УДК 004.94
DOI: 10.17277/vestnik.2020.04.pp.571-580

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ВИРТУАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

А. Д. Обухов, Н. А. Чеботов, Н. А. Вехтева, К. И. Патутин, Н. Н. Прокудина

Кафедра «Системы автоматизированной поддержки принятия решений», obuhov.art@gmail.com; ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия

Ключевые слова: виртуальная реальность; виртуальные установки; дистанционное образование; поршневой компрессор; трехмерное моделирование.

Аннотация: В условиях необходимости реализации дистанционного образования и повышения качества образовательных материалов актуальной проблемой является разработка современных средств представления знаний и освоения необходимых компетенций для обучающихся. В качестве подобных средств возможно использование виртуальных лабораторных стендов и установок, реализующих в трехмерном пространстве процессы и объекты, соответствующие реальному оборудованию и производству. Такое соответствие позволяет, используя современные информационные технологии, организовать образовательный процесс в виртуальном пространстве на различных устройствах благодаря свойству кроссплатформенности среды разработки Unity. Представлен процесс разработки системы визуализации на примере виртуальной установки для подготовки специалистов нефтегазовой отрасли. Рассмотрена структура системы, используемые инструменты, программная реализация. Предложенные подходы могут быть применены для разработки широкого спектра виртуальных стендов и установок.

Введение

Лабораторные и практические занятия позволяют студентам изучить физические и химические явления. Взаимодействие с установками, стендами и другим оборудованием для опытов позволяет изучить предмет с практической стороны и способствует развитию тактильной памяти, выработке необходимых навыков и умений. Однако не всегда возможно выполнить данные работы по нескольким причинам:

– отсутствие нужных приборов, оборудования;

– выполнение работы сопряжено с высоким риском для здоровья или жизни обучающихся, что недопустимо в рамках образовательного учреждения;

– высокая стоимость проведения лабораторных работ из-за дороговизны оборудования, реактивов, материалов;

– обучение проводится дистанционно или смешанно, что влечет за собой ограничение доступа к лабораторным установкам.

Данные проблемы могут быть устранены при переходе к использованию виртуальной реальности для организации практических или лабораторных занятий. Возможность точного моделирования физических и химических процессов, удобство работы с лабораторной установкой на различных платформах (мобиль-

ных и стационарных), автоматическое протоколирование действий обучающего, интерактивные инструкции и справочные материалы являются преимуществами данного типа образовательных средств [1, 2].

Цель работы – разработка современных средств на основе трехмерного моделирования и виртуальной реальности для представления знаний и освоения необходимых компетенций у обучающихся. Данная задача представлена на примере виртуальной установки для подготовки специалистов нефтегазовой отрасли.

Анализ существующих подходов к реализации виртуальных образовательных средств

В связи с большой востребованностью в текущей обстановке (дистанционное образование, ограничения на посещаемость, карантинные мероприятия и т.д.) все бо́льшую популярность набирают информационные образовательные системы и технологии, к которым относятся также виртуальные лабораторные установки. Чаще всего они представлены в виде интернет-ресурсов или отдельного приложения [3].

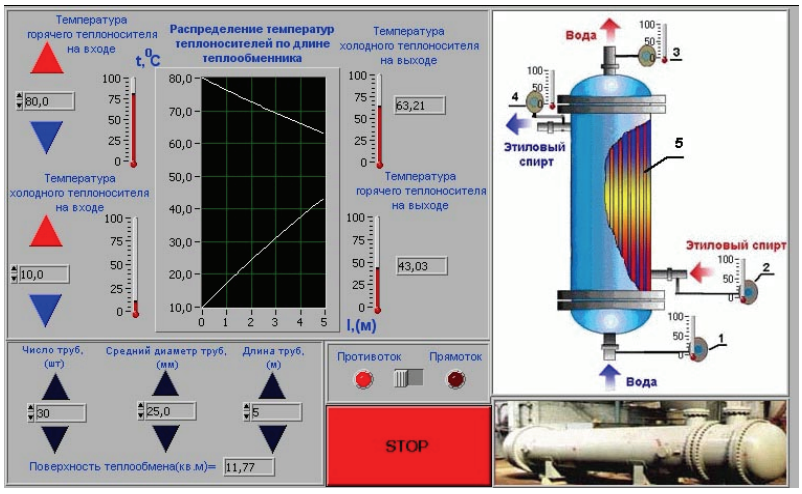
Одним из подходов к созданию виртуальных лабораторий является использование определенной платформы, позволяющей разместить трехмерные модели оборудования или установок, справочный материал, озвучить и анимировать процессы, протекающие в реальном мире. Примером такой платформы является vAcademia [4]. Однако подобные среды, хотя и позволяют быстро сформировать образовательный материал и распространить его среди обучающихся, не всегда обеспечивают наилучшее качество визуализации, функциональность и интерактивность.

