

УДК 004.946

DOI: [10.26102/2310-6018/2025.49.2.027](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2025.49.2.027)

VR-тренажер для обучения медицинских работников по специальности «Терапия»

А.В. Ключиков¹✉, М.С. Куприн², Д.А. Феоктистов², К.С. Михайлов²

¹*Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, Саратов, Российская Федерация*

²*Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, Саратов, Российская Федерация*

Резюме. На основе существующих исследований рассмотрена необходимость интеграции технологий виртуальной реальности в учебный процесс студентов медицинских университетов, обучающихся по специальности «Терапия». Проанализированы существующие программные решения в сфере образовательной медицины, выявлен дефицит VR-тренажеров, ориентированных на общетерапевтическую специальность. Обоснована значимость разработки виртуального тренажера, позволяющего студентам отрабатывать терапевтические навыки в реалистичной и безопасной виртуальной среде. Проведен сравнительный анализ современных VR-гарнитур и контроллеров, на основании которого определены подходящие устройства для реализации задачи: Oculus Quest 2 и Valve Index. Сформулированы требования к техническим характеристикам оборудования и выбраны технологии разработки: игровой движок Unity, библиотеки XR Interaction Toolkit и OpenXR, а также программные фреймворки для создания 3D-моделей и интерактивных сцен. Описан процесс проектирования виртуальной среды кабинета терапевта, включающий разработку 3D-моделей медицинского оборудования и виртуального пациента с использованием редактора Blender. Собрана игровая сцена и реализованы механики взаимодействия с окружением, такие как перемещение, захват предметов, диалоговая система и система оценки результатов. Диалоговая система разработана на языке C# с использованием платформы .NET Framework. Ожидается, что внедрение VR-тренажера в образовательный процесс повысит уровень подготовки студентов-терапевтов, благодаря отработке профессиональных навыков в интерактивной и безопасной виртуальной среде.

Ключевые слова: виртуальная реальность, терапия, интерактивная виртуальная среда, игровые движки, медицинское образование.

Для цитирования: Ключиков А.В., Куприн М.С., Феоктистов Д.А., Михайлов К.С. VR-тренажер для обучения медицинских работников по специальности «Терапия». *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2025;13(2). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1850> DOI: 10.26102/2310-6018/2025.49.2.027

VR-simulator for training medical workers in the specialty of "Therapy"

A.V. Klyuchikov¹✉, M.S. Kuprin², D.A. Feoktistov², K.S. Mikhaiov²

¹*Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, the Russian Federation*

²*Saratov State Technical University named after Yu.A. Gagarin, Saratov, the Russian Federation*

Abstract. Based on existing research, the need to integrate virtual reality technologies into the educational process of medical university students studying in the specialty "Therapy" is considered. Existing software solutions in the field of educational medicine are analyzed, a shortage of VR simulators focused on the general therapeutic specialty is revealed. The importance of developing a

virtual simulator that allows students to practice therapeutic skills in a realistic and safe virtual environment is substantiated. A comparative analysis of modern VR headsets and controllers is carried out, based on which suitable devices for implementing the task are determined: Oculus Quest 2 and Valve Index. Requirements for the technical characteristics of the equipment are formulated and development technologies are selected: the Unity game engine, the XR Interaction Toolkit and OpenXR libraries, as well as software frameworks for creating 3D models and interactive scenes. The process of designing a virtual environment for a therapist's office is described, including the development of 3D models of medical equipment and a virtual patient using the Blender editor. The game scene has been assembled and mechanics of interaction with the environment have been implemented, such as movement, object grabbing, a dialogue system and a results assessment system. The dialogue system has been developed in C# using the .NET Framework platform. It is expected that the introduction of the VR simulator into the educational process will improve the level of training of student therapists, thanks to the development of professional skills in an interactive and safe virtual environment.

Keywords: virtual reality, therapy, interactive virtual environment, game engines, medical education.

For citation: Klyuchikov A.V., Kuprin M.S., Feoktistov D.A., Mikhaiov K.S. VR-simulator for training medical workers in the specialty of «Therapy». *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2025;13(2). (In Russ.). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1850> DOI: 10.26102/2310-6018/2025.49.2.027

Введение

Современные исследования, посвященные подготовке медицинского персонала, выделяют проблему недостаточной практической подготовки студентов-медиков, особенно в области терапии [1]. Традиционные подходы к обучению нередко оказываются недостаточными для формирования необходимых навыков, что создает необходимость поиска инновационных решений.

Для повышения эффективности образовательного процесса активно применяются современные технологии. В частности, в медицине широко используются методы имитации, например, отработка терапевтических манипуляций на манекенах [2]. Однако анализ показывает, что некоторые студенты демонстрируют низкую мотивацию и недостаточную вовлеченность в практические занятия [3].

