

Методология и технология профессионального образования

УДК 004.02

DOI: 10.17277/voprosy.2023.02.pp.152-163

ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ЗАИНТЕРЕСОВАННОСТИ СТУДЕНТОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ПРОФИЛЬНЫХ ДИСЦИПЛИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ VR-ТЕХНОЛОГИИ

**В. А. Немтинов, Н. Ц. Гатапова, А. Б. Борисенко,
В. В. Морозов, А. Н. Пахомов, Ю. В. Пахомова**

*ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный
технический университет», Тамбов, Россия*

Ключевые слова: нефтегазовое дело; образовательный процесс; профильные дисциплины; уровень заинтересованности; электронное обучение; VR-технология.

Аннотация: Рассмотрена VR-технология при создании виртуального образовательного пространства, используемого при изучении профильных дисциплин на примере подготовки бакалавров по направлению «Нефтегазовое дело». Создание иммерсивной образовательной среды осуществлено с использованием программных средств 3DVista Virtual Tour Pro и Bigscreen. Для управления образовательным процессом применена система LMS Moodle, в которую интегрировано созданное виртуальное пространство. Разработанная образовательная виртуальная среда используется для образовательных задач: обучения студентов, прохождения квестов.

Введение

В настоящее время современные информационные технологии активно внедряются в учебный процесс всех уровней образования. В частности, реализуется множество образовательных проектов с использованием виртуальной (*англ.* – Virtual Reality (**VR**)) и дополненной реальности (*англ.* – Augmented Reality (**AR**)). Данный подход имеет ряд преимуществ по срав-

Немтинов Владимир Алексеевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении», e-mail: nemtinov@mail.tstu.ru; Гатапова Наталья Цибиковна – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность»; Борисенко Андрей Борисович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении»; Морозов Вячеслав Владимирович – инженер центра прототипирования и промышленного дизайна; Пахомов Андрей Николаевич – доктор технических наук, доцент кафедры «Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность»; Пахомова Юлия Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность», ТамбГТУ, Тамбов, Россия.

нению с традиционной демонстрацией учебных материалов на экранах компьютеров. При этом виртуальная реальность проектируется (*developed*) и затем реализуется (*implemented*) с применением специализированных программных и аппаратных средств [1, 2].

В данной работе в качестве средства VR-разработки используются такие программные продукты, как 3DVista Virtual Tour [3] Pro и Bigscreen.

3DVista Virtual Tour Pro – пакет программного обеспечения, позволяющий создавать интерактивные виртуальные туры в формате 360°, в том числе образовательные виртуальные туры для электронного обучения и тестирования. Виртуальные туры включают, помимо нескольких сферических или цилиндрических панорам, карточки вопросов и викторины (*question and quiz cards*), встроенную систему подсчета баллов (*scoring*), а также возможность интеграции с системами управления обучением (*англ.* – Learning Management Systems (**LMS**)).

3DVista Virtual Tour Pro позволяет объединить множество различных типов мультимедийных данных для создания виртуального окружения (*virtual environment*) с эффектом погружения (иммерсивностью), которое выглядит, звучит и ощущается максимально приближенным к реальности. Поддерживаются такие типы данных, как традиционные изображения и видео, звуковые файлы, видео и фото в формате 360°, планы этажей (*floor plans*) и интерактивные горячие точки (*hotspots*), позволяющие учащимся взаимодействовать с виртуальной средой и участвовать в интерактивном обучении.

В основе виртуального тура лежат изображения и видео в формате 360°. Существует несколько способов создания контента в формате 360°. В частности, возможно сшивание (*stitching*) набора сделанных по определенным правилам обычных фотографий в цилиндрическую или сферическую панораму. Для этого в состав пакета 3DVista Virtual Tour Pro включена программная утилита 3DVista Stitcher 4. Однако наиболее удобным, быстрым и качественным способом создания контента в формате 360° является применение специализированных панорамных камер, например, камер бренда Insta360 (Insta360 One, Insta360 Pro и др.) производства фирмы Shenzhen Arashi Vision Company Ltd. (КНР).

Неотъемлемой и важной составляющей виртуального тура являются интерактивные горячие точки перехода (хотспоты) – специальные области внутри виртуального пространства, которые реагируют на активные действия пользователя. Точки перехода геймифицируют (внедряют элементы игры в неигровой контекст) виртуальную среду, разрешая пользователям взаимодействовать с определенными объектами внутри виртуальной сцены, в том числе находить информацию и исследовать отдельные детали окружения. Также точки перехода могут использоваться для загрузки других панорам, перехода по ссылкам, изменения способа отображения отдельных элементов сцены, запуска воспроизведения звука и видео и т.п.