В качестве примера приложения можно назвать виртуальную лабораторию, разработанную в среде Delphi XE и NET Framework 4.0 для ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарева» [5], которая состоит из трех частей для разных лабораторных работ: описание, теория, практика. В разделе практика с помощью взаимодействия с двухмерными графическими объектами можно провести эмуляцию работы реального оборудования и записать измеренные данные в таблицу. Недостатком данного подхода является использование не самых современных и распространенных сред разработки, что влияет на визуальную составляющую приложения. Подобного рода виртуальные тренажеры активно применяются в случае, когда не требуется трехмерной визуализации объектов или процессов, что особенно актуально для различных пультов или плоских стендов [6] (рис. 1, *а*).

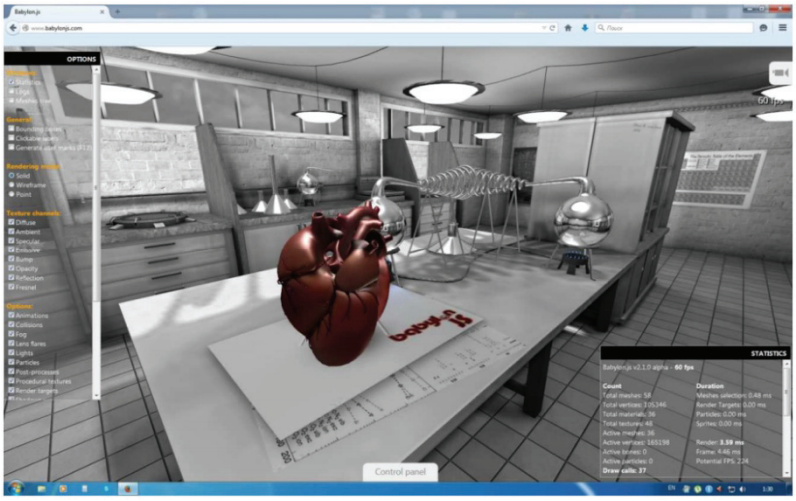
Примеров интернет-ресурсов виртуальных лабораторных установок достаточно много, однако, большинство таких ресурсов созданы на базе устаревших технологий и средств, состоят из интерактивных форм, графического материала или моделей, а взаимодействие с лабораторией осуществляется с помощью ввода значений в определенные поля, либо с помощью управления мышью [7].

Однако в последние годы с развитием 3D-технологий в Web (HTML5 и WebGL) интернет-ресурсы виртуальных лаборатории повысили свое качество и приблизились к полноценным приложениям [8]. Данные технологии позволяют отображать интерактивную, анимированную трехмерную графику, анимации, перемещения объектов. И хотя в данном направлении также существует множество ограничений, оно находит свое применение для качественной визуализации высокополигональных объектов (рис. 1, *б*).

Таким образом, рассмотрены некоторые подходы к разработке визуальной составляющей виртуальных установок. Необходимо отметить, что многие существующие решения не отличаются достаточной детализацией, качеством визуальной



а)



б)

Рис. 1. Примеры приложения виртуальной установки (*а*) и современного интернет-ресурса виртуальной лаборатории (*б*)

составляющей, не могут быть установлены на мобильные и планшетные устройства без серьезной модернизации. Поэтому для реализации виртуальных образовательных средств предлагается использование более современных сред разработки, таких как Unity.

Постановка задачи разработки визуализации виртуальной установки

В рамках данной работы рассматривается задача разработки компонентов системы визуализации для виртуальной установки «Поршневой компрессор», применяемой в образовательном процессе направления подготовки «Нефтегазовое дело». Данная установка используется для изучения процессов работы поршневого компрессора в ходе выполнения нескольких лабораторных работ. Однако лабораторный стенд «Поршневой компрессор», применяемый в настоящее время

в процессе обучения, не позволяет осуществить выполнение лабораторных работ вне учебной аудитории. Поэтому актуальной задачей является моделирование исследуемых на лабораторном стенде процессов в виртуальной реальности и реализация установки, соответствующей всем характеристикам реального оборудования. Это позволит организовать параллельное массовое выполнение работ на виртуальной установке, обеспечить доступ к ней на пользовательском оборудовании (компьютере или планшете), выработку обязательных компетенций без необходимости очного присутствия в аудитории.