Одной из перспективных технологий, способствующих улучшению качества подготовки, является виртуальная реальность (VR) [4]. Виртуальные среды находят применение в медицинском образовании, обеспечивая возможность безопасного моделирования различных сценариев без риска для пациентов [5, 6]. Виртуальная реальность активно используется при обучении хирургии, визуализации трехмерных моделей органов, реабилитации, психиатрии и диагностике [7, 8].

На отечественном рынке известны VR-решения, направленные на обучение базовым навыкам экстренной медицинской помощи [9]. Тем не менее, такие системы часто ограничены узкими задачами и недостаточно учитывают развитие коммуникативных навыков врача. Это подчеркивает необходимость создания специализированного решения, которое не только обеспечит практическую отработку навыков, но и позволит моделировать сложные сценарии взаимодействия с пациентами.

Подходы имитационного моделирования ранее применялись и в смежных областях, например, при работе с мобильными роботами [10], что подтверждает универсальность данных технологий в образовательных средах.

Настоящая работа направлена на разработку VR-тренажера для обучения студентов медицинских вузов по специальности «Терапия». Исследование включает анализ существующих подходов к использованию виртуальной реальности в образовательном процессе, проектирование архитектуры VR-системы и разработку

методик оценки ее эффективности. В заключении рассмотрены перспективы дальнейшего развития VR-технологий в области медицинского образования.

Материалы и методы

Необходимость разработки VR-тренажера обусловлена растущей потребностью в инновационных образовательных технологиях, которые способны улучшить подготовку студентов медицинских вузов. Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского (СГМУ) стал инициатором создания такого решения. С запросом о разработке комплексной системы для обучения студентов обратился заведующий кафедрой «Скорой неотложной и анестезиолого-реанимационной помощи» СГМУ, доктор медицинских наук, доцент Кулигин Александр Валерьевич.

Исследование базируется на использовании следующих подходов. Метод сравнительного анализа позволил рассмотреть процесс подготовки терапевтов как систему, включающую три ключевых аспекта: теоретическую подготовку, практическую отработку навыков и развитие коммуникативных способностей. Для выявления недостатков существующих VR-решений были детально изучены их функциональные особенности, возможности и ограничения. Выявленные проблемы легли в основу требований к разрабатываемой системе.

Дополнительно был использован метод моделирования, обеспечивший возможность воссоздания виртуальной среды терапевтического кабинета. В рамках моделирования созданы детализированные 3D-модели медицинского оборудования и виртуального пациента. Для разработки сценариев взаимодействия с пациентами использовались данные реальных терапевтических практик, которые были обработаны и адаптированы для применения в VR-тренажере. Это позволило добиться максимальной реалистичности и соответствия учебным задачам.

Преимущества виртуальной реальности в медицинском образовании заключаются в возможности безопасной отработки профессиональных навыков, моделировании разнообразных клинических сценариев и обеспечении интерактивного обучения. В то же время внедрение VR-тренажеров сталкивается с определенными трудностями, такими как высокая стоимость оборудования, технические ограничения и необходимость регулярного обновления программного обеспечения.

Объектом исследования стал процесс взаимодействия медицинских работников с виртуальной средой, а предметом – VR-тренажерный комплекс, ориентированный на обучение студентов по специальности «Терапия». Выбранные методы исследования обеспечили глубокий анализ существующих подходов и позволили создать систему, адаптированную к потребностям российских образовательных учреждений.

Результаты

Тренажерные системы с использованием виртуальной реальности применяются в различных профессиях, в том числе в медицине. Однако такой подход носит индивидуальный характер, так как имитируемый процесс в лечебном деле требует особого внимания из-за риска врачебной ошибки и опасности навредить пациенту. Рассмотрим существующие программные решения, используемые в учебном процессе при обучении студентов (Таблица 1).

Osso VR¹ (Рисунок 1) – платформа для обучения медицинских работников с использованием VR. В структуру тренажера встроены тренировочные модули,

¹ Osso VR. URL: <https://www.ossovr.com> (дата обращения: 05.02.2025).

позволяющие пользователям практиковать процедуры и техники в безопасной и контролируемой среде. Имеет закрытый доступ, так как находится в разработке.

