимодействия «вуз-предприятие».

Сопоставляя выделенные нами уровни профессиональных умений, навыков и выявленные виды электронных тренажеров, а также обоснованные предметные особенности обучения профессиональным дисциплинам студентов-электриков нами сформирована матрица (таблица 3), отражающая их взаимосвязь.

Выводы:

Выделены и обоснованы три уровня формирования профессиональных умений, навыков студентов-электриков: первый уровень — «Профессиональные умения и навыки проведения простых операционных действий

Таблица 3 — Матрица взаимосвязи составляющих процесса обучения студентов-электриков: результат обучения, средства обучения (ЭТ), контент ЭТ

Результат обучения	Средства обучения (используемые виды ЭТ)	Контент электронных тренажеров
Сформированные профессиональные умения и навыки проведения простых операционных действий с электрическими устройствами/объектами.	Статические (квазидинамические) электронные тренажеры.	Контент ЭТ должен включать в себя все основные предметные особенности.
Сформированные профессиональные умения и навыки проектирования и моделирования электроэнергетических объектов.	Динамические электронные тренажеры.	Контент ЭТ должен включать в себя: 1. Все основные предметные особенности. 2. Дополнительные предметные особенности: профессионально ориентированный контент изучаемой дисциплины; изучение и исследование режимных и технологических процессов электроэнергетического предприятия; решение профессионально ориентированных задач/проектов электроэнергетического промышленного предприятия.
Сформированные профессиональные умения, навыки в принятии решения в нестандартных (аварийных) ситуациях электроэнергетических объектов/систем.	Динамические ЭТ; Виртуальные тренажеры.	Контент ЭТ должен включать в себя: 1. Все основные предметные особенности. 2. Все дополнительные предметные особенности.

с электрическими устройствами/объектами»; второй уровень — «Профессиональные умения и навыки проектирования и моделирования электроэнергетических объектов/систем»; третий уровень — «Профессиональные умения, навыки в принятии решения в нестандартных (аварийных) ситуациях электроэнергетических объектов/систем».

Выявлены и обоснованы дидактические дескрипторы для каждого уровня профессиональных умений и навыков студентов-электриков.

Анализ научно-технической и научно-педагогической литературы позволил условно классифицировать электронные тренажеры

на три вида: статические (квазидинамические) ЭТ; динамические ЭТ; виртуальные тренажеры. Проведена систематизация электронных тренажеров, используемых в процессе обучения студентов-электриков, по выделенным видам ЭТ.

Сформирована матрица соответствия применения выявленных видов ЭТ определенным уровням профессиональных умений, навыков. Обосновано, что ЭТ должны разрабатываться с учетом дидактических возможностей ИКТ, а их контент должен отражать предметные особенности профильных дисциплин студентов-электриков.

24.06.2026

Список литературы:

1. Семенова, Н. Г. Требования к программным средствам-тренажерам для обучения студентов-электриков / Н. Г. Семенова, Т. В. Комиссарова // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : сборник материалов Всероссийской научно-методической конференции, Оренбург, 29–31 января 2026 года. — Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2026.
2. Волобуева, Т. Б. Дескрипторы развития профессиональной компетентности в системе повышения квалификации педагогов / Т. Б. Волобуева // Научное обеспечение системы повышения квалификации кадров. — 2016. — № 1(26). — С. 12–22.
3. Комиссарова, Т.В. Прикладная программа: Электронный курс лекций «Электроэнергетические системы и сети. Часть 1» / Т. В. Комиссарова. — Регистрационный номер УФЭР 4924 от 10.11.2025 г.