Для решения поставленной задачи необходимо сформулировать структуру компонентов системы визуализации виртуальной установки и рассмотреть алгоритм ее практической реализации.

Структура виртуальной установки «Поршневой компрессор»

Рассмотрим общую структуру виртуальной установки (рис. 2), которая включает следующие компоненты [9].

1. Программный код, который основан на двух паттернах программирования и содержит в себе математическое обеспечение:

1.1. Одиночка (Singleton) – данный шаблон позволяет создавать необходимые классы в единственном экземпляре, предоставляя глобальную точку доступа к этому экземпляру.

1.2. Команда (Command) – данный паттерн используется в объектно-ориентированном программировании для представления действий и его параметров.

Класс Initialize запускается при старте программы, хранит в себе ссылки на камеру сцены, шаблон станции, расположение для инициализации копии шаблона на сцене, значение переменной *X*, которая определяет параметр напряжения питания компрессора. Данный класс наследуется от класса Singleton<T> и реализует шаблон «Одиночка».

Это позволит создать класс Initialize в единственном экземпляре и обращаться к переменной *X* из любого другого класса проекта. Каждый элемент управления станции содержит класс, который определяет тип элемента. Каждый из таких классов наследуется от интерфейса Command с методом Execute и содержит в себе реализацию данного метода, в котором описывается действие, выполняемое определенным элементом станции.

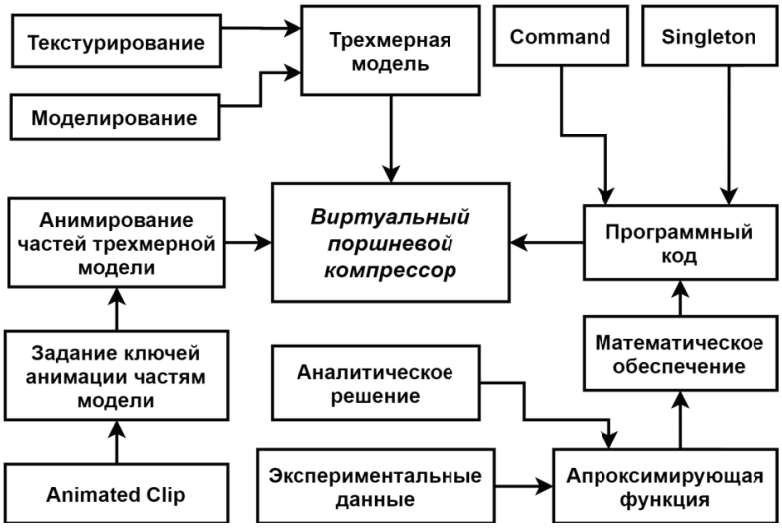


Рис. 2. Структура виртуальной установки

1.3. Программная реализация аппроксимирующих функций, полученных с помощью экспериментальных данных и верифицированных аналитическим решением.

2. 3D-модели компонентов виртуальной установки, включающие корпус, демонстрационные материалы (модели компрессоров), управляющие элементы, кнопки, регуляторы и индикаторы.

3. Анимация модели компрессора осуществляется с помощью ресурса анимационного клипа. Для создания клипа записываются ключевые кадры в определенные моменты времени. При перемещении, повороте и масштабировании элемента добавляются соответствующие ключевые кадры для этих свойств в анимационный клип. На основе ключевых кадров записывается анимация для каждого движущегося элемента компрессора. Связь анимации с движущимися деталями создается автоматически при создании анимационного клипа.

Перечисленные компоненты позволяют реализовать виртуальные установки или стенды различных масштабов и степени сложности.

Реализация виртуальной установки «Поршневой компрессор»

Для реализации виртуальной установки использовалась среда разработки Unity. Данная среда имеет все необходимые функции, которые требуются для разработки приложений на основе виртуальной реальности и трехмерной графики [10]. Основными преимуществами Unity являются кроссплатформенность, визуальная среда разработки, модульная система компонентов. Это позволяет использовать разработанный проект на различных платформах (персональных компьютерах, планшетах, смартфонах), что особенно важно при организации образовательного процесса для расширения потенциальной аудитории пользователей [11].