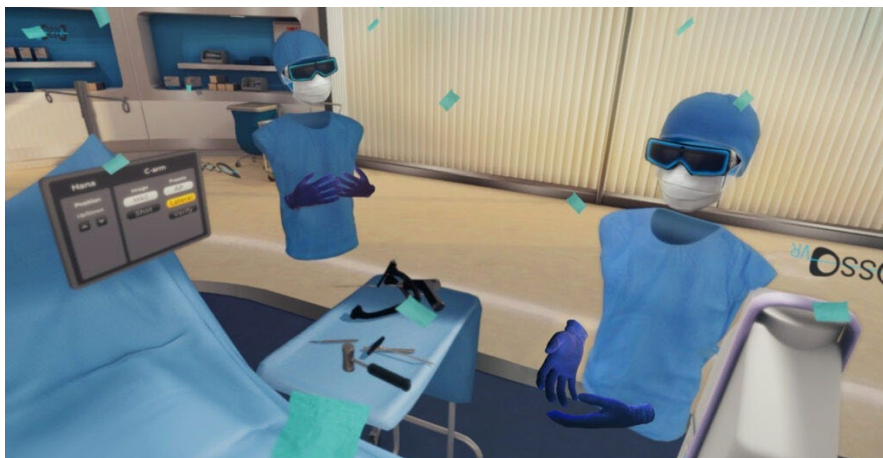


Рисунок 1 – Платформа для обучения медицинских работников Osso VR
Figure 1 – Osso VR healthcare professional training platform

VR Surgery Simulator² (Рисунок 2) – приложение для обучения хирургической техники с использованием виртуальной реальности, позволяющее медицинским работникам практиковать навыки, необходимые для эффективной хирургической работы, в безопасной и контролируемой среде. Приложение доступно на смартфонах, планшетах, персональных компьютерах и VR гарнитурах.



Рисунок 2 – Платформа для обучения медицинских работников VR Surgery Simulator
Figure 2 – VR Surgery Simulator – a platform for training medical professionals

Medical Realities³ (Рисунок 3) – VR приложение, имеющее возможность беседы с виртуальными аватарами пациентов. Каждый человек имеет собственный голос. Обучение динамически адаптируется, реагируя на решения оператора.

² VR Surgery Simulator. Ghost Medical Marketing & Training Solutions. URL: <https://www.ghostproductions.com/services/vr/medical-vr> (дата обращения: 07.02.2025).

³ Medical Realities | The Future of Virtual Reality in Medical Training. Wayback Machine. URL: <https://web.archive.org/web/20240830110117/https://www.medicalrealities.com/> (дата обращения: 07.02.2025).

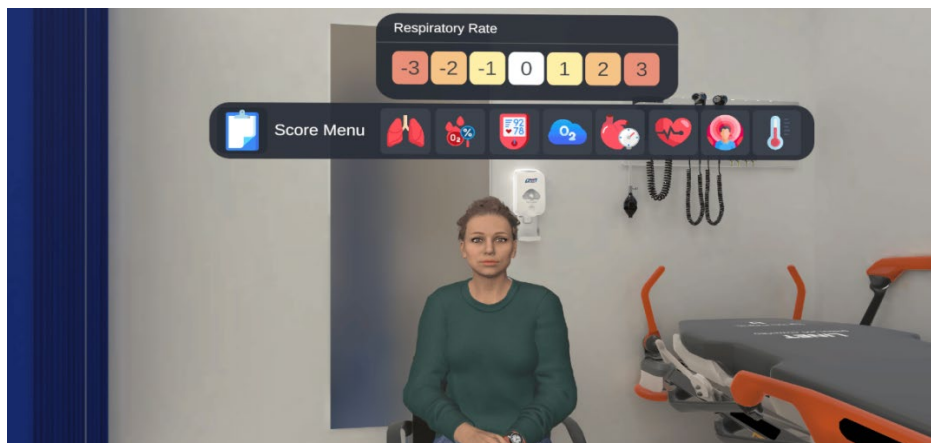


Рисунок 3 – Платформа для обучения медицинских работников Medica Realities
Figure 3 – Medica Realities healthcare professional training platform

ImmersiveTouch⁴ (Рисунок 4) – платформа для обучения хирургии с использованием технологий виртуальной реальности (VR) и тактильной обратной связи, поддерживающая VR-гарнитуры Oculus Rift S, HTC Vive Pro, Varjo. Сферы обучения: хирургия, в том числе: общая, нейрохирургия, кардиохирургия, ортопедия и пластическая.