4. Готов, И. А. Применение обучающих тренажеров-конструкторов для подготовки бакалавров по направлению 140400 «Электроэнергетика и электротехника» / И. А. Готов // Ползуновский вестник. — 2013. — № 4-2. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-obuchayuschih-trenazherov-konstruktorov-dlya-podgotovki-bakalavrov-po-napravleniyu-140400-elektroenergetika-i> (дата обращения: 30.04.2026).
5. СТО 34.01-22-001-2022. Тренажерные комплексы на основе технологий виртуальной и дополненной реальности (VR/AR). Типовые технические требования. ПАО «Россети». — Введ. 22.09.2022. — 62 с.
6. Виртуальный лабораторный комплекс «Электрическая подстанция» ВЛС-ЭП (3 в одном). — URL: <https://labstand.ru/catalog/virtualnye-stendy-po-elektroenergetike/virtualnyj-laboratornyj-kompleks-elektricheskaya-podstancziya-vls-ep-3-v-odnom?ysclid=moof66kcc7193737994> (дата обращения: 30.04.2026).
7. Виртуальный лабораторный стенд «Электрическая подстанция 35 кВ». — URL: <https://labstand.ru/catalog/virtualnye-stendy-po-elektroenergetike/virtualnyj-laboratornyj-stend-elektricheskaya-podstancziya-35-kv?ysclid=moof9ilwdd46083413> (дата обращения: 10.03.2026).
8. КИТ 3Д 3 в 1: «Воздушная линия электропередачи 10 кВ + комплектная трансформаторная подстанция мачтового типа + разъединитель. Проведение осмотра». — URL: <https://www.tacis-dipol.ru/corp/catalog/kompyuternyj-imitatsionnyj-trenazher-3d-3-v-1-vozdushnye-linii-elektroperedachi-10-kv-komplektnaya-transformatornaya-podstantsiya-machtovogo-tipa-razedinitel-provedenie-osmotra?ysclid=mollctfov853132346> (дата обращения: 25.01.2026).
9. «Россети Научно-технический центр» разработал тренажер цифровой подстанции для тренировки персонала электросетевой компании. — URL: <https://ftc-energo.ru/rntc-pak-mrskyugz/> (дата обращения: 05.04.2026).
10. Тренажер оперативных переключений TWR-12. АО «ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ». — URL: <https://www.enert.ru/twr?ysclid=ml3davg06a307753359> (дата обращения: 20.12.2025).
11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020612538 Российская Федерация. Тренажер главной электрической схемы станции 220/110/6 кВ : № 2020610542 : заявл. 24.01.2020 : опубл. 26.02.2020 / С. И. Магид, Е. Н. Архипова ; заявитель Акционерное общество «Тренажеры электрических станций и сетей» (АО «ТЭСТ»).
12. Крежевский, Ю. С. Программное обеспечение дисциплины «Электроснабжение» / Ю. С. Крежевский, А. П. Савченко, М. С. Юрьева // Новые информационные технологии в электротехническом образовании : материалы VI междунар. науч.-метод. конф. — Астрахань : АГТУ, 2003. — 452 с.
13. Бондаренко, Е. В. Системы компьютерного моделирования действий электротехнического персонала в послеаварийных ситуациях / Е. В. Бондаренко, Ю. С. Крежевский // Вестник УлГТУ. — 1998. — №1 (2). — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistemy-kompyuternogo-modelirovaniya-deystviy-elektrotehnicheskogo-personala-v-posleavariynyh-situatsiyah> (дата обращения: 10.01.2026).
14. Семенова, Н. Г. Разработка и применение электронных образовательных ресурсов в условиях цифровой трансформации образования : монография / Н. Г. Семенова, И. П. Томина — Оренбург : ОГУ, 2022. — 156 с.
15. Дудырев, Ф. Ф. Симуляторы и тренажеры в профессиональном образовании: педагогические и технологические аспекты / Ф. Ф. Дудырев, О. В. Максименкова // Вопросы образования. — 2020. — №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/simulyatory-i-trenazhery-v-professionalnom-obrazovanii-pedagogicheskie-i-tehnologicheskie-aspekty> (дата обращения: 01.11.2025).
16. Семенова, Н. Г. Реализация предметных особенностей в электронных образовательных ресурсах по профессиональным дисциплинам студентов-электриков / Н. Г. Семенова, Т. В. Комиссарова // Вестник Оренбургского государственного университета. — 2025. — № 1(245). — С. 122–131.

References:

