

Технологии виртуальной реальности в программах дополнительного профессионального образования персонала энергопредприятий

Рецензия эксперта на статью получена
16.11.2022 [The expert review of the article
was received on November 16, 2022]

Согласно государственной программе Российской Федерации «Развитие образования» [1], повышение доступности, эффективности и качества образования в соответствии с реалиями настоящего и вызовами будущего является одним из базовых направлений реализации государственной политики. Цифровизация общества, являющаяся современным вызовом для всех сфер социально-экономических отношений, включая образование, предполагает как обязательное использование цифровых технологий в образовательном процессе, так и цифровую грамотность обучающихся.

Подготовка высокообразованных людей и высококвалифицированных специалистов, способных к профессиональному росту и профессиональной мобильности в условиях информатизации общества и развития новых наукоёмких технологий является одной из основных задач образования [2].

Одной из отраслей, которая характеризуется внедрением новейших компьютерных и информационных технологий, является электроэнергетика. Развитие современной электроэнергетики требует высокого уровня подготовки и переподготовки обучающихся. Подготовка, повышение квалификации и профессиональная переподготовка слушателей в энергетических вузах должна осуществляться с учётом требований энергетических компаний и производств, а также иметь всё большую практическую направленность, что, несомненно, должно учитываться при

Движущим фактором развития современной образовательной среды является необходимость следовать современным тенденциям и вызовам, сочетая внедрение современных технологий и программных комплексов в учебный процесс с системой классического обучения

разработке и актуализации учебных планов и программ основного и дополнительного профессионального образования. Результатом качественного образования должна являться система знаний, навыков и умений специалиста, которые востребованы в профессиональной среде и обществе в целом. Таким образом, движущим фактором развития современной образовательной среды является необходимость следовать современным тенденциям и вызовам, сочетая повсеместное внедрение современных технологий и программных комплексов в учебный процесс с системой классического обучения.

Ниже рассмотрен опыт Научно-образовательного центра «Экология энергетики» НИУ «МЭИ» (НОЦ «Экология энергетики») в части применения технологий виртуальной реальности, которые успешно внедрены в процесс обучения слушателей по программам профессиональной переподготовки и повышения квалификации по направлениям «Теплоэнергетика и теплотехника» и «Электроэнергетика и электротехника».

УДК 004.946; 519.876.5. Научная специальность: 05.14.04.

Технологии виртуальной реальности в программах дополнительного профессионального образования персонала энергопредприятий

И. В. Путилова, к.т.н., доцент, заведующий Научно-образовательным центром «Экология энергетики» НИУ «МЭИ»; **П. П. Ершевич**, генеральный директор, ООО «Виртуальная реальность плюс»; **Е. А. Маликова**, научный сотрудник НОЦ «Экология энергетики» НИУ «МЭИ»; **О. В. Пузикова**, руководитель проектов, ООО «Виртуальная реальность плюс»

Применение технологий виртуальной реальности для обучения студентов вузов и слушателей, обучающихся по дополнительным образовательным программам, поддерживается многими учёными мирового сообщества. Обучающиеся лучше понимают и запоминают материал, погружаясь в интерактивное трёхмерное пространство, за счёт визуализации сложных или невидимых обычному глазу технологических процессов и оборудования. Немаловажным фактом при использовании инструментов виртуальной реальности является возможность проведения безопасного обучения персонала в различных условиях, близких к реальным, с высокоэффективным закреплением навыков, с одной стороны, и отсутствием колоссальных финансовых вложений в создание гибкого, масштабируемого обучающего полигона для подготовки персонала предприятий и производств любого уровня, с другой. Совершенствование профессиональных навыков можно реализовать с помощью визуализации элементов основного и вспомогательного оборудования, с использованием захватывающих симуляторов, 3D-туров, виртуальных инструкций, которые могут быть элементами различных программ основного и дополнительного профессионального образования.

Ключевые слова: образование, технология, информация, виртуальная реальность, симулятор, виртуальные инструкции, 3D-тур, трёхмерное моделирование.

UDC: 004.946; 519.876.5. The number of scientific specialty: 05.14.04.