В 2020 году разработчики данной программной среды значительно улучшили ее возможности, предназначенные для электронного обучения, к которым можно отнести создание квестов, позволяющих закрепить полученные знания, а также автоматическую интеграцию с LMS Moodle [4].

Важной особенностью, обеспечивающей образовательные функции, является так называемые экскурсии с гидом (Live Guided Tours) – непосредственно встроенный в виртуальный тур инструмент коммуникации

в режиме реального времени. Обучающийся может следить за тем, куда его ведет преподаватель (гид), самостоятельно осматриваться или спрашивать разрешение самому на некоторое время стать гидом – отличная возможность для того, чтобы задать вопросы об элементах и деталях той или иной виртуальной сцены. При этом никакой специальной регистрации от пользователя не требуется: преподаватель создает экскурсию, после чего у каждого обучающегося в окне загруженного в браузере виртуального образовательного тура появляется приглашение к ней присоединиться. Преподаватель при этом может либо позволить тому или иному обучающемуся присоединиться к экскурсии, либо нет. Общение между участниками экскурсии ведется традиционным способом с помощью микрофона и web-камеры. Использование перечисленных выше функций является основой для разработки интерактивных образовательных туров.

Преимуществом туров, разработанных с применением 3DVista Virtual Tour Pro, является возможность их демонстрации с использованием как традиционных экранов компьютеров, планшетов и смартфонов, так и широкой гаммы поддерживаемых специализированных очков (шлемов) виртуальной реальности, в том числе Google Cardboard, Oculus (Meta) Quest, Pico, HTC VIVE и др. При этом никаких дополнительных программ устанавливать не требуется – используется уже установленный на устройствах web-браузер.

Bigscreen – социальная платформа виртуальной реальности. С ее использованием можно организовывать встречи пользователей сети в виртуальных комнатах-кинотеатрах (лимит одной комнаты – 15 человек, как на мобильной, так и настольной системе). Внутри виртуальной комнаты пользователи представлены в виде анимированных настраиваемых аватаров, которые могут взаимодействовать между собой. Используя специализированные очки виртуальной реальности, пользователи могут совместно просматривать на большом виртуальном экране (отсюда и название программы – Bigscreen) и обсуждать с помощью голосового чата презентации, лекции, фильмы, ролики на YouTube в процессе совместной работы, учебы или досуга. При этом следует особенно отметить, что система позволяет транслировать содержимое обычного рабочего стола Windows на экран виртуального кинозала. Интересной новостью от разработчиков Bigscreen является анонс гарнитуры Bigscreen Beyond, которая позиционируется как «самая легкая VR-гарнитура в мире» (вес 115 граммов). Устройство ориентировано на повышение комфорта использования и создание эффекта глубокого погружения.

Таким образом, в данной работе рассмотрены вопросы создания виртуальной образовательной среды с использованием представленных выше возможностей на примере лабораторий, используемых при изучении профильных дисциплин по направлению «Нефтегазовое дело».

Создание цифрового прототипа лабораторий для подготовки бакалавров по направлению «Нефтегазовое дело»

Для расширения возможностей организации образовательного процесса с помощью VR-технологии разработано виртуальное пространство лабораторий кафедры «Технологические процессы, аппараты и технологическая безопасность» ФГБОУ ВО «ТГТУ» [5 – 12].

Созданный виртуальный прототип лабораторий используется при подготовке бакалавров по направлению 21.03.01 – «Нефтегазовое дело» [13 – 15]. Среди профильных дисциплин можно выделить: Б1.В.01.17 – «Процессы и аппараты защиты окружающей среды»; Б1.В.01.07 – «Технологии и оборудование основных производств нефтехимической промышленности»; Б1.В.01.09 – «Проектирование объектов нефтегазовой отрасли»; Б1.О.10.04 – «Гидравлика и нефтегазовая гидромеханика» и др. [16, 17]

В настоящее время для большинства лабораторий созданы их виртуальные прототипы, которые размещены по адресу: https://heritage.tstu.ru/memorial/directaccess/korpus_1/index.htm.

При проведении образовательного процесса активно используется оборудование лабораторий: № 2 – «Лаборатория гидромеханических и тепловых процессов»; № 4 – «Лаборатория мембранных процессов и жидкостной экстракции»; № 6 – «Лаборатория диффузионных жидкофазных процессов» и др.