1. Semenova N. G. and Komissarova T. V. (2026) Requirements for software simulators for training electrical engineering students. *University complex as a regional center of education, science and culture: collection of materials of the All-Russian scientific and methodological conference*, Orenburg, January 29-31, 2026. Orenburg: Orenburg State University.
2. Volobueva T. B. (2016) Descriptors of professional competence development in the system of advanced training of teachers. *Scientific support for the system of advanced training of personnel*, No. 1 (26), pp. 12–22.
3. Komissarova T.V. (2025) Applied program: Electronic lecture course “Electric power systems and networks. Part 1” (registration number UFER 4924) dated 10.11.2025.
4. Gutov I. A. (2013) “Use of training simulators-designers for training bachelors in the field of 140400 “Electric Power Engineering and Electrical Engineering”. *Polzunovsky Vestnik*, No. 4-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-obuchayuschih-trenazherov-konstruktorov-dlya-podgotovki-bakalavrov-po-napravleniyu-140400-elektroenergetika-i> (accessed: 30.04.2026).
5. SТО 34.01-22-001-2022. Training complexes based on virtual and augmented reality technologies (VR/AR). Standard technical requirements. PJSC Rosseti. Introduced on September 22, 2022, 62 p.
6. Virtual laboratory complex “Electrical substation” VLS-EP (3 in one). URL: <https://labstand.ru/catalog/virtualnye-stendy-po-elektroenergetike/virtualnyj-laboratornyj-kompleks-elektricheskaya-podstancziya-vls-ep-3-v-odnom?ysclid=moof66kcc7193737994> (accessed: April 30, 2026).
7. Virtual laboratory bench “35 kV Electrical Substation”. URL: <https://labstand.ru/catalog/virtualnye-stendy-po-elektroenergetike/virtualnyj-laboratornyj-stend-elektricheskaya-podstancziya-35-kv?ysclid=moof9ilwdd46083413> (accessed: 10.03.2026).
8. KIT 3D 3 in 1: “10 kV overhead power line + complete pole-type transformer substation + disconnecter. Inspection”. URL: <https://www.tacis-dipol.ru/corp/catalog/kompyuternyj-imitatsionnyj-trenazher-3d-3-v-1-vozdushnye-linii-elektroperedachi-10-kv-komplektnaya-transformatornaya-podstantsiya-machtovogo-tipa-razedinitel-provedenie-osmotra?ysclid=mollctfov853132346> (accessed: 25.01.2026).
9. Rosseti Scientific and Technical Center has developed a digital substation simulator for training personnel of an electric grid company. URL: <https://ftc-energo.ru/rntc-pak-mrskyugz/> (accessed: 05.04.2026).
10. TWR-12 operational switching simulator. JSC ENERGY TECHNOLOGIES. URL: <https://www.enert.ru/twr?ysclid=ml3davg06a307753359> (accessed: 20.12.2025).
11. Magid S. I. and Arkhipova E. N. (2020) Certificate of state registration of computer program No. 2020612538 Russian Federation. Simulator of the main electrical circuit of a 220/110/6 kV station: No. 2020610542: declared. 24.01.2020: published. 26.02.2020; applicant Joint-Stock Company “Simulators of Electric Stations and Networks” (JSC TEST).
12. Krezhevsky Yu. S., Savchenko A. P. and Yuryeva M. S. (2003) Software for the discipline “Electricity Supply”. *New information technologies in electrical engineering education: Proc. VI inter-dun. scientific-method. conf. Astrakhan: ASTU*, 452 p.
13. Bondarenko E. V. and Krezhevsky Yu. S. (1998) Systems of computer modeling of actions of electrical personnel in post-emergency situations. *Bulletin of UISTU*, No. 1 (2). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistemy-kompyuternogo-modelirovaniya-deystviy-elektrotehnicheskogo-personala-v-posleavariynyh-situatsiyah> (accessed: 10.01.2026).
14. Semenova N. G. and Tomina I. P. (2022) *Development and application of electronic educational resources in the context of digital transformation of education: monograph*. Orenburg: OSU, 156 p.

15. Dudyrev F.F. and Maksimenkova O.V. (2020) Simulators and training devices in vocational education: pedagogical and technological aspects. *Voprosy obrazovanii*, No. 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/simulyatory-i-trenazhery-v-professionalnom-obrazovanii-pedagogicheskie-i-tehnologicheskie-aspekty> (accessed: 01.11.2025).
16. Semenova N. G. and Komissarova T. V. (2025) Implementation of subject features in electronic educational resources for professional disciplines of electrical engineering students. *Vestnik of the Orenburg State University*, No. 1 (245), pp. 122–131.

Сведение об авторах:

Семенова Наталья Геннадьевна, профессор кафедры автоматизированного электропривода, электромеханики и электротехники Института энергетики, электроники и связи
Оренбургского государственного университета им. В. А.Бондаренко, доктор педагогических наук,
кандидат технических наук, профессор
E-mail: ng_sem@mail.ru
ORCID: 0000-0001-6584-4106

Комиссарова Татьяна Викторовна, старший преподаватель кафедры машиностроения, энергетики и транспорта Орского гуманитарно-технологического института (филиала)
Оренбургского государственного университета им. В. А.Бондаренко
E-mail: tatyana.komissarova.97@mail.ru
ORCID: 0009-0008-4723-1902