

Функциональная модель виртуального тренажера для организации тренировок по эвакуации

И.Н. Пожаркова^{1,2}

¹*Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Железногорск*

²*Сибирский федеральный университет, Красноярск*

Аннотация: Рассмотрены возможности использования технологий виртуальной реальности для организации противопожарных тренировок школьников. Представлена функциональная модель виртуального тренажера, построенная на основе методологии структурного анализа и проектирования, описывающая процесс разработки виртуального пространства с интерактивными элементами и организации тренировок по эвакуации учащихся на его основе. Дано смысловое описание сигналов управления функциональной модели, ее входов, механизмов и выходов. Раскрыто содержание подсистем модели. Сформулированы требования к программно-аппаратному и методическому обеспечению обучения с использованием технологий виртуальной реальности при проведении противопожарных тренировок. Приведены примеры совершенствования виртуального пространства путем использования результатов математического моделирования пожара. Обосновано применение интерактивных элементов, а также визуализации дыма и пламени в виртуальном пространстве во избежание возникновения панических состояний детей при эвакуации в условиях пожара.

Ключевые слова: виртуальная реальность, виртуальный тренажер, виртуальное пространство, пожарная безопасность, эвакуация, противопожарная тренировка, математическое моделирование пожара, образовательные технологии, функциональное моделирование.

Несмотря на общую тенденцию снижения числа пожаров, только за 2022 год в зданиях общеобразовательных организаций (ОО), учреждений дополнительного образования детей и других подобных объектов произошло 273 пожара [1]. Согласно статистическим данным, число детей школьного возраста, погибших при пожарах в 2019–2022 гг., составило 504 человека.

В нормативных документах, регулирующих порядок проведения эвакуации [2], отмечается, что значительная часть детей в условиях пожара подвержена панике в результате возникшей опасной ситуации. При этом наблюдаются два варианта панических реакций. До 85–90 % детей в состоянии паники характеризуются нарушением моторики, беспорядочными движениями, хаотичными метаниями, приводящими к взаимному травмированию, а также потерей ориентирования в окружающей обстановке.

У 10–15 % детей эмоциональный стресс проявляется, наоборот, в форме ступора, заторможенности, следствием которых является замедленная реакция на команды (взрослого, речевой системы оповещения) или вообще ее отсутствие [3].

Учитывая широкое применение технологий виртуальной реальности для решения различных образовательных задач, в том числе в сфере безопасности [4,5], представляет интерес разработка и внедрение виртуальных тренажеров в процесс обучения школьников действиям, которые необходимы для своевременной и безопасной эвакуации из здания ОО в случае пожара. Погружение ребенка в реалистичное виртуальное пространство может использоваться как дополнение к традиционным противопожарным тренировкам, организуемым персоналом школ и сотрудниками МЧС России [6].

Существующие на сегодняшний день виртуальные тренажеры, которые применяются для формирования навыков эвакуации при пожаре [7–9], направлены в первую очередь на знакомство с правильной последовательностью действий в экстремальной ситуации и включают модель условного здания, архитектурные, конструктивные и объемно-планировочные решения которого, разумеется, отличаются от характеристик конкретной школы. Следовательно, актуальной является проблема разработки виртуальных тренажеров, содержащих VR-пространство, отражающее особенности реального объекта, где проводятся противопожарные тренировки, включая расположение и функциональное назначение помещений, габариты путей эвакуации, имеющиеся системы противопожарной защиты, возможные расположения очагов пожара и т.д.

В данном материале представлена функциональная модель виртуального тренажера для формирования навыков самостоятельной эвакуации учащихся из здания школы при пожаре (рис.1–4).

Модель разработана с использованием методологии функционального моделирования IDEF0, регламентированной ГОСТ Р 50.1.028-2001, которая основана на графическом описании проектируемой системы, отражающем ее структуру и функции и представляющем собой совокупность функциональных диаграмм разного уровня детализации, блоков, входов, выходов, управления и механизмов.