Virtual Reality technologies in the programs of additional professional education of power engineers

I. V. Putilova, PhD, Associate professor, Head of the Centre for Science and Education "Ecology of Power Engineering", [Moscow Power Engineering Institute](#); **P. P. Ershevich**, Director general, "Virtual Reality Plus", LLC, Moscow; **E. A. Malikova**, Research employee, Centre for Science and Education "Ecology of Power Engineering", Moscow Power Engineering Institute; **O. V. Puzikova**, Project manager, "Virtual Reality Plus", LLC, Moscow

The use of Virtual Reality (VR) technologies for teaching university students and trainees of additional educational programs is supported by many scientists worldwide. The trainees better understand and memorize the material diving into interactive three-dimensional space, due to the visualization of complex or invisible to the ordinary eye technological processes and equipment. An important fact while using VR tools is conducting safe personnel training in various conditions close to real ones, highly effective mastering the skills on the one hand, with no huge financial investments in creating a flexible, scalable training ground for personnel of enterprises and industries of any level, on the other. The improvement of professional skills can be realized by visualizing elements of basic and auxiliary equipment, using exciting simulators, 3D-tours, virtual instructions, which can be elements of various programs of basic and additional vocational education.

Key words: education, technology, information, virtual reality, simulator, virtual instructions, 3D-tour, three-dimensional modeling.

Сотрудники энергетических предприятий и производств должны иметь не только профильное энергетическое образование, но и обладать достаточными компетенциями в энергетике, что может быть обеспечено только через постоянно действующую систему подготовки, повышения квалификации и профессиональной переподготовки сотрудников энергокомпаний [3]. Именно с этой целью в 1997 году в НИУ «МЭИ» был создан НОЦ «Экология энергетики». Основные направления деятельности Центра:

- выполнение научно-технических работ и оказание научно-технических услуг по проблемам экологии энергетики и обращения с золошлаками ТЭС с применением наилучших доступных технологий;
- информационное обеспечение природоохранной деятельности энергокомпаний;
- обучение сотрудников энергопредприятий и энергокомпаний ТЭК по различным программам повышения квалификации и профессиональной переподготовки в области энергетики;
- международное сотрудничество.

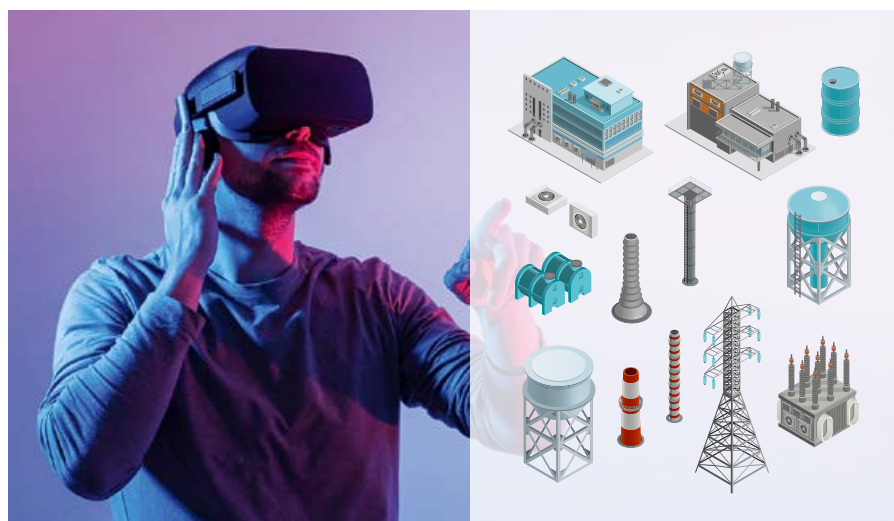
С 1998 года прошли обучение по различным программам дополнительного профессионального образования около 2000 специалистов основных энергетических специальностей.

В процессе обучения по программам повышения квалификации и профессиональной переподготовки в Центре постоянно используются элементы информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), что делает учебный процесс более полным и эффективным, а также существенно упрощает коммуникацию между преподавателями и слушателями. Разрабатываются новые и актуализируются имеющиеся программы дополнительного профессионального образования с учётом совершенствования законодательства, развития новой техники и современных технологий. Для слушателей программ повышения квалификации и профессиональной переподготовки НИУ «МЭИ», являющихся сотрудниками энергетических предприятий, целью обучения является приобретение новых знаний, а также совершенствование навыков и умений с получением максимального эффекта в сжатые сроки, поэтому подход к их обучению отличается от традиционных подходов, применяемых к студентам вузов.