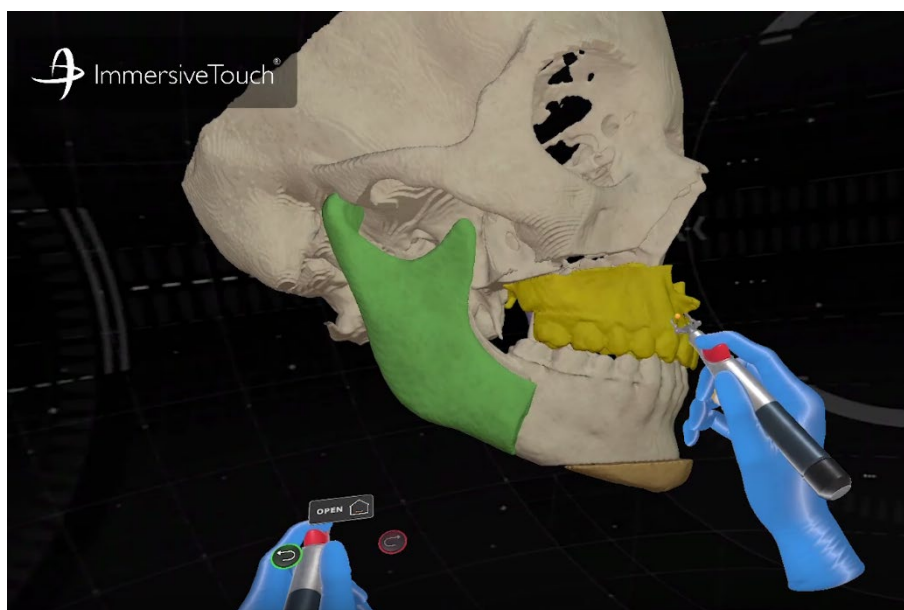


Рисунок 4 – Платформа для обучения медицинских работников ImmersiveTouch
Figure 4 – ImmersiveTouch platform for training healthcare professionals

Oxford Medical Simulation⁵ (Рисунок 5) – VR-тренажер, разработанный для обучения диагностике и лечению пациентов, принятию клинических решений и развитию навыков коммуникации с пациентами. Oxford Medical Simulation имеет клинические сценарии в области кардиологии, пульмонологии, неврологии и инфекционных заболеваний. Поддерживаемые платформы: HTC Vive, Oculus Rift S.

⁴ ImmersiveTouch. URL: <https://www.immersivetouch.com> (дата обращения: 07.02.2025).

⁵ Oxford Medical Simulation – Virtual Reality Healthcare Training. URL: <https://oxfordmedicalsimulation.com> (дата обращения: 07.02.2025).



Рисунок 5 – Платформа для обучения медицинских работников Oxford Medical Simulation
Figure 5 – Oxford Medical Simulation platform for training healthcare professionals

Анализ платформ, используемых для медицинского обучения, показал, что Osso VR сосредоточена на обучении хирургическим навыкам, однако её функционал не охватывает терапевтическую практику. VR Surgery Simulator позволяет моделировать хирургические процедуры, но не предоставляет возможности для отработки коммуникативных навыков врача. Medical Realities ориентирована на развитие взаимодействия с пациентами через диалоговые сценарии, однако её сценарии ограничиваются базовыми клиническими задачами. ImmersiveTouch разрабатывалась для обучения хирургическим манипуляциям с использованием тактильной обратной связи, что делает её менее применимой для задач терапевтического обучения. Oxford Medical Simulation предлагает инструменты для диагностики и лечения пациентов, но не акцентируется на развитии терапевтических компетенций.

Таблица 1 – Сравнение направленности и способов взаимодействия пользователя с программным обеспечением

Table 1 – Comparison of the orientation and methods of user interaction with software

Название ПО	Используемые технологии	Методология обучения	Направленность, особенности	Способ взаимодействия	Поддерживаемые платформы
Osso VR	VR, 3D-моделирование, интерактивные симуляции	Отработка практических навыков в безопасной среде, пошаговые инструкции, обратная связь в режиме реального времени	Упор на реалистичность симуляций хирургических операций: детализированные 3D-модели анатомических структур, точное воспроизведение работы хирургических инструментов, симуляция тактильных ощущений	VR-контроллеры, визуальное восприятие через VR-гарнитуру	Osso (Oculus, HTC Vive)

Таблица 1 (продолжение)
Table 1 (continued)

VR Surgical Simulator	VR, 3D-моделирование, геймификация	Обучение через игру и повторение, возможность тренировки в условиях, максимально приближенных к реальным	Ориентирован на отработку базовых хирургических навыков: симуляции разной сложности, упор на повторение и закрепление навыков	VR-контроллеры, сенсорные экраны (в зависимости от платформы)	Oculus Quest 2, HTC Vive, Pico
Medical Realities	VR, искусственный интеллект, распознавание и синтез речи	Отработка навыков общения с пациентами, обучение на основе диалога, формирование профессионального мышления	Развитые коммуникативные аспекты работы врача: обучение сбору анамнеза, проведению осмотра, выстраиванию диалога с пациентом, умению работать с эмоциями	VR-гарнитура с микрофоном и динамиками, возможно использование VR-контроллеров	HTC Vive, Pico, iOS, Android
SimMan 3G	Робототехника, датчики, программное обеспечение для симуляции физиологических процессов	Отработка навыков оказания неотложной помощи в условиях, приближенных к реальным, работа в команде	Приближение к реальности: симуляция жизненных показателей пациента, его реакции на действия врача, работа в условиях стресса и ограниченного времени	Физическое взаимодействие с манекеном, управление симуляцией	
ImmersiveTouch	VR, тактильная обратная связь, 3D-визуализация	Предоставление возможности «почувствовать» виртуальные объекты, повышение реалистичности симуляций и эффективности обучения	Проработка тактильных ощущений: симуляция взаимодействия с тканями и органами, ощущение сопротивления материалов, воспроизведение работы хирургических инструментов	Упор на реалистичность тактильных ощущений: симуляция взаимодействия с тканями и органами, ощущение сопротивления материалов, точное воспроизведение работы хирургических инструментов	Oculus Rift S, HTC Vive Pro, Varjo

