

**Виталий Михайлович Гордиевских,
Вадим Наркисович Аскарлов
г. Шадринск**

Технологии виртуальной реальности применяемые в процессе подготовки будущих инженеров-программистов

С постоянным усложнением профессиональной деятельности инженера-программиста актуализируется поиск и оптимальное сочетание изучаемых в процессе подготовки технологий. В рамках данной статьи, через анализ истории развития технологий виртуальной реальности (VR), раскрывается сущность технологий и их применимость в процессе подготовки будущих инженеров программистов с целью стимуляции развития профессиональных знаний и умений, а также приобретения опыта командной разработки программных проектов. Также анализируются возможности технологий виртуальной реальности на развитие профессионально-значимых личностных качеств будущих инженеров программистов. Вместе с тем, подробно описывается стек технологий виртуальной реальности, применяемых как в разработке VR приложений, так и в процессе подготовки будущих инженеров-программистов, в частности, языки программирования, программные платформы (Game Engine), а также системы контроля версий.

Ключевые слова: инженер-программист, профессиональная подготовка будущих инженеров-программистов, виртуальная реальность, технологии виртуальной реальности, программное обеспечение для виртуальной реальности.

Источники финансирования: Исследование выполнено при финансовой поддержке научно-исследовательских работ по приоритетным направлениям деятельности вузов партнеров ШГПУ и БГПУ им. М. Акмуллы в 2024 году по теме «Технологии виртуальной реальности в процессе подготовки инженеров-программистов» (№04.24.16-3Д от 2 мая 2024 г.).

**Vitaliy Mikhailovich Gordievskikh,
Vadim Narkisovich Askarov
Shadrinsk**

Virtual reality technologies in future software engineers training

The constant complication of the software engineer professional activity makes the search for the optimal combination of technologies studied in the preparation process relevant. The article reveals the essence of virtual reality (VR) technologies and their applicability in the development of professional knowledge and skills, as well as the acquisition of experience in team software projects. The possibilities of virtual reality technologies for the development of professionally significant personal qualities are also analyzed. At the same time, the stack of virtual reality technologies used both in the development of VR apps and in the training of future software engineers is described in detail, in particular, programming languages, software platforms (Game Engine) as well as version control systems.

Keywords: software engineer, professional training of future software engineers, virtual reality, virtual reality technologies, virtual reality software.

Acknowledgements: the study was carried out with the financial support of research works on priority areas of activity of partner universities of Shadrinsky State Pedagogical University and Akmuulla Bashkir State Pedagogical University in 2024 on the topic "Virtual reality technologies in the process of training software engineers" (No.04.24.16-3D dated May 2, 2024).

Современная действительность проявляет две тенденции: технологии виртуальной и дополненной реальности развиваются и совершенствуются технологически (выше качество изображения, быстрее обработка данных и построение изображения); технологии имеют очевидный образовательный потенциал, но разработка программного обеспечения в этом направлении ведется незначительно.

Разработка программного обеспечения для технологий виртуальной и/или дополненной реальности (VR/AR) в основном идет в игровом направлении.

Вместе с тем исследований технологий виртуальной реальности в педагогике и психологии проводится крайне мало, отмечает А.Е. Войскунский [3], причины в сложности и высоких материальных затратах данных

исследований. Вместе с тем им отмечается и высокий потенциал VR технологий как нового метода и средства обучения.

Высокий образовательный потенциал технологий виртуальной реальности как нового метода и средства обучения отмечается в работах В.В. Селиванова, Л.Н. Селивановой, А.Ю. Уваровой, Э.Г. Хозе, С.С. Бекназарова.

По данным elibrary.ru наблюдается значительное увеличение публикаций по технологиям VR и их применению в сфере образования в последние три года, что подтверждается и исследованиями других ученых [15].

В то же время, разделяя позицию С.В. Челомбитко, С.И. Гусева и Е.И. Бобровой [15], отметим, что технологии VR в настоящее время не так широко применяются в деятельности вузов, а преимущественное использования VR-

технологий в школьном образовании связано со стандартными возможностями поставляемого программного обеспечения с шлемами виртуальной реальности (ВР, VR). Или программного обеспечения доступного для загрузки в шлемы VR. При этом специализированного программного обеспечения для вузов разрабатывается крайне мало, что напрямую связано с низкой готовностью будущих инженеров программистов к разработке программного обеспечения для технологий VR.