Обращаясь к изречению Альберта Эйнштейна «Информация в чистом виде — это не знание. Настоящий источник знания — это опыт», можно предположить, что повышению качества знаний может способствовать увеличение опыта. То же происходит с формированием навыков

и умений. Получается, что для повышения качества образования необходимо увеличить количество опыта, получаемого специалистами во время обучения.

Но как обеспечить необходимое количество опыта для большого числа обучающихся? Наряду с прослушиванием и просмотром информации, проведением практических и лабораторных работ, подготовкой и защитой курсовых проектов, в НОЦ «Экология энергетики» успешно используются инструменты визуализации энергетического оборудования. При использовании подобных инструмен-



тов отсутствуют ограничения, связанные с покупкой дорогостоящих материалов или комплектующих, ограниченным временем доступа к современному дорогостоящему оборудованию, соблюдением правил и норм техники безопасности, невозможностью допуска обучаемых к работающему оборудованию.

Таким образом, в результате использования современной технологии виртуальной реальности в образовательном процессе отсутствует временной разрыв между подачей информации и её усвоением на практическом опыте.

По сути, воспринимаемая человеком реальность субъективна и определяется его мозгом, который руководствуется органами чувств и полученным ранее опытом. При построении виртуальной реальности осуществляется воздействие на органы чувств, что позволяет сформировать в мозге ощущение «вполне реальной реальности». Основными органами чувств являются зрение, слух, осязание, обоняние, вкус, и все эти органы несут различную нагрузку при восприятии информации. По разным оценкам, на органы зрения приходится около 90 % воспринимаемой информации, на органы слуха — 9 %, на остальные приходится 1 %. Поэтому

для формирования виртуальной реальности, в которой человек будет воспринимать информацию аналогично настоящей реальности, достаточно воздействовать на органы зрения и слуха. На сегодняшний день такая технология уже не только создана, но и успешно функционирует [4].

Известны эффективные примеры применения технологий виртуальной реальности в обучении за рубежом: в компаниях CM Labs [5], Ford [6], Hyundai Motor [7], нефтесервисной компании Schlumberger [6], компаниях Lincoln Electric [8], Lockheed Martin Corp. и т.д.

Подобные технологии имеют ряд преимуществ: наглядность материала, доступность объектов, технологий и процессов, ретранслируемость, безопасность, вовлечённость обучающихся, погружение в трёхмерное пространство и фокусировка обучающихся. Согласно исследованиям американской компании Gartner, специализирующейся на рынках информационных технологий, через год после обучения в виртуальной реальности учащиеся сохраняют 80 % знаний, тогда как после традиционных уроков — только 20 %.

В виртуальной реальности гораздо проще реализовать нелинейный сценарий, добавляя непредвиденные события и обучая правильной реакции на них, или сделать сценарий гибким, когда каждое следующее событие зависит от предшествующего действия (так называемые «эвристические задачи»).

Благодаря тому, что в VR человек воспринимает себя как часть происходящего, его действия, стресс и эмоции будут близки к таковым в реальных ситуациях. Данная технология максимально интерактивна. Учащийся не просто наблюдает, он участвует в процессе, более того, сопереживает происходящему, что доказали исследования, проведённые в Стэнфорде.

В Научно-образовательном центре «Экология энергетики» [НИУ «МЭИ»](#) технологии VR в обучении энергетиков применяются на практике. С 2020 по 2022 годы были разработаны и внедрены в обучение следующие три проекта.

1. Визуализация парового котла (фото 1) внедрена Научно-образовательным центром «Экология энергетики» [НИУ «МЭИ»](#) в процесс обучения слушателей — сотрудников энергетических компаний и производств, обучающихся по программам повышения квалификации и профессиональной переподготовки по направлениям «Теплоэнергетика и теплотехника» и «Электроэнергетика и электротехника» в 2020–2022 учебных годах.