Таблица 1 (продолжение)
Table 1 (continued)

Oxford Medical Simulation	VR, искусственный интеллект, симуляция клинического мышления	Обучение на основе решения клинических задач, развитие критического мышления, умения работать в условиях неопределенности	Развитие клинического мышления: анализ симптомов, постановка диагноза, выбор лечения, работа с большими объемами информации, принятие решений в условиях неопределенности	VR-контроллеры для навигации и взаимодействия с виртуальным миром, визуальное восприятие через VR-гарнитуру, возможность голосового ввода	HTC Vive, Oculus Rift S
---------------------------	--	---	---	---	-------------------------

Недостатки рассмотренных программных комплексов:

- отсутствует специализация в обучении, направленная на терапию. Существующие VR-комплексы в большинстве ориентированы на хирургические специальности, а терапевтические направления представлены недостаточно;
- недостаточная реалистичность виртуальных пациентов. VR-аватары неточно воспроизводят физиологические реакции реальных пациентов. Необходимо улучшить моделирование виртуальных пациентов, с учетом индивидуальных особенностей человека, чтобы сделать обучение более реалистичным, а следовательно, эффективным;
- недостаточный учет психологических аспектов взаимодействия врач-пациент. Симуляторы фокусируются на технических аспектах медицинских манипуляций, уделяя недостаточное внимание психологическим аспектам взаимодействия врач-пациент. Необходимо внедрить в VR-симуляторы моделирование различных типов личностей, эмоциональных состояний и коммуникативных стратегий пациентов, чтобы обучить врачей эффективному общению и построению доверия;
- ограниченные возможности моделирования сложных клинических случаев. Существующие VR-платформы ограничены базовыми сценариями и не могут в полной мере имитировать сложные клинические ситуации, требующие нестандартных решений. Необходимо расширить функционал VR-симуляторов для отработки навыков принятия решений в сложных, неоднозначных ситуациях.
- необходимость постоянной актуализации программного обеспечения и содержания симуляций.

Результаты подтверждают необходимость создания нового VR-тренажера, устраняющего выявленные недостатки. Разработка должна включать расширенные сценарии взаимодействия с пациентами, позволяющие развивать коммуникативные навыки, а также иммерсивную виртуальную среду, приближенную к реальной практике терапевта. Поддержка моделирования сложных и нестандартных клинических ситуаций становится важной частью предлагаемого решения.

Необходимо создать специализированные VR-симуляции для обучения терапевтов, учитывающие специфику их профессиональной деятельности. Разработка отечественного аналога позволяет компенсировать отсутствие технической поддержки и документации в России, а также обеспечивает возможность его приобретения для местных образовательных учреждений. Новое программное обеспечение должно быть основано на опыте использования существующих решений, что позволит создать более адаптированный и эффективный инструмент обучения.

Для создания программного решения выбраны инструменты разработки функционала и мультиплатформенного решения. Основным инструментом в стеке

технологий является Unity – среда разработки игр и приложений, поддерживающая создание виртуальной реальности. Позволяет разработчикам создавать VR-приложения для персональных компьютеров, мобильных устройств и VR-устройств (Oculus, HTC Vive, PlayStation VR и Google Cardboard).

Также в список технологий входят библиотеки и фреймворки:

- инструменты работы с виртуальной реальностью – XR Plug-in Framework⁶, система компонентов XR Interaction Toolkit⁷ и библиотека OpenXR⁸;

- High Definition Render Pipeline⁹ для работы с графикой и рендером, так как необходимо отразить правдоподобность окружения, обеспечивая максимальное погружение студента. Программное решение ориентировано на гарнитуры Oculus Quest 2 и Valve Index;

- 3D-модели и материалы объектов для кабинета разработаны в программе для создания трехмерной компьютерной графики «Blender»¹⁰.

Персонаж в виртуальном тренажере состоит из трех контроллеров: головы, тела, и рук. Первый состоит из камеры, визуализирующей виртуальный мир, и компонента TrackedPoseDriver, синхронизирующего положение, а также вращение камеры с шлемом виртуальной реальности.

Контроллер тела управляет перемещением персонажа в виртуальном пространстве. В проекте использовано непрерывное движение ContinuousMoveProvider. Направление и скорость перемещения задается пользователем с использованием джойстика на VR-контроллере.

Контроллер для рук отображает положение рук человека в виртуальной среде, взаимодействие с цифровыми объектами. На руке размещен сферический триггер для захвата виртуальных предметов. При нажатии кнопки Grip и наличии тега "Item" объект прикрепляется к руке.

