

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ TECHNICAL SCIENCES

Научная статья
УДК 004.654
ББК 32.972.133
Р 93
DOI: 10.53598/2410-3225-2022-2-301-59-66

Программно-информационная система обучения работе с оптическими прицелами (Рецензирована)

Александр Александрович Рыбанов¹, Данил Валерьевич Айсин²

^{1,2} Волжский политехнический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета, Волжский, Россия

¹ rybanoff@yandex.ru

² danilaysin@mail.ru

Аннотация. Организация процесса обучения работе с оптическими прицелами – достаточно трудоемкий процесс, включающий в себя набор действий, которые можно перевести в виртуальную среду без снижения качества обучения. Такие процессы, как ознакомление с теоретической информацией и выезд на стрелковый полигон для проведения стрельб в целях тренировки навыка прицеливания и обращения с оружием, наиболее подходят для перевода их в виртуальный режим. Для решения описанных проблем была разработана программно-информационная система обучения работе с оптическими прицелами. В статье рассмотрены программные средства, использованные для реализации системы, а также описаны обоснования для выбора в качестве средства разработки – Unreal Engine 4. Также дан краткий анализ потенциальных аналогов для рассматриваемой системы и приведены причины их непригодности для использования с целью решения описанных проблем. Кроме того, в статье приведено математическое описание расчета траектории снаряда в разработанной системе обучения.

Ключевые слова: оптический прицел, траектория снаряда, виртуальный симулятор, среда разработки игр, Unreal Engine

Original Research Paper

Software and information system for training in operation with an optical scope

Aleksandr A. Rybanov¹, Danil V. Aysin²

^{1,2} Volzhskiy Polytechnical Institute, branch of the Volgograd State Technical University, Volzhskiy, Russia

¹ rybanoff@yandex.ru

² danilaysin@mail.ru

Abstract. The organization of the process of learning to use optical scopes is a time-consuming and costly process. It includes a set of actions that can be transferred to a virtual environment without harming the quality of training. Processes such as learning theoretical information and visiting shooting range for training the aiming skill and handling weapons are most suitable for transferring to a virtual environment. To solve the described problems, it is advisable to develop a software information system for teaching how to work with optical sights. The article discusses software tools for the implementation of the proposed system, and also describes the reason for choosing Unreal Engine 4 as a development tool. A brief analysis of potential analogues for the system under consideration is also given and the reasons for their unsuitability for use in order to solve the described problems are given. In addition, the article provides a mathematical description of the physical formulas applicable to calculate the projectile trajectory in the system is being developed.

Keywords: optical scope, projectile trajectory, virtual simulator, game engine, Unreal Engine

Введение

Симуляторы для отработки умений и навыков – идеальная обучающая игровая среда. Восприятие виртуальной модели с высокой степенью достоверности позволяет качественно и быстро готовить специалистов в различных областях [1, 2]. Симуляторы, в которых реализовано взаимодействие пользователей с оптическими прицелами, в открытом доступе представлены только в виде компьютерных игр. Как правило, эти компьютерные игры относятся к жанрам «шутер от первого лица» (*first-person shooter*), «тактический шутер» (*tactical shooter*), «стелс-экшен» (*stealth action*) и «королевская битва» (*battle royale*). Важно отметить, что существует несколько подходов к реализации баллистики снаряда в компьютерных играх. Наиболее распространенные методы – это «хитскан» (*hitscan*) и «баллистика снарядов» (*projectile ballistics*).

В методе «хитскан» регистрация попадания происходит с применением техники «бросание лучей» (*ray casting*). Идея техники «бросание лучей» – это генерация луча из точки выстрела по направлению положения виртуального стрелкового оружия до пересечения с объектом и последующей обработкой действия. В данном методе оружие стреляет «лучами», которые не обладают баллистикой, не подвержены внешним физическим факторам и летят строго по прямой линии.

В методе «баллистика снарядов» каждый выпущенный снаряд рассматривается как отдельный объект, имеющий набор параметров. С параметрами этого объекта можно взаимодействовать, чтобы задать физически корректную модель поведения снаряда.

Для того чтобы оптический прицел нес в себе большую значимость, чем просто прибор для увеличения изображения, необходимо, чтобы в обучающей игре был реализован метод «баллистика снарядов». Этот метод более ресурсозатратный как по отношению к аппаратным возможностям, так и по отношению к знаниям программиста, реализующего данный функционал.