Для управления учебным процессом целесообразно использование системы LMS Moodle. В этом случае необходимо реализовать интеграцию созданного виртуального пространства с этой системой. Технология данного процесса осуществляется следующим образом: в LMS Moodle используется стандарт SCORM, который обеспечивает создание нового электронного курса или одной из его составных частей и сохраняет его в формате SCORM в отдельных программах. Для интегрирования виртуального тура в систему управления обучением LMS Moodle в режиме редактирования электронного курса необходимо добавить его в курс [18 – 20].

На рисунке 1 представлен ряд курсов, разработанных кафедрой «Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность» для системы дистанционного обучения Moodle.

В качестве примера визуализации образовательных ресурсов на рис. 2 представлена визуализация общего вида лаборатории № 6. Основным аппаратом ректификационной установки является ректификационная колонна диаметром 77 мм и высотой 950 мм. Колонна выполнена из отдельных царг высотой 190 мм, между которыми установлены колпачковые тарелки. Общее число тарелок в колонне равно шести. На каждой тарелке располагается по два колпачка. На рисунке 3 представлен вид лаборатории с абсорбционной установкой в режиме с «живым гидом». Абсорбер представляет собой колонный аппарат диаметром 120 мм, в котором помещена нерегулярная насадка высотой 895 мм. Для проведения групповых занятий внутри виртуального пространства, созданного в среде 3DVista Virtual Tour Pro, применяется инструмент Live Guide Tours [21, 22].

Другим вариантом организации коллективного обучения является использование многопользовательского социального приложения для виртуальной реальности Bigscreen, которое обеспечивает участникам сети возможность встречаться и взаимодействовать через аватары внутри комнат в виртуальной реальности, позволяет пользователям делиться рабочим столом внутри виртуальной реальности, что является ключевой особенностью данной системы.

Bigscreen транслирует в виртуальную реальность контент из обычных программ для Windows, запущенных на «большом» компьютере: буквально все, что появляется на экране компьютера, становится доступным всем

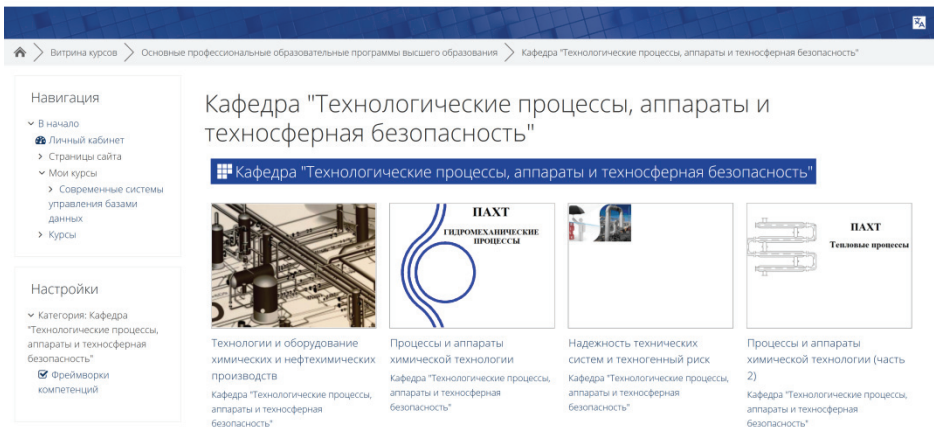


Рис. 1. Перечень курсов, разработанных кафедрой «Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность» для системы дистанционного обучения Moodle



Рис. 2. Визуализация общего вида лаборатории с ректификационной установкой на переднем плане

участникам VR-встречи. Это позволяет, например, студентам вести совместную работу над выполнением учебного задания на огромном виртуальном экране внутри системы в режиме реального времени, как будто бы они сидели в реальном мире у своего компьютера рядом с коллегами. При этом физически они могут находиться в совершенно разных городах и странах, что особенно актуально тогда, когда отдельные иностранные студенты вынуждены в силу разных причин отсутствовать в стране обучения.

На рисунке 4 приведена визуализация фрагмента оборудования лаборатории с ректификационной установкой, представленной в среде VR-приложения Bigscreen.