На первом этапе создана сцена проекта. Сцены хранят определенные настройки, объекты и скрипты (программный код). Проект может содержать множество сцен, но для виртуальной установки используется одна сцена, на которой расставлены следующие объекты [12]:

– Main Camera – объект камеры, которая требуется для захвата и отображения сцены пользователю;

– Direction Light – объект направленного света. Так как главным объектом является 3D-модель виртуальной установки, сцена должна иметь освещение, чтобы все участки установки были хорошо видны пользователю;

– Stantion Spot – объект на сцене, который является местом расположения виртуальной станции при ее инициализации;

– Start – объект, включающий скрипт инициализации всего проекта. Данный скрипт запускается при открытии программы;

– Canvas – объект в Unity, содержащий одноименный класс. Данный объект требуется для работы с интерфейсами программ, разрабатываемых в данной среде. Здесь создаются, настраиваются и хранятся элементы интерфейса, а также настраивается масштабирование элементов под различное разрешение экрана.

Некоторые объекты сцены являются префабами (объектами, предназначенными для многократного использования). Префаб модели виртуальной установки хранит в себе соответствующую 3D-модель, компонент Audio Source используется для воспроизведения звуков, скрипт отвечает за функционирование всех компонентов станции.

Для функционирования элементов интерфейса, к объекту Canvas привязан скрипт UIController. Данный класс хранит в себе ссылки на все элементы интерфейса программы и их действия, которые они могут выполнять.

К объекту Start привязан скрипт Initialize, отвечающий за инициализацию копии префаба виртуальной установки. Данный скрипт хранит ссылки на оригинальный префаб, объект Stantion Spot для расположения созданной копии установки, камеру сцены. Чтобы поменять установку на какую-либо другую, потребуется заменить оригинальный шаблон на новый префаб. Тогда, при новом запуске программы будет инициализироваться копия нового шаблона. Таким образом, создав одну сцену и расположив на ней необходимые объекты, привязав к ним определенные скрипты, можно реализовать работу виртуальной лаборатории.

Алгоритм функционирования виртуальной установки

Виртуальная установка имеет несколько элементов управления:

– тумблер главного питания – требуется для подачи электрического питания на установку;

– тумблер питания стенда – отвечает за подачу питания на другие элементы установки (стенд);

– тумблер электропитания компрессора – выполняет функцию подачи питания компрессору стенда;

– регулятор напряжения питания компрессора – представляет из себя круглую ручку, которая поворачивается по часовой и против часовой стрелки. Требуется для регулирования напряжения питания компрессора. Минимальное напряжение – 0 В. Максимальное напряжение – 12 В;

– дроссель – используется для регулирования сопротивления линии выхлопа;

– кнопка аварийной остановки – большая красная кнопка, при ее нажатии отключается электропитание элементов стенда.

Итоговый вид установки представлен на рис. 3. Внешний вид соответствует реальной модели установки и включает все необходимые управляющие элементы, а также графические компоненты вывода информации. Кроме того, отдельное меню позволяет вывести инструкцию по работе с установкой и описание исследуемого в ходе лабораторных заданий оборудования.

Рассмотрим принцип работы виртуальной установки.

Работа с установкой начинается с подачи главного питания. Затем требуется подать питание на стенд для запуска панелей вывода параметров. Данные параметры требуются для расчетов и наблюдения за работой установки. Последним этапом запуска работы стенда является подача питания компрессора, после чего компрессор начнет работать.

Рис. 3. Виртуальная установка «Поршневой компрессор»

Поворот дросселя приводит к регулировке давления на выходе компрессора и влияет на значения всех параметров. Когда питание подано, на панелях выводятся численные значения параметров. После включения компрессора можно приступить к внесению изменений в работу компрессора для выполнения лабораторных работ. Поворот регулятора напряжения по часовой стрелке приводит к росту напряжение питания компрессора, остальные параметры также будут изменяться. Для понижения напряжения компрессора потребуется поворачивать регулятор против часовой стрелки.

Студент выполняет указанные в лабораторном задании действия, фиксируя полученные на циферблатах значения в таблицу для дальнейших расчетов и анализа. В любой момент он может сбросить значения регуляторов и начать эксперимент заново.