Рис. 1. – Контекстная диаграмма виртуального тренажера для формирования готовности учащихся к самостоятельной эвакуации

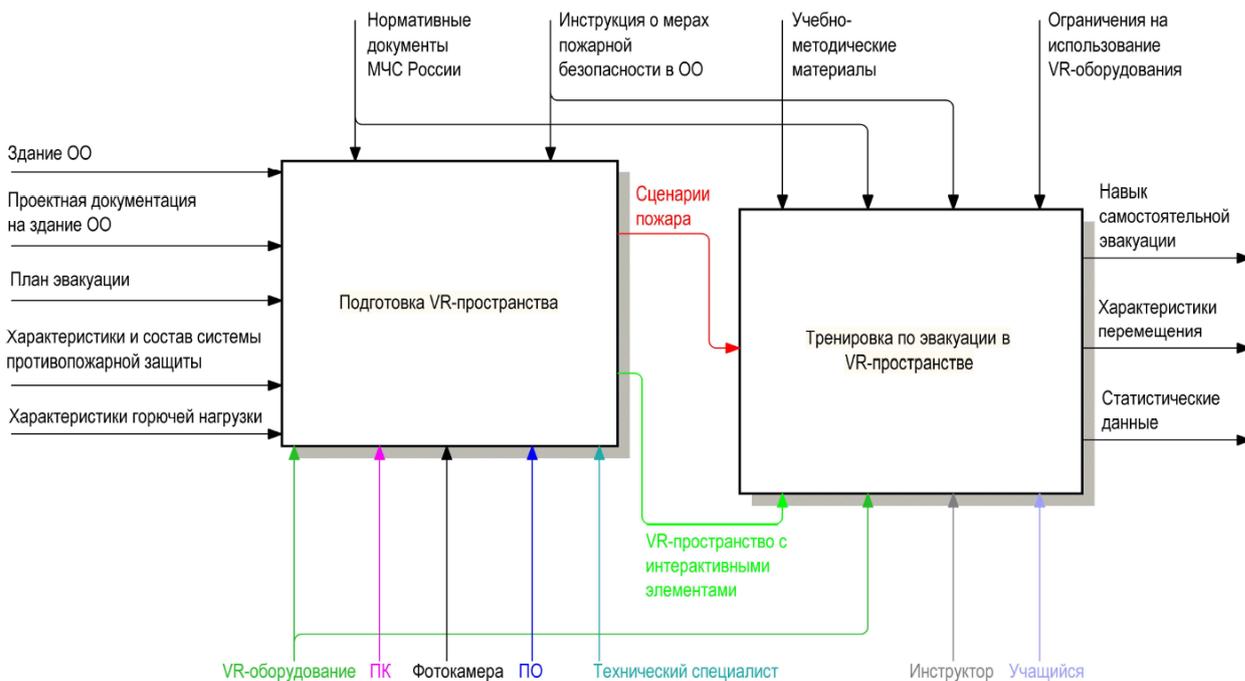


Рис. 2. – Диаграмма декомпозиции виртуального тренажера

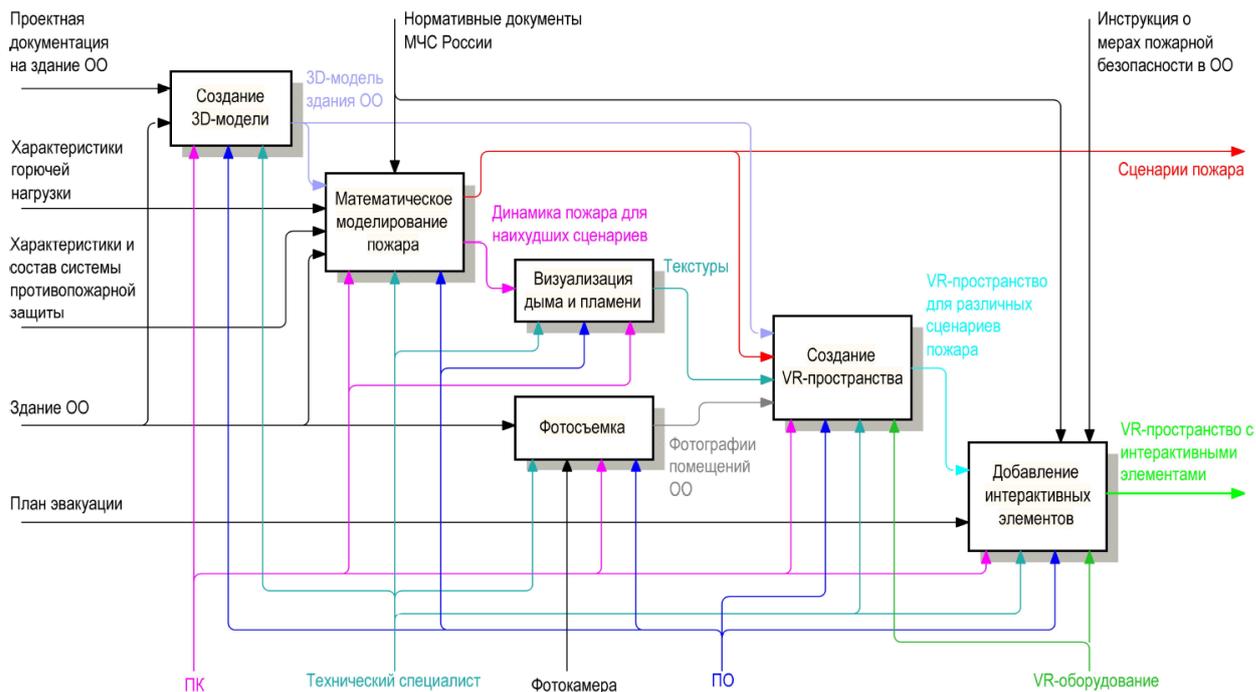


Рис. 3. – Диаграмма декомпозиции подготовки виртуального пространства

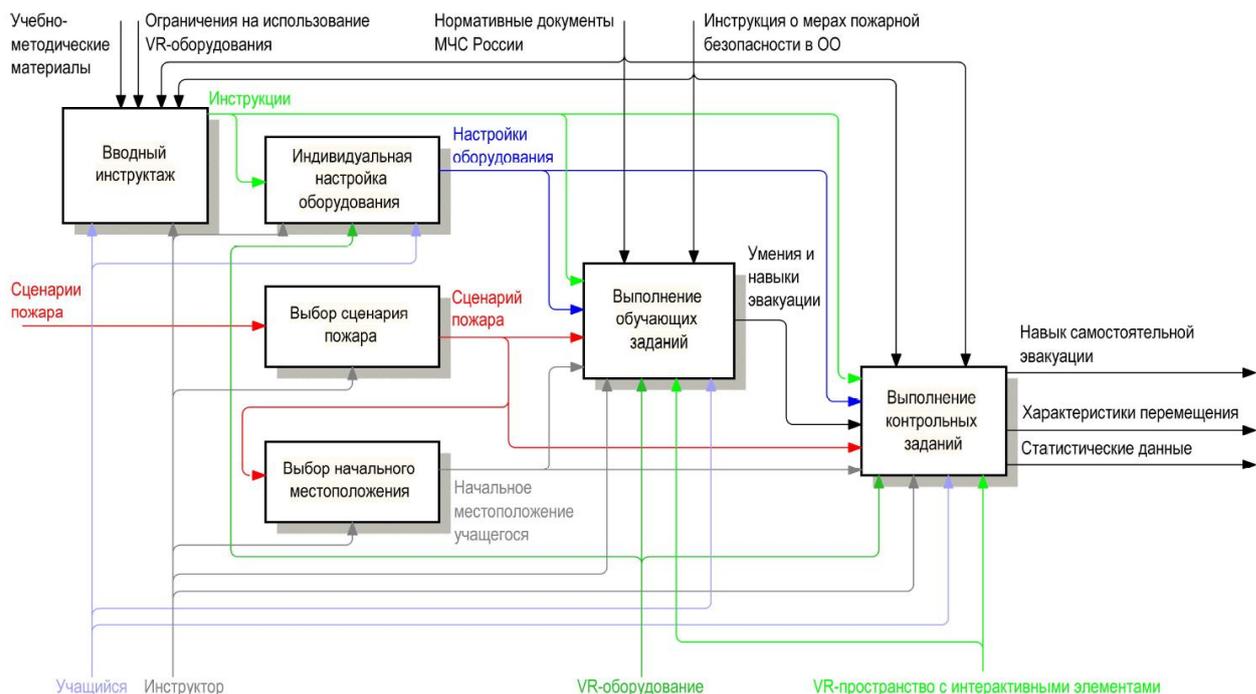


Рис. 4. – Диаграмма декомпозиции проведения тренировок по эвакуации в виртуальном пространстве

Основываясь на опыте автора по созданию обучающих виртуальных тренажеров [4,5] в функциональной модели отражены все этапы подготовки

VR-пространства, а также осуществления тренировок в виртуальной среде. Данные этапы детализированы на следующих графических диаграммах: контекстной диаграмме верхнего уровня, описывающей связь виртуального тренажера с окружающей средой (рис.1), диаграммах декомпозиции (рис.2–4), раскрывающих содержание предшествующего уровня.