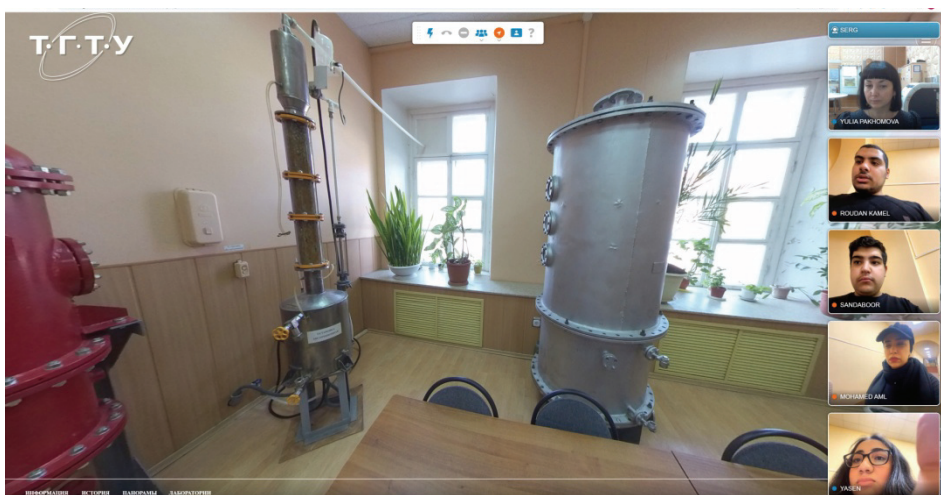


Рис. 3. Визуализация вида лаборатории с абсорбционной установкой (в режиме с «живым гидом»)



Рис. 4. Визуализация фрагмента оборудования лаборатории с ректификационной установкой, представленной в среде VR-приложения Bigscreen

В программу курса подготовки бакалавров входит и дисциплина Б1.В.01.20 – «Этапы развития нефтегазовой отрасли». Проведены исследования по сбору информации, разработке виртуальных моделей на основе чертежей складов хранения горючих жидкостных материалов, которые «Товарищество братьев Нобель» в 80 – 90-х годах XIX века разместило в 145 местах по линиям железнодорожного транспорта Российской империи. В Тамбовской губернии строительство десяти складов «Бр. Нобель» было осуществлено в начале XX века. При этом девять принадлежали самому «Товариществу братьев Нобель» в городах: Липецке, Кирсанове, Тамбове, Усмани и Моршанске, на железнодорожных станциях: Платоновка, Торбеево, Грязи, Пушкари, а один склад в городе Козлове товарищество арендовало.

Для иллюстрации деятельности «Товарищества братьев Нобель» в Тамбовской губернии разработаны виртуальные модели четырех складов нефтепродуктов. Виртуальная модель склада нефтепродуктов «Товарищества братьев Нобель» на станции Платоновка, разработанная в среде систем Twinmotion, и 3DVista Virtual Tour Pro, доступна по адресу: <https://heritage.tstu.ru/memorial/directaccess/nobel1/index.htm>.

На рисунке 5 приведена визуализация фрагмента модели оборудования склада нефтепродуктов «Товарищества братьев Нобель» на станции Платоновка во время прохождения квеста.

Для контроля знаний, полученных в ходе изучения профильных дисциплин, разработана база вопросов, ответы на которые могут быть получены в ходе прохождения квестов [23 – 26]. Результаты, полученные каждым студентом, могут быть переданы в систему LMS Moodle. При этом преподавателями отмечается повышение уровня заинтересованности к изучению дисциплин с использованием VR-технологии как у российских, так и студентов стран дальнего зарубежья, получающих образование по направлению «Нефтегазовое дело».

Чтобы подтверждать высокий уровень заинтересованности студентов при изучении профильных дисциплин с использованием VR-технологии, проведен опрос групп студентов. Приведем перечень параметров при оценке заинтересованности студентов при изучении профильных дисциплин:

- использование VR-технологии предоставляет возможности для более глубокого изучения учебных курсов;
- виртуальное пространство удерживает внимание студента и мотивирует его к изучению процесса или явления до конца;
- погружение (иммерсия) в виртуальное пространство с помощью VR-очков или VR-шлема (оборудование Oculus, Vive, Gear VR и т.д.) разнообразит методику освоения дисциплины;
- интересное содержание образовательного контента мотивирует студента полностью исследовать объект или процесс в виртуальном пространстве;