Для разработки VR-тренажеров необходимо передать достоверность внешнего вида окружающего мира.

Создана геометрия кабинета: стены, пол и потолок. Длина кабинета – 6 метров, ширина – 4 метра, эти параметры выбраны на основании приказа Минздрава РФ от 15 ноября 2012 г. № 922н «Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи взрослому населению при заболеваниях терапевтического профиля»¹¹.

Также в соответствии с Приказом Минздрава РФ воссоздано наполнение кабинета участкового терапевта, где находится мебель и оборудование: стол рабочий; стулья для врача, пациента и вещей пациента; пеленальный стол; весы; ростомер; горизонтальный ростомер; кушетка; компьютер (Рисунок 6).

⁶ XR Plug-in Framework. Unity Documentation. URL: <https://docs.unity3d.com/2020.1/Documentation/Manual/XRPluginArchitecture.html> (дата обращения: 11.02.2025).

⁷ XR Interaction Toolkit | XR Interaction Toolkit | 3.0.8. Unity. URL: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.interaction.toolkit@3.0/manual/index.html> (дата обращения: 11.02.2025).

⁸ Quickstart | OpenXR Toolkit. URL: <https://mbucchia.github.io/OpenXR-Toolkit/> (дата обращения: 11.02.2025).

⁹ High Definition Render Pipeline overview | High Definition RP | 17.0.4. URL: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.render-pipelines.high-definition@17.0/manual/index.html> (дата обращения: 11.02.2025).

¹⁰ Blender. URL: <https://www.blender.org> (дата обращения: 11.02.2025).

¹¹ Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 15 ноября 2012 г. № 922н «Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи взрослому населению по профилю «хирургия». Министерство здравоохранения Российской Федерации. URL: <https://minzdrav.gov.ru/documents/9124-prikaz-ministerstva-zdravoohraneniya-rossiyskoy-federatsii-ot-15-noyabrya-2012-g-922n-ob-utverzhenii-poryadka-okazaniya-meditsinskoy-pomoschi-vzrosloму-naseleniyu-po-profilu-hirurgiya> (дата обращения: 11.02.2025).

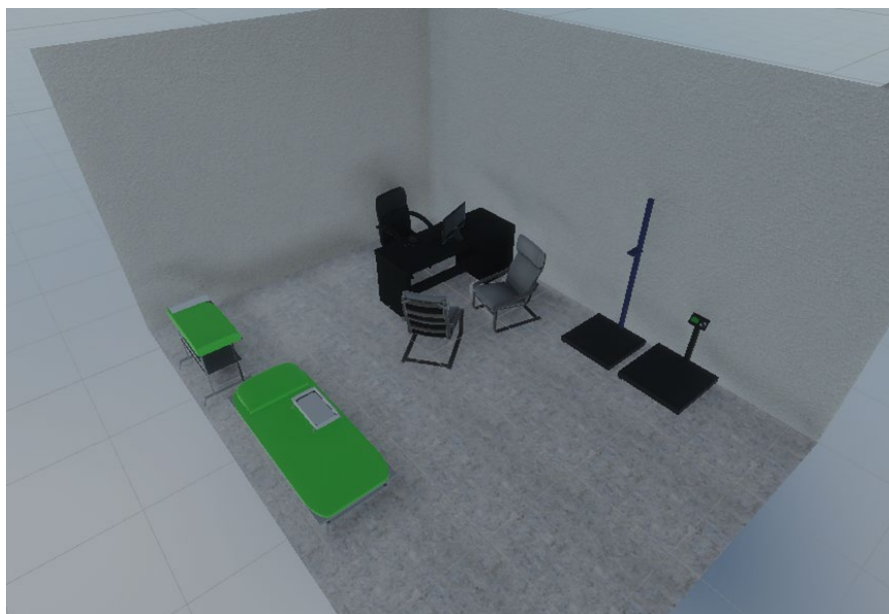


Рисунок 6 – Кабинет терапевта с мебелью и оборудованием
Figure 6 – Therapist's office with furniture and equipment

Для взаимодействия с виртуальным пациентом разработана диалоговая система. Общение между больным и врачом состоит из: реплики пациента, ответа врача и ключевой фразы для продолжения диалога. Реплики пациента и ключевые фразы разрабатываются заранее и вносятся в диалоговую систему.

Для взаимодействия с тренажером предусмотрено два способа: текстовый ввод (Рисунок 7) с графическим интерфейсом пользователя и голосовой ввод с применением сервиса Yandex SpeechKit.



Рисунок 7 – Графический интерфейс пользователя
Figure 7 – Graphical user interface

Диалоговая система разработана с использованием языка C# и платформы .NET Framework. Для реализации логики диалога созданы скрипты (компоненты) «DialogueManager» и «Dialogue». Класс «Dialogue» состоит из описания действия врача, реплики пациента, ключевых слов для перехода к следующему диалогу и баллов, начисляемых за правильный ответ.