На данный момент на рынке программного обеспечения имеется большое количество сред разработки, пригодных для создания обучающих игр жанра «симуляторы». Ядро игрового приложения («игровой движок») – это базовое программное обеспечение компьютерной игры. В общем случае термин «игровой движок» применяется для того программного обеспечения, которое пригодно для повторного использования и расширения, и тем самым может быть рассмотрено как основа для разработки множества различных обучающих игр без существенных изменений [3]. Игровой используется как механическая основа обучающей игры. Он значительно упрощает разработку, зачастую способствует мультиплатформенности, а главное, обеспечивает разработчика необходимыми технологиями для создания обучающей игры жанра «симуляторы» [4].

Обзор сред разработки компьютерных обучающих игр

В работе [5] приведен рейтинг, составленный компанией G2, по результатам которого наиболее популярными инструментами для создания игр являются: *Unity*, *Unreal Engine*, *CryEngine*.

Сравнительный анализ *Unity*, *Unreal Engine* и *CryEngine* приведен в таблице 1.

Среда разработки *Unreal Engine 4* доступна на условно-бесплатной основе, имеет базу стандартных элементов для быстрого создания симуляторов для отработки умений и навыков [6]. Среда разработки *Unity* имеет крайне ограниченный встроенный функционал, предполагающий покупку готовых объектов в *Unity Asset Store* [7] либо их самостоятельную и длительную разработку. Среда разработки *CryEngine*, в отличие от *Unity* и *Unreal Engine 4*, обеспечена небольшим количеством технической документации и обучающего материала и, как следствие, высоким входным порогом и малочисленным сообществом разработчиков [8]. *Unity* и *CryEngine* значительно уступают среде разработки *Unreal Engine 4*.

Таблица 1

Сравнение сред разработки компьютерных игр
Table 1. Comparison of game development environments

Критерии	Unity	CryEngine	Unreal Engine 4
Технология реализации физики реального мира в симуляторе (<i>physics engine</i>)	PhysX	Soft Body	PhysX
Сценарный язык	C#, JavaScript	Lua Script	C++, Blueprint
Порог вхождения	Низкий	Высокий	Средний
Недостатки	Ограниченный набор готовых инструментов	– Небольшое количество документации по работе; – Ограничение и сложности при разработке сетевых игр	Для разработки приложения необходим мощный компьютер

Обзор игровых симуляторов с оптическими прицелами

Для программно-информационной системы обучения работе с оптическими прицелами наибольшее значение имеют реализации следующих функциональных возможностей: реализация механизма ввода горизонтальных и вертикальных поправок; реализация влияния, атмосферных условий на траекторию полета снаряда; возможности одиночного режима; детализация оптического прицела.

В результате рассмотрения существующих на данный момент игровых симуляторов, предполагающих использование виртуального оружия с оптическим прицелом, были выбраны следующие: *Sniper Elite 4* (sniperelitegames.com), *PlayerUnknown's Battlegrounds* (global.battlegrounds.pubg.com), *Escape from Tarkov* (escapefromtarkov.com). Данные игровые симуляторы в большей степени ориентированы на формирование базовых навыков и умений работы с оптическим прицелом.

В таблице 2 приведен сравнительный анализ функциональных возможностей симуляторов и степень качества их реализации по шкале от 0 до 7 (где 0 – качество неудовлетворительно, 7 – предельно достижимый уровень качества на современном этапе).

Таблица 2

Сравнение симуляторов для обучения работе с оптическими прицелами
Table 2. Comparison of simulators for training to operate with optical sights

Критерии	Sniper Elite 4	PlayerUnknown's Battlegrounds	Escape from Tarkov
Среда разработки	Asura	Unreal Engine 4	Unity
Реализация механизма ввода вертикальных поправок	5	4	7
Реализация механизма горизонтальных поправок	2	0	2
Реализация влияния атмосферных условий на траекторию полета снаряда	3	0	5
Возможности одиночного режима	6	2	0
Детализация оптического прицела	4	3	6

Представленные в таблице 2 результаты свидетельствуют о том, что рассмотренные выше игровые симуляторы в жанре «шутер» с реализацией реального поведения оружия недостаточно полно отвечают всем требованиям, предъявляемым к программно-информационной системе обучения работе с оптическими прицелами.