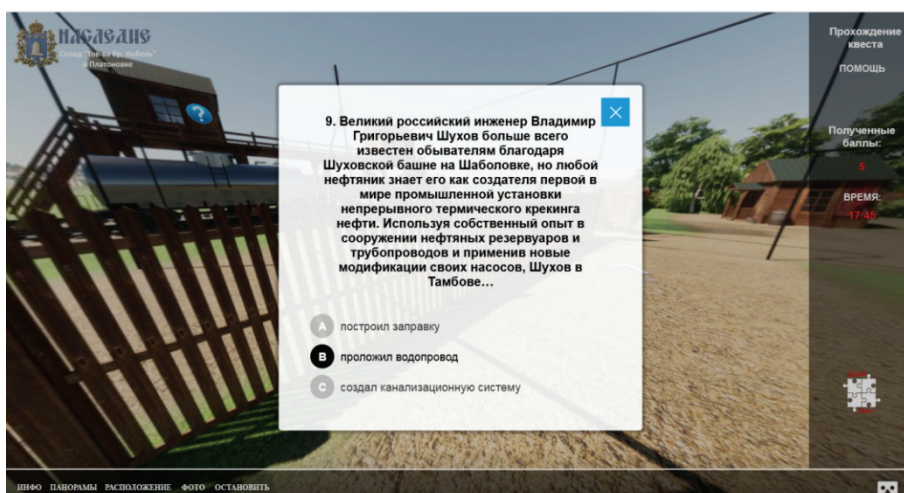


Рис. 5. Визуализация фрагмента модели оборудования склада нефтепродуктов «Товарищества братьев Нобель» во время прохождения квеста

– реализация элементов электронного обучения в форме игровых квестов по тематическому виртуальному пространству снимает стрессовую нагрузку при проверке знаний;

– подключение к туру преподавателя и других участников при проведении онлайн-занятий по тематическому виртуальному пространству повышает интерес к предметной области изучаемой дисциплины;

– групповая работа в виртуальном пространстве повышает возможности коммуникации и взаимного консультирования.

При оценке параметров виртуального пространства, заданных в форме лингвистической переменной, возможные варианты их значений были заданы терминами: «раздражение», «незаинтересованность», «безразличие», «любопытство», «потребность», «высокая заинтересованность», что соответствует численным значениям от нуля до пяти. Переход от качественных значений величин параметров к определенным количественным реализован методом дефазификации – методом центра максимума.

В результате оценок, выполненных группой студентов, обучающихся на кафедре «Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность», и последующей их дефазификации усредненное значение параметров оказалось равным 4,7, что говорит о высокой заинтересованности студентов при изучении профильных дисциплин использования инструментов VR-технологии.

Наряду с этим проведено тестирование двух групп студентов по 10 человек в каждой группе по дисциплине «Процессы и аппараты защиты окружающей среды» с погружением в тематическое виртуальное пространство (1-я группа) и без него (2-я группа). Результаты тестирования показали для первой группы на 29 % больше долю правильных ответов на вопросы предложенных тестов, что явилось еще одним подтверждением целесообразности использования иммерсивной образовательной среды для повышения эффективности обучения.

Заключение

В результате проведенных исследований предложена технология создания цифрового прототипа научно-исследовательских лабораторий, используемых при изучении профильных дисциплин при подготовке специалистов высшей квалификации по направлению «Нефтегазовое дело». Оценка эффективности использования VR-технологии в образовательном процессе говорит о высокой заинтересованности студентов.

Список литературы

1. Kersten, T. Virtual Reality for Cultural Heritage Monuments – from 3D Data Recording to Immersive Visualisation / T. Kersten, F. Tschirschwitz, S. Deggim, M. Lindstaedt // Lecture Notes in Computer Science. – 2018. – P. 74 – 83. doi: 10.1007/978-3-030-01765-1_9

2. Introduction to Twinmotion. – 2021. – URL: <https://www.unrealengine.com/en-US/onlinelearning-courses/introduction-to-twinmotion> (дата обращения : 16.05.2023).

3. Popovski, F. Interactive Scientific Visualization in 3D Virtual Reality Model / F. Popovski, I. Nedelkovski, S. Mijakovska, G. P. Nalevska // TEM J. – 2016. – Vol. 5, No. 4. – P. 435 – 440. doi: 10.18421/TEM54-04

4. Hidayah, N. A. Combining Webqual and Importance Performance Analysis for Assessing a Government Website / N. A. Hidayah, A. Subiyakto, F. Setyaningsih // 7th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM). – 2019. P. 1–6. doi: 10.1109/CITSM47753.2019.8965408

5. Мокрозуб, В. Г. Постановка задачи разработки математического и информационного обеспечения процесса проектирования многоассортиментных химических производств / В. Г. Мокрозуб, Е. Н. Малыгин, С. В. Карпушкин // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2017. – Т. 23, № 2. – С. 252 – 264. doi: 10.17277/vestnik.2017.02.pp.252-264

6. Пахомов, А. Н. Возможности самоорганизации дисперсных систем при сушке на подложке / А. Н. Пахомов, Ю. В. Пахомова, Е. А. Ильин // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2012. – Т. 18, № 3. – С. 633 – 637.

7. Коновалов, В. И. Геометрия, циркуляция и тепломассоперенос при испарении капли на подложке / В. И. Коновалов, А. Н. Пахомов, Ю. В. Пахомова // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2011. – Т. 17, № 2. – С. 371 – 387.