Сигналы управления модели (верхняя сторона блоков) отражают ограничения, представленные положениями отечественных нормативных документов в области пожарной профилактики, требованиями к организации проведения эвакуации на объектах с массовым пребыванием людей и, в частности, общеобразовательных организаций, инструкциями о мерах пожарной безопасности в школах, планами эвакуации людей при пожарах [2]. Модель тренажера включает ограничения производителей оборудования виртуальной реальности на возраст пользователей. Кроме того, управление модели учитывает порядок проведения расчета динамики пожара согласно методике, утвержденной приказом МЧС России от 14.11.2022 № 1140, и соответствующие математические модели [6].

Входами функциональной модели (левая сторона блоков) являются характеристики, необходимые, с одной стороны для построения адекватной трехмерной модели здания ОО в виртуальной среде, с другой стороны – для возможности отображения в VR-пространстве таких визуальных эффектов, как разметка путей эвакуации и текстур, создающих реалистичную картину пожара.

Механизмы модели (нижняя сторона блоков) описывают как технические средства реализации тренажера на различных этапах, в т.ч. программное (ПО) и аппаратное обеспечение, включая персональный компьютер (ПК) и гарнитуру виртуальной реальности, так и человеческие ресурсы, а именно технического специалиста, участвующего в разработке

VR-пространства, конечных пользователей – инструктора, организующего и проводящего противопожарные тренировки и учащегося.

Выходы модели (правая сторона блоков) соответствуют результатам использования виртуального тренажера. К ним относятся выработанные навыки учащегося по самостоятельной эвакуации из здания ОО в случае пожара и характеристики его перемещения, требующиеся для оценки эффективности тренировки в VR-пространстве. Кроме того, формируются статистические данные на основе анкетирования участников, которое направлено на исследование: психофизиологического состояния в результате взаимодействия с оборудованием и виртуальной средой (наличие страха, тревоги, киберукачивания, дискомфорта и т.д.); удобства пользовательского интерфейса и навигации; целесообразности использования имеющихся в виртуальном тренажере интерактивных элементов и пожеланий по расширению их перечня.

Следует отметить следующие преимущества виртуального тренажера, создаваемого на основе предложенной модели:

1. Трехмерная модель здания в виртуальной среде является цифровым двойником реальной школы (рис.5,а) и учитывает не только геометрию объекта, но и воссоздает фактуру отделочно-строительных материалов, уровень освещенности, расстановку мебели, направления открывания дверей и т.п. Технически подобное реалистичное пространство с необходимыми текстурами и объемными предметами может создаваться либо в среде трехмерного моделирования, например Blender и Unity [4], либо на основе панорам помещений здания с углом обзора 360° [5].

2. В виртуальное пространство добавляются текстуры, визуализирующие опасные факторы пожара. Например, опасный фактор пожара «снижение видимости в дыму», количественно характеризуется дальностью видимости, выражаемой в метрах. Значения данной величины в

различных точках здания, а также площадь пламенной зоны могут быть вычислены на основе математического моделирования пожара [6], а затем визуализированы в специальном приложении, например, Smokeview (рис.5, б). Следующим этапом является сохранение текстур дымового слоя и огня, полученных в результате компьютерного расчета, и добавление их в VR-пространство с целью придания достоверности картине пожара (рис.5, в) для выбранного сценария его развития. Подобная реалистичная среда позволит наглядно продемонстрировать учащимся сложности ориентации в задымленном здании и подготовить к возможной необходимости изменения привычного пути эвакуации при его блокировании опасными факторами пожара.