Описание структуры программно-информационной системы

Программно-информационная система обучения работе с оптическими прицелами представляет собой приложение, позволяющее выбрать одно учебное задание (из

набора предложенных), которое представляет симуляцию 3D-сцены с определенными погодными условиями стрельбы. Посредством взаимодействия с этой 3D-сценой пользователь должен выполнить поставленную задачу (поразить заданную мишень).

Каждое учебное задание представляет собой виртуальный уровень, реализованный в виде трехмерной сцены с набором интерактивных объектов. Пользователю предоставляется возможность управления персонажем на уровне, отождествленным с самим пользователем. Трехмерное окружение виртуального уровня призвано симулировать условия реального стрелкового полигона. Перед пользователем ставится задача – поразить мишень. В зависимости от выбранного задания меняются условия стрельбы: дальность до мишени и внешние атмосферные факторы. Исходя из этих параметров, пользователь должен правильно задать настройки прицела.

Основными разделами программно-информационной системы являются меню выбора уровня и виртуальный уровень. На рисунке 1 представлена структура программно-информационной системы. Находясь в меню выбора уровня, пользователь имеет возможность выбрать необходимый уровень из представленного набора, отвечающего требованиям обучающего процесса, но также пользователь может самостоятельно задать параметры индивидуального уровня для отработки умений и навыков прицеливания в интересующих атмосферных условиях.

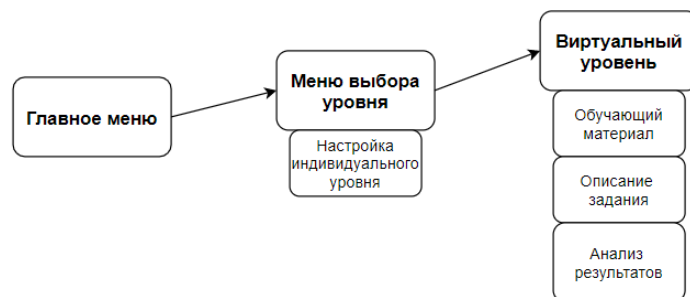


Рис. 1. Структура программно-информационной системы

Fig. 1. Structure of the software-information system

Достоинством предложенного подхода к разработке программно-информационной системы, оснащенной виртуальным уровнем с симуляцией стрельбы, является низкая трудозатратность ее применения. Однако проблемой данного подхода является трудность во взаимодействии с компьютером для определенных категорий людей, в частности людей старшего возраста.

На виртуальном уровне пользователь получает набор необходимой теоретической информации, функциональные возможности по перемещению в трехмерной сцене и использованию стрелкового оружия, оснащенного оптическим прицелом. Траектория снаряда в программно-информационной системе рассчитывается по физическим законам, симулируя реальную стрельбу. Достоверность получаемого опыта, его соотнесение с действиями, выполняемыми при реальной стрельбе, является важным требованием, которому система должна соответствовать.

Опыт использования программно-информационной системы обучения работе с оптическими прицелами можно соотнести с опытом, получаемым в компьютерных играх в жанре «шутер», в которых пользователь также обращается с огнестрельным оружием.

Математическое обеспечение программно-информационной системы

Основной задачей алгоритма расчета баллистики является построение траектории снаряда от ствола оружия до конечной точки попадания. Средствами, представленными в *Unreal Engine 4*, невозможно создать непрерывную кривую линию траекто-

рии полета пули. Решением этой проблемы является построение итоговой траектории из отдельных отрезков. Суммарно набор отрезков позволит создать ломаную линию, приближенную к непрерывной кривой линии траектории снаряда, наблюдаемой в реальной жизни.

Траектория снаряда будет строиться последовательными вызовами функции расчета конечного положения снаряда за единичный отрезок времени. При каждом повторном вызове функция получает новые входные параметры, включающие новое положение снаряда в пространстве и изменение угла наклона направления снаряда относительно горизонтальной плоскости.

За основу для вычисления значений новой координаты снаряда на оси x будет использоваться формула расчета движения тела, брошенного под углом к горизонту с некоторой высоты:

$$x = v_0 \cdot \cos(a) \cdot t, \quad (1)$$

где x – смещение по оси Ox ; v_0 – начальная скорость пули; a – угол; t – время полета.

Вычисление значения новой координаты на оси z также происходит на основе формулы расчета движения тела, брошенного под углом к горизонту с некоторой высоты:

$$z = h_0 + v_0 \cdot \sin(a) \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2}, \quad (2)$$

где z – смещение по оси Oz (высота); h_0 – высота; v_0 – начальная скорость пули; a – угол; g – ускорение свободного падения; t – время полета.