8. Пахомова, Ю. В. Особенности механизма и кинетики сушки капель дисперсий (на примере сушки послеспиртовой барды) / Ю. В. Пахомова, В. И. Коновалов, А. Н. Пахомов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2011. – Т. 17, № 1. – С. 70 – 82.

9. Гатапова, Н. Ц. О температурных площадках при высокотемпературной кондуктивно-барабанной сушке влажных материалов / Н. Ц. Гатапова, В. И. Коновалов, А. Н. Колиух, А. Н. Пахомов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2004. – Т. 10, № 4-1. – С. 968 – 977.

10. Пахомов, А. Н. Расчет кинетики сушки капли жидкости на подложке / А. Н. Пахомов, Б. Ш. Д. Аль Саиди, Е. А. Ильин // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2013. – Т. 19, № 2. – С. 339 – 345.

11. Пахомов, А. Н. Алгоритм расчета кинетики испарения капли с диффузионно-непроницаемой подложки / А. Н. Пахомов, Е. А. Ильин // *Вопр. соврем. науки и практики*. Ун-т им. В. И. Вернадского. – 2013. – № 2(45). – С. 292 – 296.

12. Virtual Tours in E-Learning, Training & Quizzing. – 2022. – URL : <https://blog.3dvista.com/2020/04/27/virtual-tours-in-e-learning-training-quizzing/> (дата обращения : 16.05.2023).

13. Пахомов, А. Н. Типы кинетических кривых, получаемых при сушке капель жидких дисперсных продуктов/ А. Н. Пахомов, Ю. В. Пахомова // *Химическая технология*. – 2014. – № 10. – С. 620 – 623.

14. Гатапова, Н. Ц. Исследование диффузионной проницаемости мембраны МК-40 при работе в термодинамических условиях / Н. Ц. Гатапова, М. К. Джубари, Н. В. Алексеева // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2020. – Т. 26, № 4. – С. 619 – 628. doi: 10.17277/vestnik.2020.04.pp.619-628

15. Пахомов, А. Н. К расчету кинетики нагрева и сушки многослойных дисперсных продуктов на подложках / А. Н. Пахомов, Н. Ц. Гатапова, Ю. В. Пахомова // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2015. – Т. 21, № 2. – С. 279 – 288.

16. Критерии эффективности физического воздействия на нефть со сложными реологическими характеристиками / М. А. Промтов, Р. З. Сунагатуллин, С. Е. Кутуков [и др.] // *Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов*. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 128 – 137. doi: 10.28999/2541-9595-2022-12-2-128-137

17. Улучшение реологических свойств нефти гидроимпульсной кавитационной обработкой / С. Е. Кутуков, М. А. Промтов, А. Н. Колиух [и др.] // *Нефтяное хозяйство*. – 2022. – № 3. – С. 94 – 98. doi: 10.24887/0028-2448-2022-3-94-98

18. Nemtinov, V. Support of Design Decision-Making Process Using Virtual Modeling Technology / V. Nemtinov, S. Egorov, A. Borisenko, V. Morozov,

Yu. Nemtinova // Lecture Notes in Networks and Systems Book Series (LNNS). – 2022. – Vol. 432. – P. 70 – 77. doi: 10.1007/978-3-030-97730-6_7

19. Gubari, M. Q. Application of Reverse Osmosis to Improve Removal of Residual Salt Content in Electrodialysis Process / M. Q. Gubari, N. V. Alekseeva, G. I. Baziyani // AIP Conference Proceedings. – Ekaterinburg, 2022. – P. 050040. doi: 10.1063/5.0088662

20. Nemtinov, V. A. Implementation of Technology for Creating Virtual Spatial-Temporal Models of Urban Development History / V. A. Nemtinov, A. B. Borisenko, Yu. V. Nemtinova, A. A. Gorelov, S. V. Tryufilkin // Scientific Visualization. – 2018. – Vol. 10, No. 3. – P. 99 – 107. doi: 10.26583/sv.10.3.07

21. 3DVista. 3DVista – Virtual Tours, 360° video and VR software. – 2022. – URL: <https://www.3dvista.com/> (дата обращения : 16.05.2023).

22. 3DVista. Virtual Tours in E-Learning, Training & Quizzing. – 2020. – URL: <https://www.3dvista.com/en/blog/virtual-tours-in-e-learning-training-quizzing-v2/> (дата обращения : 16.05.2023).