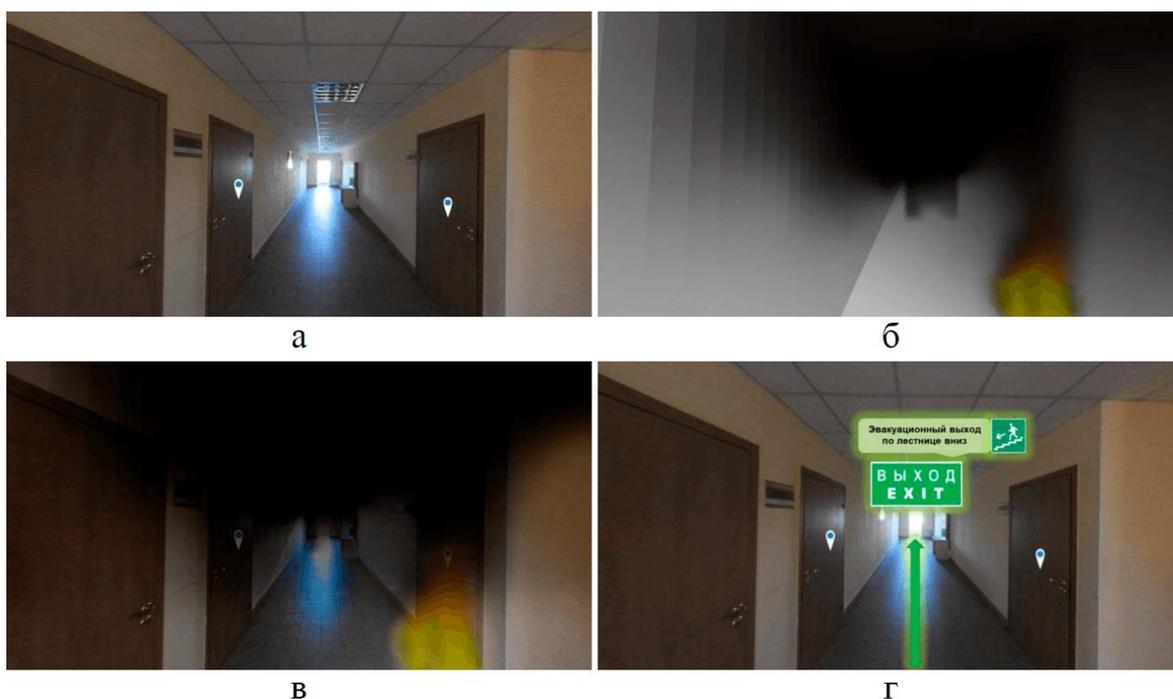


Рис. 5. – Создание VR-пространства: а – фрагмент виртуального здания; б – визуализация дыма и пламени, построенная на основе результатов математического моделирования пожара; в – виртуальное пространство с наложенными текстурами «дым» и «пламя»; г – виртуальное пространство в обучающем режиме с наложенными путями эвакуации и эвакуационными знаками

3. Виртуальный тренажер содержит интерактивные элементы, которые позволяют организовать различные режимы тренировок. В частности, в VR-пространство целесообразно добавить подсказки, разметку с направлениями движения к выходу из здания в соответствии с обозначенными в графической части плана эвакуации (для обучающего режима) (рис.5, г) и тестовые задания (для контрольного режима), определяющие правильное поведение учащегося при пожаре в соответствии с рекомендациями нормативных документов, в тех случаях, когда возможен выбор нескольких вариантов. Например, в каком направлении начать эвакуацию, в какой момент и кому сообщить о возникновении пожара, где находиться и кому сообщить о своем местонахождении, покинув здание и т.д.

4. Виртуальный тренажер позволяет отработать эвакуацию при любом количестве возможных опасных ситуаций с учетом как расположения очага пожара и динамики распространения опасных факторов, так и первоначального места нахождения школьника в здании.

Следует отметить еще одну возможную сферу применения описанного виртуального тренажера. Зачастую типовые инструкции по пожарной безопасности не учитывают особенности организации эвакуации в различных климатических зонах. В частности, в условиях экстремально низких температур, наблюдающихся в северных районах Российской Федерации в течение значительной части учебного года, должны быть предусмотрены помещения для пребывания детей без верхней одежды после эвакуации из здания школы, в том числе, в ближайших жилых домах, предоставлены автобусы на прилегающей территории для размещения учащихся и тому подобные безопасные места сбора. В виртуальном пространстве может быть предусмотрена отработка навыков эвакуации из здания ОО как в теплое, так и в холодное время года.

Потенциальным направлением для будущих исследований является детализация и расширение функциональной модели тренажера с учетом, с одной стороны, существующих технологических возможностей, с другой стороны – целесообразности внедрения реалистичной тактильной, звуковой и обонятельной обратной связи VR-пространства со школьником [6,10] для обеспечения воздействия на все сенсорные системы организма ребенка, что повысит уровень реализма виртуальной среды и усилит эффект присутствия в ней.