Это подтверждает актуальность практического применения VR-технологий в процессе подготовки будущих инженеров-программистов к разработке программного обеспечения для VR технологий. При этом технологии виртуальной реальности в процессе подготовки будущих инженеров-программистов могут выступать и как объект изучения и как средство интенсификации и повышения эффективности подготовки будущих инженеров программистов.

Образовательный потенциал технологий виртуальной реальности неразрывно связан с сущностью и применяемыми в ее основе технологиями.

В настоящее время технологии виртуальной реальности (VR) находят применение в таких отраслях как видеоигры, медицина, тренажеры для промышленной сферы и образования. Однако для создания программного обеспечения виртуальной реальности требует использования специализированных технологий, способных обеспечить высокую производительность, реалистичную графику и удобное взаимодействие пользователя с виртуальной средой. Изучение данных специализированных технологий в процессе подготовки будущих инженеров программистов в вузе позволяет повысить эффективность подготовки за счет внутренней мотивации к углубленному изучению технологий ВР. Для определения стека технологий, которым должен владеть будущий инженер программист, на первом этапе исследования, определимся с терминологией.

Термин виртуальная реальность (VR) представляет собой стек технологий, позволяющий погружать пользователей в сгенерированное компьютером окружение и взаимодействовать с ним, создавая эффект присутствия в виртуальном пространстве [2, 11].

Зарождение виртуальной реальности как технологии берет свое начало в середине XX века, когда появились первые прототипы устройств, позволяющие пользователю взаимодействовать с виртуальной средой. Развитие VR технологий от появления прототипов до современных устройств и ПО происходило в несколько этапов:

1. В 1960-е годы получила развитие идея симулированных миров. Одним из первых устройств являлся Sensorama, машина разработана Мортонем Хейлигом в 1962 году, которая воспроизводила стереоскопическое изображение и звук, вибрацию, а также запахи, создавая эффект присутствия в виртуальной реальности [7].

2. В 1968 году появился первый шлем виртуальной реальности под названием «The Sword of Damocles» или «Дамоклов меч», созданный американским ученым Айвеном Сазерлендом. Устройство подвешивалось к потолку из-за большого веса, на него с компьютера выводились простейшие трёхмерные объекты, а также имел первую систему отслеживания головы: гарнитура адаптировала отображение фигур под его ракурс [7, 10].

3. В 1989 году начался новый этап развития технологии VR. В этом году компания VOPPL Research представила новые устройства DataGlove и EyePhone, которые позволяли пользователям взаимодействовать с виртуальной средой с помощью движение глаз и рук. Однако высокая стоимость и вычислительные ограничения персональных компьютеров того времени стали препятствием для широкого распространения данной технологии [8].

4. В начале 2000-х годов продолжалась активная разработка бюджетных и производительных гарнитур виртуальной реальности от таких компаний, как Oculus VR, HTC и т.д.

5. В 2012 году Oculus Rift попал на Kickstarter, вызвал огромный интерес как среди энтузиастов VR, так и среди разработчиков [8]. Именно это стало отправной точкой для нового этапа в развитии виртуальной реальности, превратив то, что раньше было просто экспериментом, в реальный продукт.

6. В настоящее время технологии ВР представлены множеством мобильных систем виртуальной реальности, таких как PICO 4 Ultra, Meta Quest 3 (старое название компании Oculus), Apple Vision Pro, сочетающие в себе функции виртуальной и дополненной реальности. Они имеют более производительную систему на кристалле, технически совершенные дисплеи и наборы линз, а также продвинутый набор датчиков и камер. Благодаря высокой производительности автономные системы ВР позволяют максимально реалистично смоделировать виртуальный мир.

VR-технологии сегодня – это программно-аппаратные комплексы, создающие виртуальную моделируемую среду, окружающую пользователя цифровым пространством, приближенным к реальному.

Для этого используются системы виртуальной реальности – шлемы (гарнитуры или очки) виртуальной реальности, отображающие стереоскопические изображения и отслеживающие движения глаз, головы и тела, позволяя пользователю взаимодействовать с виртуальной средой [9].