❖ Фото 1. Визуализация парового котла. Вид из гарнитуры виртуальной реальности

За основу взят реально существующий паровой прямоточный котёл типа ТГМП-314. Компьютерная модель позволяет «погрузиться» в котёл, пройти по водопаровому и газозоветушному трактам котла, оценить его габариты, лучше представить работу элементов котла и котельной установки в целом. Подобный опыт может быть полезен как слушателям программ дополнительного профессионального образования, так и студентам энергетических специальностей, аспирантам и сотрудникам энергокомпаний, которые являются новичками на рабочем месте и ещё не имеют опыта практической деятельности или не работают с конкретным энергетическим оборудованием.

2. Визуализация элегазового комплектного распределительного устройства (КРУЭ) 110 кВ (фото 2) внедрена Научно-образовательным центром «Экология энергетики» [НИУ «МЭИ»](#) в процесс обучения слушателей энергетических предприятий и производств, обучающихся по программам повышения квалификации

и профессиональной переподготовки по направлениям «Электроэнергетика и электротехника» и «Теплоэнергетика и теплотехника» в 2021–2022 учебных годах. За основу взято реально существующее КРУЭ 110 кВ. В рамках проекта слушатели не только знакомятся с основными элементами, но и имеют возможность увидеть принципы работы элегазового выключателя, наблюдая его анимированную работу в разрезе.

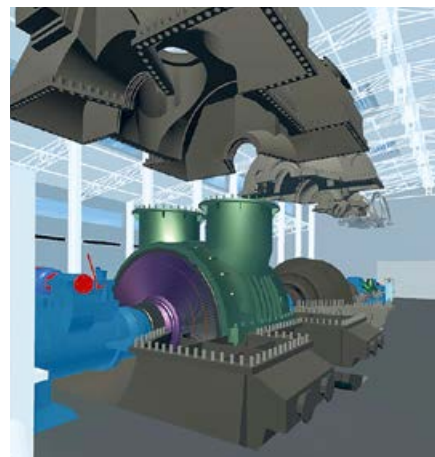
3. Визуализация элементов паровой турбины Т-250 (фото 3) с применением технологий виртуальной реальности внедрена Научно-образовательным центром «Экология энергетики» [НИУ «Московский энергетический институт»](#) в процесс об-

Разработанная трёхмерная модель турбины позволяет ознакомиться с принципом её работы, движением потоков пара в цилиндрах турбины, а также со всеми основными и вспомогательными элементами цилиндров высокого, низкого и среднего давления.

По результатам внедрения в процесс обучения НОЦ «Экология энергетики» всех трёх проектов проведены опросы слушателей, оценены результаты защиты курсовых проектов и проведённых контрольных мероприятий, что доказало существенно более высокую эффективность новой формы подачи материала в комбинации с традиционными формами и методиками обучения (фото 4).



❖ Фото 2. Визуализация элегазового комплектного распределительного устройства (КРУЭ). Вид из гарнитуры виртуальной реальности



❖ Фото 3. Визуализация турбины. Вид из гарнитуры виртуальной реальности

Перспективы применения обучения в виртуальной реальности для инженерного образования — огромны. По типам подачи материала в виртуальной реальности можно условно выделить:

1. Демонстрации процессов. Возможность наглядно показать любой процесс, погрузиться внутрь него и наблюдать формирование последствий данного процесса. Например, демонстрация процессов, происходящих в паровом котле при его запуске, или типичные аварийные процессы в паровой турбине. Визуальное представление происходящего усиливает запоминание, улучшает понимание, ведёт к более осознанным действиям.

2. Виртуальные экскурсии. Возможность пройти по помещениям и оборудованию, с которым предстоит работать. При этом нет необходимости останавливать работу оборудования, отсутствует опасность получения травм при прохождении, обучаемый абсолютно чётко запоминает расположение оборудования, шкафов средств защиты, путей эвакуации и т.п.



❖ Фото 4. Обучение в гарнитурах виртуальной реальности в НОЦ «Экология энергетики»

Любой обучаемый может повторить «проходы» любое количество раз без очного присутствия в аудитории или на объекте без участия инструктора.