Литература

1. Пожары и пожарная безопасность в 2022 году: информационно-аналитический сборник. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2023. 80 с.
 2. Организация тренировок по эвакуации персонала предприятий и учреждений при пожаре / Под ред. Г.Н. Кириллова. М.: М-во Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Упр. гос. пожарного надзора, Ин-т риска и безопасности, 2007. 43 с.
 3. Карманчиков А.И., Тройникова А.А. Прогнозирование и формирование оптимального поведения человека в чрезвычайных ситуациях // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Педагогика, психология. 2014. №4. С. 66–69.
 4. Пожаркова И.Н., Трояк Е.Ю., Слепов А.Н., Горбунов А.С. Разработка виртуального тренажера исследования признаков аварийных режимов работы электрических приборов и оборудования // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2022. №3 (26). С. 48–54.
 5. Pozharkova I., Lagunov A., Slepov A., Gaponenko M., Troyak E., Bogdanov A. Virtual reality technology application to increase efficiency of fire investigators' training // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2020. №1226. pp. 295–303.
-

6. Пожаркова И.Н. Формирование готовности учащихся к самостоятельной эвакуации с использованием иммерсивного обучения // Педагогический журнал. 2021. Т.11. №6-1. С. 406–422.

7. Feng Z, Gonzalez V.A., Amor R., Lovreglio R., Cabrera-Guerrero G. Immersive virtual reality serious games for evacuation training and research: A systematic literature review // Computers & Education. 2018. №127. pp. 252–266.

8. Smith S, Ericson E. Using immersive game-based virtual reality to teach fire-safety skills to children // Virtual reality. 2009. №13 (2). pp. 87–99.

9. Елизаров А.Е., Евстифеев М.Ю., Трахин А.М. Практико-ориентированная интерактивная тренажерная система на базе виртуальных 3d моделей «VRШКОЛА: VРОБЖ» (VRШКОЛА: VРОБЖ). Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2020612646 // Бюллетень, 2020, №3 URL: elibrary.ru/download/elibrary_42585914_21065652.PDF.

10. Хороших П.П., Сергиевич А.А., Баталова Т.А. Иммерсивные образовательные среды: психофизиологический аспект // Психология и Психотехника. 2021. №1. С. 78–88.

References

1. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2022 godu: informacionno-analiticheskij sbornik [Fires and fire safety in 2022: information and analytical collection]. Balashiha: FGBU VNIPO MCHS Rossii, 2023. 80 p.

2. Kirillov G.N. Organizaciya trenirovok po evakuacii personala predpriyatij i uchrezhdenij pri pozhare [Organization of trainings for evacuation of personnel of enterprises and institutions in case of fire under general]. M: M-vo Rossijskoj Federacii po delam grazhdanskoj oborony, chrezvyčajnym situacijam i likvidacii posledstvij stihijnyh bedstvij, Upr. gos. pozharnogo nadzora, In-t riska i bezopasnosti, 2007. 43 p.



3. Karmanchikov A.I., Troynikova A.A. Vektor nauki Tol'yattinskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Pedagogika, psikhologiya. 2014. №4. pp. 66–69.
4. Pozharkova I.N., Troyak E.Yu., Slepov A.N., Gorbunov A.S. Sibirskii pozharno-spasatel'nyi vestnik. 2022. №3 (26). pp. 48–54.
5. Pozharkova I., Lagunov A., Slepov A., Gaponenko M., Troyak E., Bogdanov A. Advances in Intelligent Systems and Computing. 2020. №1226. pp. 295–303.
6. Pozharkova I.N. Pedagogicheskii zhurnal. 2021. V.11. №6-1. pp. 406–422.
7. Feng Z., Gonzalez V.A., Amor R., Lovreglio R., Cabrera-Guerrero G. Computers & Education. 2018. №127. pp. 252–266.
8. Smith S., Ericson E. Virtual reality. 2009. №13 (2). pp. 87–99.
9. Elizarov A.E., Evstifeev M.Yu., Trakhin A.M. Byulleten', 2020, №3 URL: elibrary.ru/download/elibrary_42585914_21065652.PDF.
10. Khoroshikh P.P., Sergiyevich A.A., Batalova T.A. Psihologiya i Psihotekhnika. 2021. №1. pp. 78–88.

Дата поступления: 17.04.2024

Дата публикации: 30.05.2024