Для расчета смещение по оси Oy используется следующая формула:

$$y = \frac{s \cdot v}{c}, \quad (3)$$

где y – смещение по оси Oy (в сторону); s – дальность по оси Ox ; v – скорость ветра; c – константа для характеристик конкретного снаряда.

Набор представленных формул позволяет сформировать алгоритм для расчета единичного смещения снаряда по всем координатам.

На основе математического описания процесса вычисления траектории снаряда (1)–(3) реализована процедура, анализирующая параметры выстрела пользователя и выдающая рекомендации пользователю по выполнению прицеливания (с выставлением оценки за выполнение задания). Входные параметры выстрела, заданные действиями пользователя, сопоставляются с заранее определенными эталонными параметрами задания.

Программная реализация

Структура программно-информационной системы обучения работе с оптическими прицелами представлена на рисунке 2.

Модуль расчета баллистики снаряда выполняет построение траектории снаряда, основываясь на входных параметрах выстрела, а также учитывая внешние атмосферные факторы, искажающие траекторию полета. В основе расчетов используются формулы (1)–(3).

Модуль анализа баллистики предназначен для учета всех параметров выстрела, на основе которых производится оценивание техники прицеливания, выводится отклонение результатов выстрела от идеального результата, а также сообщаются рекомендации по выполнению прицеливания.

Общая диаграмма состояний, демонстрирующая переходы программно-информационной системы между ее компонентами, представлена на рисунке 3.

На виртуальном уровне имеется модуль расчета траектории снаряда и модуль анализа результата.

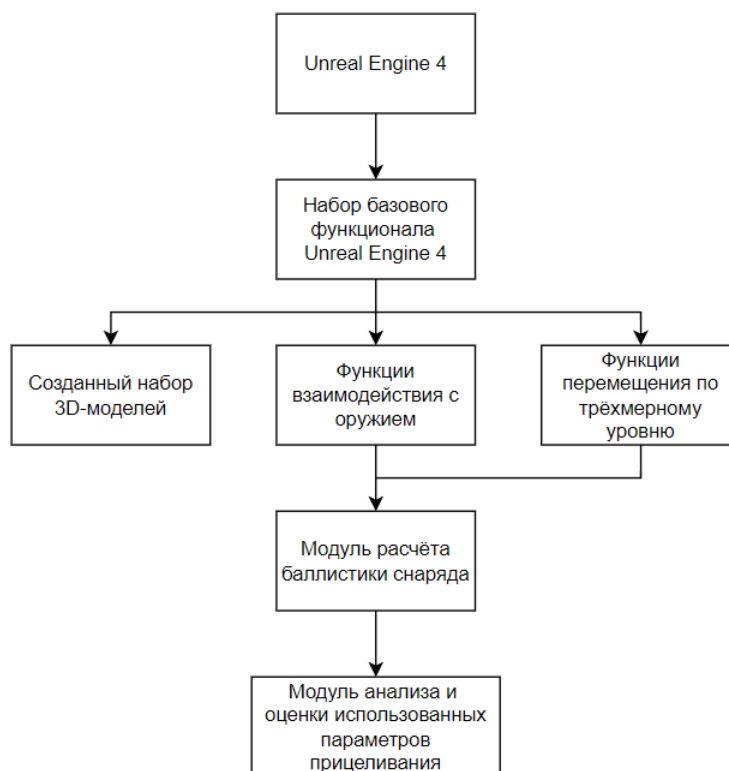


Рис. 2. Структура программно-информационной системы
 Fig. 2. Structure of the software-information system