Класс «DialogueManager» управляет диалоговой системой в проекте. Используется CSVLoader для загрузки текста из табличного файла формат .csv. В скрипте содержится список объектов Dialogue, представляющий один шаг в диалоге.

Для внесения корректировок и обеспечения вариативности общения с пациентов разработана система загрузки диалогов из .csv таблиц. Такой формат выбран из-за возможности редактирования через распространенные приложения для работы с электронными таблицами Microsoft Excel, OpenOffice, LibreOffice.

Обсуждение

Сравнение результатов с существующими решениями показывает преимущества и недостатки разработанного VR-тренажера, позволяющего сосредоточиться на обучении студентов по направлению «Терапия» и развивать навыки анализа психологического состояния пациента через вербальные и визуальные сигналы. Такой подход выделяет тренажер среди существующих платформ, например, Osso VR и ImmersiveTouch, ориентированных преимущественно на задачи хирургической практики.

Отечественный характер разработки обеспечивает доступность для образовательных учреждений России, а открытая архитектура позволяет адаптировать функционал под конкретные потребности учебных заведений. Расширенные возможности моделирования сложных клинических сценариев делают решение уникальным инструментом для обучения терапевтическим навыкам.

Ограничения включают недостаточную реалистичность мимики и физиологических реакций виртуального пациента, что снижает уровень иммерсивности некоторых сценариев. База сценариев общения, находящаяся в стадии наполнения, пока охватывает ограниченное количество ситуаций, однако работа над их расширением продолжается.

Дальнейшее развитие проекта предусматривает увеличение реалистичности моделей пациента, расширение базы сценариев взаимодействия и улучшение инструментов обратной связи, что позволит приблизить процесс обучения к реальной клинической практике и повысить эффективность подготовки студентов.

Заключение

Разработан VR-тренажер для обучения студентов-медиков по специальности «Терапия», практикующий терапевтические навыки в виртуальной среде, имитирующей кабинет участкового терапевта. Тренажер устраняет недостатки существующих решений в медицинском образовании, включая ограниченную реалистичность виртуальных пациентов, отсутствие внимания к психологическим аспектам взаимодействия врача с пациентом и недостаточные возможности моделирования сложных клинических случаев. Использование тренажера повышает эффективность обучения и способствует развитию профессиональных навыков у студентов.

Интеграция VR-тренажера в образовательный процесс студентов СГМУ позволит собрать обратную связь от пользователей. Эти данные лягут в основу дальнейшей доработки, включая расширение базы сценариев, улучшение интерактивности и создание более сложных ситуаций для обучения. Основное внимание в будущих исследованиях будет направлено на улучшение физиологических и эмоциональных реакций виртуальных моделей, а также адаптацию сценариев под различные клинические задачи.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Молчанова А.А., Осипова И.В., Чечина И.Н. Опыт применения симуляционных технологий при обучении студентов факультетской терапии. *Виртуальные технологии в медицине*. 2019;(1):17–20. https://doi.org/10.46594/2687-0037_2019_1_17
Molchanova A.A., Osipova I.V., Chechina I.N. Experience of Simulation Technologies Usage by Teaching Students Faculty Therapy. *Virtual'nye tehnologii v medicine*. 2019;(1):17–20. (In Russ.). https://doi.org/10.46594/2687-0037_2019_1_17
2. Орлов Ю.В., Мутигуллина А.А. Технология симуляционного обучения как новая парадигма современного медицинского образования. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2024;23(4S). <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2024-4315>
Orlov Yu.V., Mutigullina A.A. Simulation Training Technology as a New Paradigm of Modern Medical Education. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2024;23(4S). (In Russ.). <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2024-4315>
3. Макарова О.В. Анализ эффективности пациентоцентричных коммуникативных навыков врача. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2020;12(3):108–121. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2020-12-3-108-121>
Makarova O.V. The Analysis of Doctor's Patient-Centered Communication Skills Efficiency. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2020;12(3):108–121. (In Russ.). <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2020-12-3-108-121>
4. Мнацакян В.В., Малофеев В.А., Чеботарева Е.Р. Использование лаборатории виртуальной реальности в учебном процессе. *Вестник МГПУ. Серия «Информатика и информатизация образования»*. 2023;(3):124–129. <https://doi.org/10.25688/2072-9014.2023.65.3.12>
Mnatsakanyan V.V., Malofeev V.A., Chebotareva E.R. Using the Virtual Reality Laboratory in the Educational Process. *The Academic Journal of MCU. Series "Informatics and Informatization of Education"*. 2023;(3):124–129. (In Russ.). <https://doi.org/10.25688/2072-9014.2023.65.3.12>
5. Колсанов А.В., Гелашвили О.А., Чаплыгин С.С., Назарян А.К. VR-тренажер как объект цифровой трансформации в медицинском вузе. *Современные проблемы науки и образования*. 2021;(6). <https://doi.org/10.17513/spno.31402>
Kolsanov A.V., Gelashvili O.A., Chaplygin S.S., Nazaryan A.K. VR Simulator as an Object of Digital Transformation in a Medical University. *Modern Problems of Science and Education*. 2021;(6). (In Russ.). <https://doi.org/10.17513/spno.31402>
6. Сотников А.М., Тычков А.Ю., Золотарев Р.В., Сажнева Е.Д., Николаева М.А. Использование AR и VR в медицине. *Вестник Пензенского государственного университета*. 2021;(4):112–116.
7. Ташкенбаева Э.Н., Аннаев М., Абдиева Г.А. Влияние применения виртуальной реальности на успеваемость студентов в изучении кардиологии. *Журнал кардиореспираторных исследований*. 2022;3(4):69–74. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7366200>
Tashkenbaeva E.N., Annaev M., Abdieva G.A. The Impact of the Use of Virtual Reality on the Performance of Students in the Study of Cardiology. *Journal of Cardiorespiratory Research*. 2022;3(4):69–74. (In Russ.). <https://doi.org/10.5281/zenodo.7366200>
8. Шадеркина В.А., Лелюк А.В., Алтунин Д.В. Виртуальная реальность (VR) в педиатрии: международный и российский опыт. *Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения*. 2023;9(1):60–71. <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2023-9-1-60-71>