Отметим, что в настоящее время оборудование для VR доступно для широкого применения, однако сложности возникают в разработке программного обеспечения для данного оборудования.

Программное обеспечение играет основную роль в создании, управлении виртуальным пространством, симуляции взаимодействия с виртуальными объектами, реализации обработки данных датчиков и устройств ввода, таких как контроллеры. Оно состоит из следующих компонентов: игровых движков; алгоритмов моделирования; физики виртуального мира; систем отслеживания движений; моделей взаимодействия, которые придают виртуальному миру функциональность, синхронизируя действия пользователя с виртуальной средой, получая мгновенный ответ на свои действия в этой же среде.

Разработка программного обеспечения для VR, в силу новизны и доступности оборудования, вызывает интерес к его изучению у будущих инженеров программистов. Для процесса подготовки будущих инженеров программистов внимание привлекает стек технологий, на котором основана разработка программного обеспечения современных технологий VR.

Рассмотрим основные технологии, используемые в процессе создания VR-приложений, такие как языки программирования, библиотеки, фреймворки [16] и игровые движки (Game Engine).

Одним из начальных этапов разработки программного обеспечения для VR является выбор эффективного языка программирования, который обеспечит хорошую производительность и гибкость. Наиболее часто используемые разработчиками VR-приложений языки программирования следующие: C++, C#, Blueprint и др. Данные языки применяются и для разработки других современных программных проектов, а их использование в процессе разработки проекта VR стимулирует будущих инженеров программистов к углубленному их изучению, что в целом повышает результативность подготовки. Выбор языков программирования связан с остальным стеком применяемых технологий разработки VR приложений.

1. C++ основной язык программирования для Unreal Engine, популярного игрового движка для создания игр и приложений

виртуальной реальности. Данный язык программирования используется благодаря высокой скорости выполнения и ручному контролю над памятью и ресурсами персонального компьютера, что является важным при разработке VR-приложений. Этот язык программирования применяется для создания движков и программ, требующих минимальных задержек и высокой производительности.

2. C# используется при создании игр и VR-приложений на Unity Game Engine. Данный язык обеспечивает баланс между простотой и мощностью, что делает его удобным для создания интерактивных VR-приложений.

Кроме C++ и C#, другими значимыми языками программирования для разработки VR приложений являются JavaScript, Shader languages, Python и другие языки, так как они имеют свои особенности применения для решения прикладных задач. Язык программирования JavaScript применяют для создания веб-ориентированных VR-приложений, используя библиотеки WebVR и WebXR. Данная технология позволяет быстро разрабатывать и запускать приложения виртуальной реальности в браузере, без установки дополнительного программного обеспечения на пользовательский ПК, что делает его удобным инструментом для кроссплатформенных решений. При этом JavaScript – это язык программирования, применяемый при разработке приложений для Интернет и играющий важную роль в подготовке будущего инженера программиста.

Семейство Shader languages, к которому относятся GLSL (OpenGL Shading Language) и HLSL (High-Level Shading Language) предназначены для написания шейдеров и играют большую роль в создании визуальных эффектов для приложений виртуальной реальности. Эти языки позволяют управлять рендерингом 3D графики, создавая отображение объектов на сцене, реалистичное освещение, тени и текстуры, что способствует большему погружению в виртуальный мир, улучшая качество изображения и общую атмосферу в виртуальной среде [4].

Python также используется в разработке VR, позволяя быстро создавать прототипы, используя такие библиотеки, как PyGame и Panda3D, а также писать скрипты для взаимодействия с объектами в 3D редакторе Blender. Благодаря своей простоте, данный язык программирования удобен и часто применяется в повседневной работе программиста для создания интерактивных прототипов, анализа данных, или создания сценариев для VR-приложений.

Следующий важный образовательный момент подготовки будущего инженера-

программиста в том, что создание VR-приложений предполагает применение нескольких языков программирования, каждый нацелен на решение определённых задач. C++ и C# наиболее востребованы для создания высокопроизводительных VR-игр и приложений с использованием Unity и Unreal Engine. JavaScript используется для веб-ориентированных VR-платформ с возможностью кроссплатформенной совместимости. Python удобен для быстрого прототипирования и работы с библиотеками, а шейдеры (GLSL, HLSL) - для графических эффектов и улучшения визуальной составляющей. В результате разработки приложения VR требуется умение адекватно задачам выбирать и применять максимально подходящие языки программирования, что является важной составляющей подготовки будущего инженера-программиста для решения профессиональных задач.