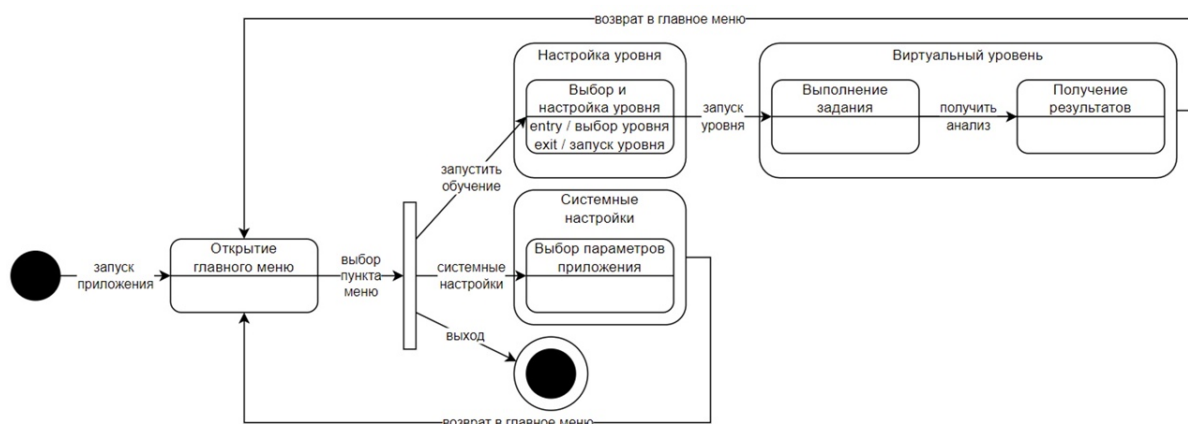


Рис. 3. Общая диаграмма состояний программно-информационной системы
 Fig. 3. General state diagram of the software-information system

Диаграмма состояний, описывающая процессы на виртуальном уровне, представлена на рисунке 4.

Для разработки системы использована среда разработки *Unreal Engine 4*. Применение данного программного обеспечения позволило использовать ряд готовых решений для реализации основного функционала трехмерного приложения и сосредоточиться на создании модулей, непосредственно связанных с задачами, поставленными перед системой.

На рисунке 5 представлены результаты промежуточного анализа выстрела на тренировочном уровне, выполненного пользователем на дистанции 500 метров до цели, при установленных значениях маховика вертикальных поправок – «5», маховика горизонтальных поправок – «0».

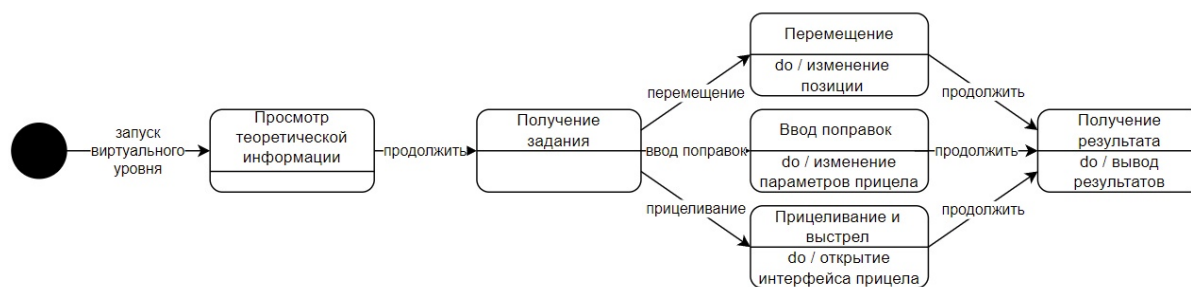


Рис. 4. Диаграмма состояний «виртуальный уровень»

Fig. 4. Virtual level state diagram

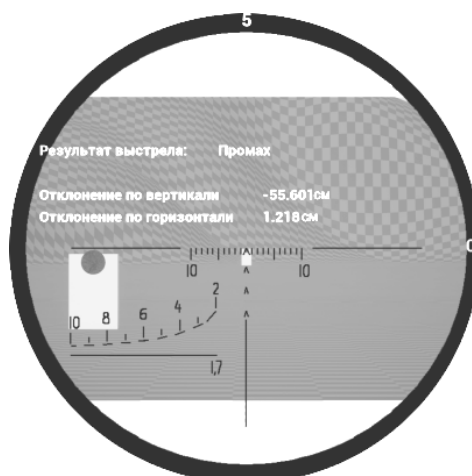


Рис. 5. Промежуточный анализ результата выстрела на тренировочном уровне

Fig. 5. Intermediate analysis of the shot result at the training level

Заключение

Предложенное в статье математическое описание расчета траектории снаряда (1)–(3), которое ориентировано для использования на виртуальном уровне программно-информационной системы обучения работе с оптическими прицелами, также эффективно и для реализации процессов анализа и выдачи рекомендаций обучающемуся на основе оценки использованных им параметров прицеливания. Порционная подача учебной информации, наличие возможности настройки индивидуальных параметров виртуального уровня, детальная реализация процесса прицеливания и расчета баллистики способствуют снижению трудоемкости процесса обучения работе с оптическими прицелами.