3. Симуляторы оборудования. Возможность отработать навыки взаимодействия с оборудованием. Обучаемый может выполнять в виртуальной реальности действия в соответствии со сценарием (протоколом выполнения операций, технологической картой) и получать обратную связь от системы. Наглядность и запоминаемость — практически такие же, как при выполнении операций на реальном оборудовании. Вместе с тем нет необходимости создавать тренажёр из реального оборудования; в виртуальной реальности может быть создано достаточное количество конфигураций оборудования и площадок, при этом всё обучение будет проходить в одной небольшой комнате.

4. Симуляторы ситуаций. Возможность отработать реакции на критические, стрессовые ситуации. Например, спуск в шахту канализации может повлечь за собой удушье. Это совершенно не очевидно, и такие случаи продолжают происходить. Испытав симуляцию стрессовой ситуации, обучаемый получает незабываемый опыт, который будет беречь его в течение всей долгой трудовой жизни.

Применение симуляторов оборудования и ситуаций может быть использовано для аттестации специалистов или оценке навыков нового сотрудника при приёме на работу. Современный уровень развития систем виртуальной реальности позволяет отслеживать действия обучаемого в виртуальной реальности и давать оценку этим действиям в зависимости от предложенного сценария.

Всё это позволяет снизить субъективность преподавателя и исключить случаи, когда инструктаж на производстве ограничивается подписыванием журнала о его проведении.

В настоящее время разработка и внедрение в образовательный процесс современных технологий, в том числе технологий виртуальной реальности, является необходимостью и отвечает вызовам времени. В электроэнергетической отрасли это возможно только при востребованности со стороны ключевых энергетических компаний: ООО «Газпром энергохолдинг», ПАО «РусГидро», АО «Концерн Росэнергоатом», ОГК, ТГК, ПАО «Россети». В упомянутых компаниях работает большое количество оперативного и ремонтного персонала, который непосредственно взаимодействует с электротехническим и теплоэнергетическим оборудованием. Не все сотрудники энергетических предприятий и производств имеют энергетическое образование по профилю их текущей деятельности. Для таких категорий сотрудников, которые проходят программы профессиональной переподготовки, подобные инструменты с при-

Повышение эффективности процессов обучения за счёт внедрения инструментов в виртуальной реальности будет иметь не только важное воздействие, выражающееся в росте качества образования, но и прямой экономический эффект за счёт сокращения времени обучения и автоматизации значительной части процесса обучения

менением технологий виртуальной реальности являются особенно актуальными и важными для понимания процессов, работы оборудования и т.д. Сотрудники энергокомпаний, имеющие профильное энергетическое образование, должны регулярно проходить повышение квалификации, аттестацию и переаттестацию.

Повышение эффективности процессов обучения за счёт внедрения инструментов в виртуальной реальности будет иметь не только значительное воздействие, выражающееся в росте качества образования, но и прямой экономический эффект за счёт сокращения времени обучения, автоматизации значительной части процесса обучения, сокращения затрат на площадки и полигоны с оборудованием, а также затрат на доступ обучающихся на объекты с реальным оборудованием при отсутствии риска для здоровья и жизни сотрудников энергокомпаний, обучающихся по различным программам повышения квалификации и профессиональной переподготовки. Адаптация технологии на текущем уровне её развития под конкретные задачи каждой компании не вызывает технических сложностей.

Вместе с тем требуются инициативный подход со стороны руководства ключевых компаний ТЭК и готовность к использованию современных эффективных средств обучения прежде всего оперативного и ремонтного персонала. ●

1. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие образования»: Постановление Правительства РФ от 26.12.2017 №1642 (с изм. на 07.10.2021).
2. Национальная доктрина образования в России [Электр. текст]. «Инновации в образовании». Режим доступа: sinncom.ru. Дата обрац.: 02.09.2022.
3. Putilova I.V., Zhokhova M.P., Shurkov M.V., Gorbunova A.O. Application of the information and communication technologies in the “Ecology in Power Engineering” Centre for Science and Education. Proc. of the V International Conference on Information Technologies in Engineering Education (Inforino 2020). Moscow, Russia. April 14–17, 2020.
4. Putilova I.V., Ersheva P., Malikova E., Ivanova N., Matveeva T. The use of Virtual Reality tools in the system of continuing professional education. Proc. of the 6th International Conference on Information Technologies in Engineering Education (Inforino 2022). Moscow, Russia. April 12–15, 2022.
5. Решетникова М. VR-модели и дроны-наблюдатели: как технологии меняют стройку [Электр. текст]. «РБК тренды» от 04.10.2021. Режим доступа: trends.rbc.ru. Дата обрац.: 14.09.2022.
6. Моисеев А. «Даже консерваторам придется меняться». Как и когда VR заменит традиционное обучение персонала [Электр. текст]. RB.ru от 14.01.2019. Режим доступа: rb.ru. Дата обрац.: 14.09.2022.
7. Hyundai представляет систему виртуальной реальности для оценки конструкторских решений [Электр. текст]. «Ведомости» от 18.12.2019. Режим доступа: vedomosti.ru. Дата обрац.: 14.09.2022.
8. Симулятор для обучения дуговой сварке в виртуальной реальности VRTEX [Электр. текст]. The Lincoln Electric Co. Режим доступа: lincolnelectric.com/ru-ru. Дата обрац.: 14.09.2022.

References — see page 64.

of power engineers. Pp. 34–38.

Irina V. Putilova, PhD, Associate professor, Head of the Centre for Science and Education "Ecology of Power Engineering", [Moscow Power Engineering Institute](#); **Peter P. Ershevich**, Director general, "Virtual Reality Plus", LLC, Moscow; **Elena A. Malikova**, Research employee, Centre for Science and Education "Ecology of Power Engineering", Moscow Power Engineering Institute; **Oksana V. Puzikova**, Project manager, "Virtual Reality Plus", LLC, Moscow

1. *Ob utverzhenii gosudarstvennoj programmy Rossijskoj Federacii "Razvitie obrazovanija"* [On the approval of the "Development of education" State Program of the Russian Federation]. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 26.12.2017 №1642 (s izm. na 07.10.2021)* [Decree of the Government of the Russian Federation of December 26, 2017 No. 1642 (with Amendment on October 7, 2021)]. [In Russian]
2. *Nacional'naja doktrina obrazovanija v Rossijskoj Federacii* [The national doctrine of education in the Russian Federation]. *"Innovacii v obrazovanii"* [Innovations in education]. Web-source: sinncom.ru. Access date: September 2, 2022. [In Russian]
3. Putilova I.V., Zhokhova M.P., Shurkov M.V., Gorbunova A.O. Application of the information and communication technologies in the "Ecology in Power Engineering" Centre for Science and Education. Proc. of the V International Conference on Information Technologies in Engineering Education (Inforino 2020). Moscow, Russia. April 14–17, 2020.
4. Putilova I.V., Ershevich P., Malikova E., Ivanova N., Matveeva T. The use of Virtual Reality tools in the system of continuing professional education. Proc. of the 6th International Conference on Information Technologies in Engineering Education (Inforino 2022). Moscow, Russia. April 12–15, 2022.
5. Reshetnikova M. *VR-modeli i drony-nabljudateli: kak tehnologii menjajut strojku* [VR models and observer drones: how technologies are changing the construction site]. *"RBK Trends"* on October 4, 2021. Web-source: trends.rbc.ru. Access date: September 14, 2022. [In Russian]
6. A. Mokeev. *"Dazhe konservatoram pridetsja menjat'sja". Kak i kogda VR zamenit tradicionnoe obuchenie personala* ["Even conservatives will have to change". How and when VR will replace traditional staff training]. *RB.ru* on January 14, 2019. Web-source: rb.ru. Access date: September 14, 2022. [In Russian]
7. *Hyundai predstavljaet sistemu virtual'noj real'nosti dlja ocenki konstruktorskih reshenij* [Hyundai introduces a virtual reality system for evaluating design decisions]. *"Vedomosti"* on December 18, 2019. Web-source: vedomosti.ru. Access date: September 14, 2022. [In Russian]
8. *Simuljator dlja obuchenija dugovoj svarke v virtual'noj real'nosti VRTEX* [VRTEX Virtual Reality arc welding simulator]. *The Lincoln Electric Co.* Web-source: lincolnelectric.com/ru-ru. Access date: September 14, 2022. [In Russian]