23. Zakirova, F. M. Quest for pedagogical technology and its use in education systems / F. M. Zakirova, D. U. Qarshieva // International Journal on Integrated Education. – 2020. – Vol. 3, No. 5. – P. 12 – 16. doi: 10.31149/ijie.v3i5.369

24. Pozdneev, B. Digital Transformation of Learning Processes and the Development of Competencies in the Virtual Machine-Building Enterprise Environment / B. Pozdneev, A. V. Tolok, P. Ovchinnikov, I. Kupriyanenko // Journal of Physics Conference Series. – 2019. – Vol. 1278, No. 1. – P. 012008. doi: 10.1088/1742-6596/1278/1/012008

25. Nemtinov, V. Analysis of Decision-Making Options in Complex Technical System Design / V. Nemtinov, A. Zazulya, V. Kapustin, Yu. Nemtinova // J. Phys. Conf. Ser. – 2019. – Vol. 1278, No. 1. – P. 012018. doi: 10.1088/1742-6596/1278/1/012018

26. Unal, A. Interacting Science through Web Quests / A. Unal, M. A. Karakuş // Univers. J. Educ. Res. – 2016. – Vol. 4, No. 7. – P. 1595 – 1600.

References

1. Kersten T., Tschirschwitz F., Deggim S., Lindstaedt M. Virtual Reality for Cultural Heritage Monuments – from 3D Data Recording to Immersive Visualisation, *Lecture Notes in Computer Science*, 2018, pp. 74-83. doi: 10.1007/978-3-030-01765-1_9

2. Introduction to Twinmotion. 2021. available at: <https://www.unrealengine.com/en-US/onlinelearning-courses/introduction-to-twinmotion> (accessed 16 May 2023).

3. Popovski F., Nedelkovski I., Mijakovska S., Nalevska G. P. Interactive Scientific Visualization in 3D Virtual Reality Model, *TEM J.*, 2016, vol. 5, no. 4, pp. 435-440. doi:10.18421/TEM54-04

4. Hidayah N.A., Subiyakto A., Setyaningsih F. Combining Webqual and Importance Performance Analysis for Assessing a Government Website, *7th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM)*, 2019, pp. 1-6. doi: 10.1109/CITSM47753.2019.8965408

5. Mokrozub V.G., Malygin E.N., Karpushkin S.V. [Statement of the problem of developing mathematical and information support for the design process of multi-assortment chemical production], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2017, vol. 23, no. 2, pp. 252-264. doi: 10.17277/vestnik. 2017.02.pp.252-264 (In Russ., abstract in Eng.)

6. Pahomov A.N., Pahomova Yu.V., Il'in E.A. [Possibilities of self-organization of dispersed systems during drying on a substrate], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2012, vol. 18, no. 3, pp. 633-637. (In Russ., abstract in Eng.)