Примечания

1. Черняев А.О., Рыбанов А.А. Разработка и исследование алгоритмов автоматизированного проектирования логических схем реляционных баз данных // В мире научных открытий. 2010. № 4-11 (10). С. 128–129.

2. Миннегалиев Р.М. Внедрение 3D тренажера в обучение персонала // Тенденции развития науки и образования. 2021. № 74-2. С. 104–108.

3. Чутчев И.А. Современные игровые движки: корпоративные и свободно распространяемые решения // Конкурентоспособность территорий: материалы XXI Всерос. экономического форума молодых ученых и студентов, г. Екатеринбург, 23–27 апреля 2018 года: в 8 частях. Екатеринбург: Уральский гос. экономический ун-т, 2018. С. 77–80.

4. Сравнительный анализ инструментов разработки компьютерных игр / Е.В. Коптенко, М.А. Подвесовская, Е.А. Сухарев, М.В. Трунников // Вестник образовательного консорциума

Среднерусский университет. Информационные технологии. 2019. № 1 (13). С. 18–21.

5. Сейдаметов Э.Э., Шабанов А.Э. Современные средства разработки игр // Информационно-компьютерные технологии в экономике, образовании и социальной сфере. 2020. № 1 (27). С. 54–62.

6. Петриченко Л.В., Альбекова З.М. Сравнение игровых движков // Научные тенденции: Вопросы точных и технических наук: сб. науч. тр. по материалам XVIII междунар. науч. конф., г. Санкт-Петербург, 12 августа 2018 года / Международная Объединенная Академия Наук. Санкт-Петербург: ЦНК МОАН, 2018. С. 24–27.

7. Бутов Д.В., Ченгарь О.В. Анализ современного состояния и тенденции развития игровых движков и 3D-редакторов // Мир компьютерных технологий: сб. ст. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Севастополь, 02–05 апреля 2019 года / науч. ред. Е.Н. Машченко. Севастополь: ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», 2019. С. 219–223.

8. Усков М.А. Обзор преимуществ и недостатков игровых движков. Обоснование выбора инструментов и технологий разработки клиентской части игровых приложений // Globus: Технические науки. 2020. № 5 (36). С. 6–10.

References

1. Chernyaev A.O., Rybanov A.A. Development and research of algorithms for automated design of relational databases logical schemas // In the World of Scientific Discoveries. 2010. No. 4-11 (10). P. 128–129.

2. Minnegaliev R.M. Implementation of a 3D simulator in personnel training // Trends in the development of science and education. 2021. No. 74-2. P. 104–108.

3. Chutchev I.A. Modern game engines: corporate and freely distributed solutions // Competitiveness of territories: proceedings of the 21st Russian Economic Forum of Young Scientists and Students, Yekaterinburg, April 23–27, 2018: in 8 parts. Yekaterinburg: Ural State University of Economics, 2018. P. 77–80.

4. Comparative analysis of computer game development tools / E.V. Koptenok, M.A. Podvesovskaya, E.A. Sukharev, M.V. Trunnikov // Bulletin of the Educational Consortium Central Russian University. Information Technology. 2019. No. 1 (13). P. 18–21.

5. Seydametov E.E., Shabanov A.E. Modern means of game development // Information and Computer Technologies in Economics, Education and Social Sphere. 2020. No. 1 (27). P. 54–62.

6. Petrichenko L.V., Albekova Z.M. Comparison of game engines // Scientific trends: Problems of exact and technical sciences: collection of proceedings based on the materials of the 18th International Scientific Conference, St. Petersburg, August 12, 2018 / International United Academy of Sciences. St. Petersburg: TsNK MOAN, 2018. P. 24–27.

7. Butov D.V., Chengar O.V. Analysis of the current state and trends in the development of game engines and 3D editors // World of computer technologies: collection of articles of the Russian scientific and technical conference of students, graduate students and young scientists, Sevastopol, April 02–05, 2019 / scientific. ed. by E.N. Mashchenko. Sevastopol: Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “Sevastopol State University”, 2019. P. 219–223.

8. Uskov M.A. Overview of the advantages and disadvantages of game engines. Rationale for the choice of tools and technologies for developing the client part of gaming applications // Globus: Technical Sciences. 2020. No. 5 (36). P. 6–10.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 30.04.2022; одобрена после рецензирования 29.05.2022; принята к публикации 30.05.2022.

The article was submitted 30.04.2022; approved after reviewing 29.05.2022; accepted for publication 30.05.2022.

© А.А. Рыбанов, Д.В. Айсин, 2022