Приложения виртуальной реальности имеют много общего с видеоиграми, так как они создают интерактивные и иммерсивные виртуальные миры, где пользователь или игрок имеет возможность взаимодействовать с объектами и окружением [12].

В первой половине 1990-х при разработке игр-шутеров от первого лица, например, Doom, компания ID Software, начала продвигать новую концепцию: разделение кода программного продукта на основные программные компоненты (система рендеринга, физики и аудио) и контент (уровни игры, графика, игровые правила и т.п.). Подобная структура программного продукта дает ряд возможностей:

- лицензировать программный код частями, программные компоненты отдельно от контента;

- минимизировать затраты на разработку нового продукта, когда компоненты программного кода, реализующие физику игрового процесса, можно совершенствовать отдельно от контента и наоборот;

- универсальным инструментом для разработки видеоигр [5].

В дальнейшем, программный код реализующий физику игрового процесса, предоставляющий разработчикам технологию и инструменты для создания интерактивных графических приложений и игр оформился в отдельную группу программного обеспечения, получив наименование Game Engine. В специальной технической литературе Game Engine переводят как «Игровой движок», и в рамках данной статьи мы будем применять оба термина. В нашем случае, знакомство будущих инженеров программистов с специализированным программным обеспечением также важно как и, например, знакомство контент менеджером для

развертывания современных сайтов wordpress или фреймворком jango.

Современные Game Engine адаптированы для создания динамичных 3D-приложений и имеют большие возможности для работы с графикой, физикой и анимацией. Использование таких игровых движков позволяет создавать VR приложения для образовательных целей, которые обладают высоким уровнем интерактивности, погружения и реалистичности, как и в современных играх, но при этом могут передавать знания, развивать умения и навыки на значительно более высоком уровне в сравнении с другими техническими средствами обучения.

Для разработки VR-приложений, в процессе подготовки будущих инженеров программистов целесообразно применять: Unity Game Engine, Unreal Engine, или Godot Engine. Каждый из применяемых программных продуктов имеет свои особенности и ограничения.

Unity Game Engine – кроссплатформенный программный продукт разработанный компанией Unity Technologies, первая версия которого вышла в 2005 году. Unity позволяет создавать двухмерные и трехмерные игры, а также применим для разработки VR-приложений.

Unity является универсальной программной платформой, позволяющей создавать программы и игры для различных платформ, таких как Windows, IOS и Android, а также работы в виртуальной и дополненной реальности. В Unity скрипты разрабатываются на языке программирования C#. Unity находит своё применение в создании игр и VR/AR приложений, а также в анимации и симуляциях [6, 13].

В контексте разработки приложений и игр для виртуальной реальности Unity Game Engine выделяется благодаря своему инструментарию для оптимизации производительности, что играет огромную роль для обеспечения плавного погружения в виртуальную среду. Такие возможности, как поддержка шейдеров, расширенная физика, встроенные системы отслеживания движений головы и рук, позволяют разработчикам создавать реалистичные VR-приложения. Данный игровой движок предлагает широкий набор готовых плагинов и библиотек, что значительно упрощает внедрение VR-функций, например, таких как активное взаимодействие с объектами в виртуальной реальности.

Unreal Engine – игровой движок, разработанный компанией Epic Games в 1998 году, широко используемый для разработки игр и интерактивных приложений. Данный игровой движок известен фотореалистичной графикой и передовыми технологиями, такими как система Nanite для работы с высоко детализированными

объектами и Lumen для динамического освещения, что делает его идеальным для создания реалистичных миров [1].

Данный программный продукт позволяет создавать игры и интерактивные программы для: ПК, консолей (PlayStation, Xbox), мобильных устройств (IOS, Android) и VR/AR. Разработка на Unreal Engine ведется на языке визуальных сценариев Blueprints, который в значительной степени упрощает написания скриптов, а также на C++. Язык программирования C++ является основным для разработки на Unreal Engine.

Одной из ключевых особенностей Unreal Engine является использование визуального языка программирования Blueprints, с помощью которого разработчики могут быстро создавать логику проекта, что позволяет разработчикам и дизайнерам создавать VR-приложения, используя визуальную систему программирования.