Заключение

Обучение студентов с применением виртуальных стендов установок является перспективным направлением организации образовательной деятельности. Разработка подобных виртуальных установок – важная и актуальная задача в различных направлениях подготовки специалистов (например, нефтегазовой промышленности), так как от нее зависит продуктивность и качество процесса обучения [13].

Возможность визуализации и виртуализации рабочих установок уменьшает затраты на приобретение лабораторного оборудования, увеличивает число действующих стендов, следовательно, большее число специалистов за более короткие сроки смогут понять принцип работы комплекса, получить необходимые навыки и ознакомиться с установкой в любое свободное время.

Рассмотрены механизмы работы установки и процесс ее разработки. Представлены структура программной реализации установки, используемые технологии и инструменты. Данные подходы могут применяться при разработке различных типов виртуальных стендов и установок.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ в рамках научного проекта № 19-07-00660 с использованием вычислительного оборудования ЦКП «Цифровое машиностроение».

Список литературы

1. Горобец, С. Н. Использование виртуальных лабораторий при изучении химических дисциплин / С. Н. Горобец // Достижения вузовской науки. – 2014. – № 13. – С. 41 – 45.

2. Артюхова, И. В. Учебная лаборатория как современная форма организации учебной деятельности в экономическом вузе / И. В. Артюхова // Креативная экономика. – 2019. – Т. 13, № 12. – С. 2435 – 2446. doi: 10.18334/ce.13.12.41429

3. Никулина, Т. В. Виртуальные образовательные лаборатории: принципы и возможности / Т. В. Никулина, Е. Б. Стариченко // Педагогическое образование в России. – 2016. – № 7. – С. 62 – 66.

4. Немтинов, В. А. Разработка прототипа виртуальной технологической лаборатории по изучению процессов производства органических красителей / В. А. Немтинов, Ю. В. Немтинова, И. М. Манаенков // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2020. – Т. 26, № 1. – С. 43 – 55. doi: 10.17277/vestnik.2020.01.pp.043-055

5. Савкина, А. Вас. Виртуальные лаборатории в дистанционном обучении / А. Вас. Савкина, А. Вл. Савкина, С. А. Федосин // Образовательные технологии и общество. – 2014. – Т. 17, № 4. – С. 507 – 517.

6. Архипов, А. Е. Проектирование системы визуализации тренажерного комплекса на основе компетентностного подхода / А. Е. Архипов, А. И. Попов, А. Д. Обухов // Вопросы журналистики, педагогики, языкознания. – 2020. – Т. 39, № 3. – С. 378 – 390.

7. Использование онлайн-курсов и виртуальных лабораторий в инженерном образовании / Е. Б. Весна, В. В. Белага, Е. В. Долгий [и др.] // EDCRUNCH Ural : новые образовательные технологии : материалы Междунар. науч.-метод. конф., 25 – 27 апреля 2017 г., Екатеринбург. – Екатеринбург, 2017. – С. 85 – 91.

8. Чувиков, Д. А. Применение 3D технологий в Web при решении интеллектуальных задач / Д. А. Чувиков, В. П. Феоктистов // Автоматизация и управление в технических системах. – 2015. – № 1 (13). – С. 130 – 138. doi: 10.12731/2306-1561-2015-1-15

9. Системный анализ и формализация структуры адаптивных тренажерных комплексов эргатических систем / М. Н. Краснянский, Д. Л. Дедов, А. Д. Обухов, С. Ю. Алексеев // Вестн. компьютерных и информационных технологий. – 2019. – № 4 (178). – С. 45 – 52. doi: 10.14489/vkit.2019.04.pp.045-052

10. Хокинг, Д. Unity в действии. Мультиплатформенная разработка на C# / Д. Хокинг ; пер. с англ. И. Рузмайкиной. – СПб. : Питер, 2016. – 336 с.

11. Алгоритм выбора компонентов визуализации для адаптивных тренажеров / М. Н. Краснянский, Д. Л. Дедов, А. Д. Обухов [и др.] // Пилотируемые полеты в космос. – 2020. – № 1 (34). – С. 57 – 71. doi: 10.34131/MSF.20.1.57-71

12. Борисов, Е. Е. Визуализация как актуальное направление распространения информации / Е. Е. Борисов // Молодой ученый. – 2019. – № 22 (260). – С. 611 – 614.