- Shaderkina V.A., Lelyuk A.V., Altunin D.V. Virtual Reality (VR) in Pediatrics: International and Russian Experience. *Russian Journal of Telemedicine and E-Health*. 2023;9(1):60–71. (In Russ.). <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2023-9-1-60-71>
9. Ройтберг Г.Е., Шархун О.О., Давыдова А.Ш. Технология виртуальной реальности в обучении терапевтов: в фокусе оказание экстренной и неотложной медицинской помощи. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2022;21(4S). <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2022-3372>
- Roitberg G.E., Sharkhun O.O., Davydova A.Sh. Virtual Reality Technology in Physician Education: Focus on Emergency Medical Care. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2022;21(4S). (In Russ.). <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2022-3372>
10. Осипов И.А., Феоктистов Д.А., Михайлов К.С., Ключиков А.В. Применение технологий виртуальной реальности в имитационном моделировании мобильных роботов. В сборнике: *Проблемы и перспективы цифровизации агропромышленного комплекса: материалы Международной научно-практической конференции, 07 декабря 2023 года, Саратов, Россия*. Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова; 2023. С. 80–85.
- Osipov I.A., Feoktistov D.A., Mikhailov K.S., Klyuchikov A.V. Application of Virtual Reality Technologies in Simulation Modeling of Mobile Robots. In: *Problemy i perspektivy tsifrovizatsii agropromyshlennogo kompleksa: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, 07 December 2023, Saratov, Russia*. Saratov: Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov; 2023. P. 80–85. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ключиков Аркадий Викторович, кандидат технических наук, исполняющий обязанности заведующего кафедрой «Цифровое управление процессами в АПК», Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, Саратов, Российская Федерация.
e-mail: krok9407@mail.ru
ORCID: [0000-0002-8657-6486](https://orcid.org/0000-0002-8657-6486)

Arkadii V. Kliuchikov, Candidate of Engineering Sciences, Acting Head of the Department of "Digital Process Control in the Agro-Industrial Complex", Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, the Russian Federation.

Куприн Максим Сергеевич, бакалавр, генеральный директор ООО «Гримдарк технологии», Саратов, Российская Федерация.
e-mail: kms0207@ya.ru
ORCID: [0000-0002-8657-6486](https://orcid.org/0000-0002-8657-6486)

Maksim S. Kuprin, Bachelor, General Director of Grimdark Technologies, Saratov State Technical University named after Yu.A. Gagarin, Saratov, the Russian Federation.

Феоктистов Дмитрий Алексеевич, студент, Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, Саратов, Российская Федерация.
e-mail: reyn3236@gmail.com
ORCID: [0009-0003-7948-2582](https://orcid.org/0009-0003-7948-2582)

Dmitry A. Feoktistov, Student, Saratov State Technical University named after Yu.A. Gagarin, Saratov, the Russian Federation.

Михайлов Кирилл Станиславович, студент, Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, Саратов, Российская Федерация.

Kirill S. Mikhailov, Student, Saratov State Technical University named after Yu.A. Gagarin, Saratov, the Russian Federation.

e-mail: zxcv103444@gmail.com

ORCID: [0009-0004-6685-7469](https://orcid.org/0009-0004-6685-7469)

*Статья поступила в редакцию 04.04.2025; одобрена после рецензирования 12.05.2025;
принята к публикации 21.05.2025.*

*The article was submitted 04.04.2025; approved after reviewing 12.05.2025;
accepted for publication 21.05.2025.*