Unreal Engine также имеет широкую поддержку VR-устройств, включая Oculus, HTC Vive, Valve Index и PlayStation VR, и предоставляет собственные инструменты для оптимизации производительности, что особенно критично для плавной работы VR-приложений.

Unreal Engine имеет продвинутые системы для работы с освещением, тенями и материалами, что позволяет создавать фотореалистичные сцены и улучшает эффект погружения. Этот движок идеально подходит для проектов, требующих высокой детализации и визуальной точности, таких как VR-игры, архитектурные визуализации и симуляции.

Godot Engine имеет открытый исходный код, и предназначен для разработки 2D и 3D-игр, является гибким и легковесным [14].

Godot поддерживает 2D и 3D графику и предлагает удобную и простую среду разработки. Он имеет встроенный собственный язык программирования GDScript, синтаксически похожий на Python, необходимый для написания игровых сценариев и скриптов. Кроме того, Godot поддерживает C# и множество других языков программирования.

Для разработки приложения виртуальной реальности Godot предоставляет базовые инструменты для работы с такими платформами, как Oculus и HTC Vive.

Краткий обзор программных платформ Unity, Unreal Engine и Godot проявляет как схожие возможности, так и особенности каждой из них, играющие важную роль в зависимости

от специфики разрабатываемого VR приложения.

Таким образом, технологии виртуальной реальности, как объект изучения, играют важную роль в профессиональной подготовке будущих инженеров – программистов, позволяя комплексно влиять на:

– углубленное изучение актуальных языков и сред программирования;

– системность применения различных языков программирования для решения определенных задач;

– готовность к командной работе над VR-проектами, а в дальнейшем и любыми другими;

– развитие профессионально-значимых личностных качеств (умение писать структурированный и понятный другим программный код, умение структурировать данные, владение программными библиотеками, владение несколькими языками программирования, многозадачность и умение переключаться с одной задачи на другую и др.).

Итак, применение технологий виртуальной реальности в процессе подготовки будущих инженеров программистов позволяет стимулировать развитие профессиональных знаний, умений и навыков, а также приобретение опыта командной разработки программных проектов. Вместе с тем, технологии виртуальной реальности позволяют развивать профессионально-значимые личностные качества будущего инженера программиста.

Подводя итог анализу технологий виртуальной реальности, влияющих на подготовку будущих инженеров программистов отметим:

– VR представляет собой программно-аппаратный комплекс, создающие виртуальную моделируемую среду, окружающую пользователя цифровым пространством, приближенным к реальному;

– применение VR-технологий в процессе подготовки будущих инженеров-программистов позволяет развивать профессиональные знания, умения и навыки, личностные качества, а также опыт командной разработки программных проектов;

– программную основу VR-технологий составляют языки программирования (C#, C++, Python и JavaScript), программные платформы Game Engine (Unity, Unreal Engine, Godot Engine), а также системы контроля версий (Git).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бахтин, И.В. Обзор игрового движка unreal engine / И.В. Бахтин. – Текст : непосредственный // Форум молодых ученых. – 2019. – № 8 (36). – С. 15-19.
2. Бежик, А.А. Виртуальная реальность: путь возникновения, причина угасания, есть ли перспектива развития? / А.А. Бежик, А.В. Свищёв. – Текст : электронный // E-Scio. – 2021. – № 11 (62). – URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/virtualnaya-realnost-put-vozniknoveniya-prichina-ugasaniya-est-li-perspektiva-razvitiya> (дата обращения: 22.09.2024).