7. Konovalov V.I., Pahomov A.N., Pahomova Yu.V. [Geometry, circulation, and heat and mass transfer during droplet evaporation on a substrate], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2011, vol. 17, no. 2, pp. 371-387. (In Russ., abstract in Eng.)
8. Pahomova Yu.V., Konovalov V.I., Pahomov A.N. [Peculiarities of the mechanism and kinetics of drying droplets of dispersions (on the example of post-alcohol stillage drying)], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2011, vol. 17, no. 1, pp. 70-82. (In Russ., abstract in Eng.)
9. Gatapova N.Ts., Konovalov V.I., Koliuh A.N., Pahomov A.N. [About temperature areas at high-temperature conductive-drum drying of wet materials], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2004, vol. 10, no. 4-1, pp. 968-977. (In Russ., abstract in Eng.)
10. Pahomov A.N., Al' Saidi B.Sh.D., Il'in E.A. [Calculation of the drying kinetics of a liquid drop on a substrate], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2013, vol. 19, no. 2, pp. 339-345. (In Russ., abstract in Eng.)
11. Pahomov A.N., Il'in E.A. [Algorithm for Calculating the Kinetics of Droplet Evaporation from a Diffusion-Impenetrable Substrate], *Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo* [Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University], 2013, no. 2(45), pp. 292-296. (In Russ., abstract in Eng.)
12. Virtual Tours in E-Learning, Training & Quizzing. 2022. available at: <https://blog.3dvista.com/2020/04/27/virtual-tours-in-e-learning-training-quizzing/> (accessed 16 May 2023).
13. Pahomov A.N., Pahomova Yu.V. [Types of kinetic curves obtained by drying drops of liquid dispersed products], *Himicheskaya tekhnologiya* [Chemical technology], 2014, no. 10, pp. 620-623. (In Russ., abstract in Eng.)
14. Gatapova N.Ts., Dzhubari M.K., Alekseeva N.V. [Study of the diffusion permeability of the MK-40 membrane during operation under thermodynamic conditions], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2020, vol. 26, no. 4, pp. 619-628. doi: 10.17277/vestnik.2020.04.pp.619-628 (In Russ., abstract in Eng.)
15. Pahomov A.N., Gatapova N.Ts., Pahomova Yu.V. [On the calculation of the kinetics of heating and drying of multilayer dispersed products on substrates], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2015, vol. 21, no. 2, pp. 279-288. (In Russ., abstract in Eng.)
16. Promptov M.A., Sunagatullin R.Z., Kutukov S.E. [et al.], [Criteria for the effectiveness of physical impact on oil with complex rheological characteristics], *Nauka i tekhnologii truboprovodnogo transporta nefii i nefteproduktov* [Science and technology of oil pipeline transport and oil products], 2022, vol. 12, no. 2, pp. 128-137. doi: 10.28999/2541-9595-2022-12-2-128-137 (In Russ., abstract in Eng.)
17. Kutukov S.E., Promptov M.A., Koliuh A.N. [et al.], [Improvement of the rheological properties of oil by hydropulse cavitation treatment], *Neftyanoe hozyajstvo* [Oil industry], 2022, no. 3, pp. 94-98. doi: 10.24887/0028-2448-2022-3-94-98 (In Russ., abstract in Eng.)
18. Nemtinov V., Egorov S., Borisenko A., Morozov V., Nemtinova Yu. Support of design decision-making process using virtual modeling technology, *Lecture Notes in Networks and Systems book series* (LNNS), 2022, vol. 432, pp. 70-77. doi: 10.1007/978-3-030-97730-6_7
19. Gubari M.Q., Alekseeva N.V., Baziyani G.I. Application of reverse osmosis to improve removal of residual salt content in electrodialysis process, *AIP Conference Proceedings*, Ekaterinburg, 2022, pp. 050040. doi: 10.1063/5.0088662
20. Nemtinov V.A., Borisenko A.B., Nemtinova Yu.V., Gorelov A.A., Tryufilkin S.V. Implementation of technology for creating virtual spatial-temporal models of urban development history, *Scientific Visualization*, 2018, vol. 10, no. 3, pp. 99-107. doi: 10.26583/sv.10.3.07

21. 3DVista. 3DVista – Virtual Tours, 360° video and VR software. 2022. available at: <https://www.3dvista.com/> (accessed 16 May 2023).
22. 3DVista. Virtual Tours in E-Learning, Training & Quizzing. 2020. available at: <https://www.3dvista.com/en/blog/virtual-tours-in-e-learning-training-quizzing-v2/> (accessed 16 May 2023).
23. Zakirova F.M., Qarshieva D.U. Quest for pedagogical technology and its use in education systems, *International Journal on Integrated Education*, 2020, vol. 3, no. 5, pp. 12-16. doi: 10.31149/ijie.v3i5.369
24. Pozdneev B., Zazulya A., Kapustin V., Nemtinova Yu. Digital transformation of learning processes and the development of competencies in the virtual machine-building enterprise environment, *J. Phys. Conf. Ser.*, 2019, vol. 1278, no. 1, pp. 012008. doi: 10.1088/1742-6596/1278/1/012008
25. Nemtinov V., Zazulya A., Kapustin V., Nemtinova Yu. Analysis of decision-making options in complex technical system design, *J. Phys. Conf. Ser.*, 2019, vol. 1278, no. 1, pp. 012018. doi: 10.1088/1742-6596/1278/1/012018
26. Unal A., Karakuş M.A. Interacting science through Web Quests, *Univers. J. Educ. Res.*, 2016, vol. 4, no. 7, pp. 1595-1600.
-

Increasing the Level of Students' Motivation for Specialized Disciplines Using VR-Technology

**V. A. Nemtinov, N. Ts. Gatapova, A. B. Borisenko,
V. V. Morozov, A. N. Pakhomov, Yu. V. Pakhomova**

Tambov State Technical University, Tambov, Russia

Keywords: educational process; VR-technology; e-learning; oil and gas business; specialized disciplines; level of interest.

Abstract: The paper considers using VR-technology when creating a virtual educational space used in the study of specialized disciplines through the example of bachelor's degree program "Oil and Gas Business". The immersive educational environment was created using 3DVista Virtual Tour Pro and Bigscreen software. To manage the educational process, the LMS Moodle system is used, into which the created virtual space is integrated. The developed educational virtual environment is used for educational tasks: teaching students; completing quests.

© В. А. Немтинов, Н. Ц. Гатапова, А. Б. Борисенко,
В. В. Морозов, А. Н. Пахомов, Ю. В. Пахомова, 2023