13. Применение возможностей виртуальных лабораторий в учебном процессе технического вуза / Б. М. Саданова, А. В. Олейникова, И. В. Альберти [и др.] // Молодой ученый. – 2016. – № 4 (108). – С. 71 – 74.

The Development of a Virtual Installation Visualization Training System for Oil and Gas Industry

A. D. Obukhov, N. A. Chebotov, N. A. Vekhteva, K. I. Patutin, N. N. Prokudina

Department of Automated Decision Support Systems,
obuhov.art@gmail.com; TSTU, Tambov, Russia

Keywords: virtual reality; virtual installations; remote education; piston compressor; three-dimensional modeling.

Abstract: In the context of the need to implement distance education and improve the quality of educational materials, an urgent problem is the development of modern means of representing knowledge and mastering the necessary competencies for students. As such means, it is possible to use virtual laboratory stands and installations that implement in three-dimensional space processes and objects corresponding to real equipment and production. This correspondence allows, using modern information technologies, to organize the educational process in a virtual space on various devices due to the cross-platform property of the Unity development environment. The paper presents the process of developing a visualization system using the example of a virtual installation for training specialists in the oil and gas industry. The structure of the system, used tools, software implementation is considered. The proposed approaches can be used to develop a wide range of virtual stands and installations.

References

1. Gorobets S.N. [The use of virtual laboratories in the study of chemical disciplines], *Dostizheniya vuzovskoy nauki* [Achievements of high school science], 2014, no. 13, pp. 41-45. (In Russ.)

2. Artyukhova I.V. [Teaching laboratory as a modern form of organizing educational activities in an economic university], *Kreativnaya ekonomika* [Creative Economy], 2019, vol. 13, no. 12, pp. 2435-2446, doi: 10.18334/ce.13.12.41429 (In Russ., abstract in Eng.)

3. Nikulina T.V., Starichenko Ye.B. [Virtual educational laboratories: principles and opportunities], *Pedagogicheskoye obrazovaniye v Rossii* [Pedagogical education in Russia], 2016, no. 7, pp. 62-66. (In Russ., abstract in Eng.)

4. Nemtinov V.A., Nemtinova Yu.V., Manayenkov I.M. [Development of a prototype of a virtual technological laboratory for the study of organic dye production processes], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2020, vol. 26, no. 1, pp. 43-55, doi: 10.17277/vestnik.2020.01.pp.043-055 (In Russ., abstract in Eng.)

5. Savkina A.Vas., Savkina A.Vl., Fedosin S.A. [Virtual laboratories in distance learning], *Obrazovatel'nyye tekhnologii i obshchestvo* [Educational technologies and society], 2014, vol. 17, no. 4, pp. 507-517. (In Russ., abstract in Eng.)

6. Arkhipov A.Ye., Popov A.I., Obukhov A.D. [Designing a visualization system of a training complex based on a competence-based approach], *Voprosy zhurnalistiki, pedagogiki, yazykoznaniya* [Questions of journalism, pedagogy, linguistics], 2020, vol. 39, no. 3, pp. 378-390. (In Russ., abstract in Eng.)

7. Vesna Ye.B., Belaga V.V., Dolgiy Ye.V., Kochnev P.O., Ol'chak A.S., Panebrattsev Yu.A., Sal'dikov I.S., Tikhomirov G.V. *EDCRUNCH Ural: novyye obrazovatel'nyye tekhnologii* [EDCRUNCH Ural: New Educational Technologies], Proceedings of the International Scientific and Methodological Conference (NOTV-2017), 25 - 27 April, 2017, Yekaterinburg, 2017, pp. 85-91. (In Russ.)

8. Chuvikov D.A., Feoktistov V.P. [Application of 3D technologies in the Web when solving intellectual problems], *Avtomatizatsiya i upravleniye v tekhnicheskikh sistemakh* [Automation and control in technical systems], 2015, no. 1 (13), pp. 130-138, doi: 10.12731/2306-1561-2015-1-15 (In Russ., abstract in Eng.)

9. Krasnyanskiy M.N., Dedov D.L., Obukhov A.D., Alekseyev S.Yu. [System analysis and formalization of the structure of adaptive training complexes of ergatic systems], *Vestnik komp'yuternykh i informatsionnykh tekhnologiy* [Bulletin of computer and information technologies], 2019, no. 4 (178), pp. 45-52, doi: 10.14489/vkit. 2019.04.pp.045-052 (In Russ., abstract in Eng.)