3. Войскунский, А.Е. Психология и интернет / А.Е. Войскунский. – Москва : Акрополь, 2010. – 439 с. – Текст : непосредственный.
4. Гинсбург, Д. OpenGL ES 3.0 Руководство разработчика : руководство / Д. Гинсбург, Б. Пурномо ; пер. с англ. А. Борескова. – 2-е изд. – Москва : ДМК Пресс, 2023. – 449 с. – URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/392011/reading> (дата обращения: 18.11.2024). – Текст : электронный.
5. Грегори, Д. Игровой движок. Программирование и внутреннее устройство / Д. Грегори. – 3-е изд. – Санкт-Петербург : Питер, 2024. – 1136 с.: ил. – (Для профессионалов). – Текст : непосредственный.
6. Гришин, А.В. Анализ unity-разработки с использованием C# и IDE unity / А.В. Гришин, Е.В. Бычкова. – Текст : непосредственный // Информатика, управляющие системы, математическое и компьютерное моделирование (ИУСМКМ-2022) : материалы XIII Междунар. науч.-техн. конф. в рамках VIII Междунар. науч. форума Донецкой Нар. Республики, Донецк, 25–26 мая 2022 г. – Донецк : Донецкий национальный технический университет, 2022. – С. 424-426.
7. История VR: от неловких попыток до отслеживания жестов и полного погружения. – Текст. Изображение : электронные // Skillbox Media. – URL: <https://skillbox.ru/media/code/istoriya-vr-ot-nelovkikh-popytok-do-otslezhivaniya-zhestov-i-polnogo-pogruzheniya/> (дата обращения: 21.09.2024).
8. История развития виртуальной реальности. – Текст. Изображение : электронные // VirtRe. – URL: <https://virtre.ru/articles/virtual-reality/istoriya-razvitiya-virtualnoj-realnosti> (дата обращения: 22.09.2024).
9. Как работает технология виртуальной реальности. – Текст. Изображение : электронные // Блог Яндекс Практикума. – URL: <https://practicum.yandex.ru/blog/tehnologii-virtualnoy-realnosti/> (дата обращения: 22.09.2024).
10. Карлов, А.В. Виртуальная реальность. история развития / А.В. Карлов, Н.Н. Секлетова. – Текст : электронный // Экономика и социум. – 2017. – № 4 (35). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/virtualnaya-realnost-istoriya-razvitiya> (дата обращения: 21.09.2024).
11. Кирьянов, Д.А. Особенности организации и классификация интерфейсов виртуальной реальности / Д.А. Кирьянов. – Текст : электронный // Программные системы и вычислительные методы. – 2022. – № 2. – С. 25-41. – URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=38214.
12. Корнилов, Ю.В. Иммерсивный подход в образовании / Ю.В. Корнилов. – Текст : электронный // АНИ: педагогика и психология. – 2019. – № 1 (26). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/immersivnyy-podhod-v-obrazovanii> (дата обращения: 21.09.2024).
13. Линовес, Д. Виртуальная реальность в Unity / Д. Линовес ; пер. с англ. Р.Н. Рагимов. – Москва : ДМК Пресс, 2016. – 316 с. – URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/364307/reading> (дата обращения: 18.11.2024). – Текст : электронный.
14. Малкова, А.Д. Анализ возможностей кроссплатформенного игрового движка "Godot Engine" / А.Д. Малкова, С.И. Белозерова. – Текст : непосредственный // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. – 2022. – Т. 2. – С. 387-390.
15. Челомбитко, С.В. Технологии виртуальной реальности в образовательной деятельности Кемеровского государственного института культуры // С.В. Челомбитко, С.И. Гусев, Е.И. Боброва. – Текст : непосредственный // Научные и технические библиотеки. – 2023. – № 8. – С. 141–165.
16. WebVR API – интерфейсы веб API. – Текст. Изображение : электронные // MDN Web Docs. – URL: https://developer.mozilla.org/ru/docs/Web/API/WebVR_API (дата обращения: 24.09.2024).

REFERENCES

1. Bakhtin, I.V. (2019), "Review of the unreal engine game engine", *Forum of young scientists*, no. 8 (36), pp. 15-19. (in Russian)
2. Bezhik, A.A. and Svishchev, A.V. (2021), "Virtual reality: the path of emergence, the reason for its extinction, is there a prospect for development?", *E-Scio* [online], no. 11 (62). available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/virtualnaya-realnost-put-vozniknoveniya-prichina-ugasaniya-est-li-perspektiva-razvitiya> [Accessed 22.09.2024]. (in Russian)
3. Voyskunsky, A.E. (2010), *Psychology and the Internet*, Moscow: Akropol, 439 p.
4. Ginsburg, D. and Purnomo, B. (2023), *OpenGL ES 3.0 Developer's Guide: manual*, 2nd ed. [online], Moscow: DМК Press, 449 p., available from: <https://ibooks.ru/bookshelf/392011/reading> [Accessed 18.11.2024]. (in Russian)
5. Gregory, D. (2024), *Game Engine. Programming and Internal Structure*, 3rd ed., St. Petersburg, Petersburg:1136 p. (in Russian)
6. Grishin, A.V. and Bychkova, E.V. (2022), "Analysis of Unity Development Using C# and Unity IDE", *Computer Science, Control Systems, Mathematical and Computer Modeling (IUSMKM-2022): Proc. XIII Int. sci.-tech. Conf. within the framework of the VIII Intern. scientific forum of the Donetsk People's Republic, Donetsk: Donetsk National Technical University*, May 25–26, 2022, pp. 424-426. (in Russian)
7. *Skillbox Media* (2024), "From Awkward Attempts to Gesture Tracking and Full Immersion" [online], available from: <https://skillbox.ru/media/code/istoriya-vr-ot-nelovkikh-popytok-do-otslezhivaniya-zhestov-i-polnogo-pogruzheniya/> [Accessed 21.09.2024]. (in Russian)
8. *VirtRe* (2024), "History of the development of virtual reality" [online], available from: <https://virtre.ru/articles/virtual-reality/istoriya-razvitiya-virtualnoj-realnosti> [Accessed 22.09.2024]. (in Russian)

9. *Blog Yandex Praktikum* (2024), “How does virtual reality technology work” [online], available from: <https://practicum.yandex.ru/blog/tehnologii-virtualnoy-realnosti/> [Accessed 22.09.2024]. (in Russian)
10. Karlov, A.V. and Sekletova, N.N. (2017), “Virtual reality. history of development”, *Economy and society* [online], no. 4 (35), available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/virtualnaya-realnost-istoriya-razvitiya> [Accessed 21.09.2024]. (in Russian)
11. Kiryanov, D.A. (2022), “Features of the organization and classification of virtual reality interfaces”, *Software systems and computational methods* [online], no. 2, pp. 25-41, available from: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=38214. (in Russian)
12. Kornilov, Yu.V. (2019), “Immersive approach in education”, *ANI: pedagogy and psychology* [online], no. 1 (26), available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/immersivnyy-podhod-v-obrazovanii> [Accessed 21.09.2024]. (in Russian)
13. Linoves, D. (2016), *Virtual Reality in Unity*, 1st ed. [ebook], Moscow: DMK Press, 316 p., available from: <https://ibooks.ru/bookshelf/364307/reading> [Accessed 18.11.2024]. (in Russian)
14. Malkova, A.D. and Belozerova, S.I. (2022), “Analysis of the Possibilities of the Cross-Platform Game Engine "Godot Engine", *Scientific, Technical and Economic Cooperation of Asia-Pacific Countries in the 21st Century*, vol. 2, pp. 387-390. (in Russian)
15. Chelombitko, S.V., Gusev, S.I. and Bobrova, E.I. (2023), “Virtual Reality Technologies in the Educational Activities of the Kemerovo State Institute of Culture”, *Scientific and Technical Libraries*, no. 8, pp. 141–165. (in Russian)
16. *MDN Web Docs* (2024), “WebVR API – web API interfaces” [online], available at: https://developer.mozilla.org/ru/docs/Web/API/WebVR_API [Accessed 24.09.2024]. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

В.М. Гордиевских, кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры программирования и автоматизации бизнес-процессов, ФГБОУ ВО «Шадринский государственный педагогический университет», г. Шадринск, Россия, e-mail: v_gordiev@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8527-9818.

В.Н. Аскарков, студент группа 130М института информационных технологий, точных и естественных наук, инженер-программист Технопарка УПК, ФГБОУ ВО «Шадринский государственный педагогический университет», г. Шадринск, Россия, e-mail: vadas25@yandex.ru, ORCID: 0009-0008-7867-4837.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

V.M. Gordievskikh, Ph. D. in Pedagogy, Associate Professor, Department of Programming and Networking Technologies, Shadrinsk State Pedagogical University, Shadrinsk, Russia, e-mail: v_gordiev@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8527-9818.

V.N. Askarov, Student, Technopark Software Engineer, Shadrinsk State Pedagogical University, Shadrinsk, Russia, e-mail: vadas25@yandex.ru, ORCID: 0009-0008-7867-4837.