10. Khoking D. *Unity v deystvii. Mul'tiplatformennaya razrabotka na C#* [Unity in Action. Multi-platform development in C#], St. Petersburg: Piter, 2016, 336 p. (In Russ.)

11. Krasnyanskiy M.N., Dedov D.L., Obukhov A.D., Siukhin A.A., Arkhipov A.E. [Algorithm for choosing visualization components for adaptive simulators], *Pilotiruyemyye polety v kosmos* [Manned space flights], 2020, no. 1 (34), pp. 57-71, doi: 10.34131/MSF.20.1.57-71 (In Russ., abstract in Eng.)

12. Borisov Ye.Ye. [Visualization as an actual direction of information dissemination], *Molodoy uchenyy* [Young scientist], 2019, no. 22 (260), pp. 611-614. (In Russ.)

13. Sadanova B.M., Oleynikova A.V., Al'berti I.V., Odintsova Ye.A., Plekhanova Ye.N. [Application of the capabilities of virtual laboratories in the educational process of a technical university], *Molodoy uchenyy* [Young scientist], 2016, no. 4 (108), pp. 71-74. (In Russ.)

Entwicklung eines Visualisierungssystems der virtuellen Installationen für die Ausbildung der Fachkräfte in der Öl-und Gasindustrie

Zusammenfassung: Unter Bedingungen der Notwendigkeit, Fernunterricht zu implementieren und die Qualität von Unterrichtsmaterialien zu verbessern, ist die Entwicklung moderner Mittel zur Wissensvorstellung und Erschließung der notwendigen Kompetenzen für die Auszubildenden ein aktuelles Problem. Als solche Mittel können virtuelle Laborstände und Anlagen verwendet werden, die im dreidimensionalen Raum Prozesse und Objekte realisieren, die der realen Ausrüstung und Produktion entsprechen. Diese Übereinstimmung ermöglicht es, mithilfe moderner Informationstechnologien den Bildungsprozess in einem virtuellen Raum auf verschiedenen Geräten dank der plattformübergreifenden Eigenschaft der Unity-Entwicklungsumgebung zu organisieren. Die Arbeit stellt den Prozess der Entwicklung des Visualisierungssystems am Beispiel einer virtuellen Installation für die Ausbildung von Fachleuten in der Öl- und Gasindustrie vor. Es sind die Struktur des Systems, die verwendeten Tools und die Softwareimplementierung betrachtet. Die vorgeschlagenen Ansätze können verwendet werden, um eine breite Palette von virtuellen Ständen und Installationen zu entwickeln.

Elaboration d'un système de visualisation d'une installation virtuelle pour la formation des professionnels de l'industrie pétrolière et gazière

Résumé: Dans le contexte de la nécessité de la mise en œuvre de l'enseignement à distance et de l'augmentation de la qualité du matériel éducatif, il devient actuel d'élaborer des moyens modernes de la présentation des connaissances et de l'acquisation des compétences nécessaires pour les apprenants. Il est possible d'utiliser des bancs de laboratoire virtuels et des installations qui mettent en œuvre dans un espace tridimensionnel des processus et des objets correspondant aux équipements et à la production réels. Cette conformité permet, en utilisant les technologies de l'information modernes, d'organiser le processus éducatif dans un espace virtuel à partir de différents appareils, grâce à la propriété multiplateforme de l'environnement de développement Unity. L'article présente le processus de l'élaboration d'un système de visualisation à l'exemple d'une installation virtuelle pour la formation des spécialistes de l'industrie pétrolière et gazière. Sont examinés la structure du système, les outils utilisés, la mise en œuvre logicielle. Les approches proposées peuvent être utilisées pour développer un large éventail de stands et d'installations virtuels.

Авторы: ***Обухов Артем Дмитриевич*** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Системы автоматизированной поддержки принятия решений»; ***Чеботов Никита Алексеевич*** – студент; ***Вехтева Надежда Андреевна*** – студент; ***Патутин Кирилл Игоревич*** – студент; ***Прокудина Нина Никитична*** – студент, ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.

Рецензент: ***Муромцев Дмитрий Юрьевич*** – доктор технических наук, профессор кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем», проректор по научно-инновационной деятельности, ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.