



ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИНКЛЮЗИВНОМ ОБРАЗОВАНИИ

DIGITAL TECHNOLOGY FOR INCLUSION

DOI 10.22363/2312-8631-2022-19-3-208-223

УДК 376.22

Научная статья / Research article

Применение технологии виртуальной реальности в инклюзивном образовании лиц с полным или частичным поражением нижних конечностей

Р.Э. Асланов¹, А.А. Большаков², А.В. Гриншкун³¹Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,
Москва, Россия²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия³Институт коррекционной педагогики Российской академии образования,
Москва, Россия aslanov.boxing@mail.ru

Аннотация. Проблема и цель. Ежегодный рост численности лиц с ограниченными возможностями здоровья обуславливает актуальность проблемы инклюзивного образования, для решения которой требуются новые средства обучения, обладающие более высокой интерактивностью и наглядностью, по сравнению с классическими инструментами. Одним из способов решения данной проблемы является применение технологии виртуальной реальности, что позволит повысить уровень комфорта образовательной среды для студентов с ограниченными возможностями здоровья. *Методология.* Основным объектом для исследования выбран иммерсивный виртуальный симулятор, разработанный для обучения студентов с ограниченными возможностями здоровья по техническому направлению. На примере симулятора демонстрируется решение для интерактивной подачи образовательного материала по специальности, комфортной для восприятия. Анализ численности лиц с ограниченными возможностями здоровья и числа студентов с ограниченными возможностями здоровья в среднем профессиональном и высшем образовании проводился с использованием открытых источников, таких как sftr.ru и rosstat.gov.ru. *Результаты.* Приведены определения для понимания технологии виртуальной реальности и решений, реализуемых в виде симуляторов, используемых как тренажеры с особым подходом к восприятию информации. Рассмотрены особенности применения инновационного решения для инклюзивного образования на основе разработанного иммерсивного виртуального симулятора по техническому обслуживанию персональных компьютеров. *Заключение.* В процессе выполнения исследовательской работы с использованием различных средств анализа виртуального симулятора

© Асланов Р.Э., Большаков А.А., Гриншкун А.В., 2022

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

изучены основные сферы применения виртуальной реальности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и сделаны выводы о перспективах применения технологии виртуальной реальности в инклюзивном образовании.

Ключевые слова: иммерсивные технологии, инклюзивное образование, виртуальная реальность, трехмерная визуализация, компьютерные тренажеры, мультимедийное обучение

История статьи: поступила в редакцию 2 марта 2022 г.; доработана после рецензирования 15 апреля 2022 г.; принята к публикации 6 мая 2022 г.

Для цитирования: Асланов Р.Э., Большаков А.А., Гриншкун А.В. Применение технологии виртуальной реальности в инклюзивном образовании лиц с полным или частичным поражением нижних конечностей // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. 2022. Т. 19. № 3. С. 208–223. <http://doi.org/10.22363/2312-8631-2022-19-3-208-223>

Application of virtual reality technology in inclusive education of persons with complete or partial lower limb injury

Roman E. Aslanov¹, Alexander A. Bolshakov²,
Aleksandr V. Grinshkun³

¹National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

²Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia

³Institute of Correctional Pedagogy of the Russian Academy of Education, Moscow, Russia

 aslanov.boxing@mail.ru

Abstract. *Problem and goal.* The annual growth in the number of people with disabilities determines the relevance of the problems of inclusive education, the solution of which requires new teaching aids that are more interactive and visual than classical tools. This problem necessitates the use of innovative solutions, one of which is the use of virtual reality technology as a way of interactive communication of information and a comfortable environment for students with disabilities. *Methodology.* The main object of the study is an immersive virtual simulator designed for teaching disabled students in a technical direction. Using the example of the simulator, a solution for interactive and comfortable for perception transfer of knowledge in the specialty is demonstrated. The analysis of the number of persons with disabilities and the number of students with disabilities in secondary vocational and higher education was carried out using open sources, such as sfri.ru and rosstat.gov.ru. *Results.* Definitions are given for understanding the essence of virtual reality technology and solutions, in the form of simulators suitable as simulators with a unique approach to information perception. Consideration of the developed immersive virtual simulator for the maintenance of personal computers in a broad context allowed us to reflect the features of the application of innovative solutions for inclusive education. *Conclusion.* In the process of carrying out research work using various means of analysis virtual simulator, the main areas of application of virtual reality for people with disabilities are considered and appropriate conclusions are drawn about the use of virtual reality technology in inclusive education.

Keywords: immersive technologies, inclusive education, virtual reality, three-dimensional visualization, computer simulators, deep learning

Article history: received 2 March 2022; revised 15 April 2022; accepted 6 May 2022.

For citation: Aslanov RE, Bolshakov AA, Grinshkun AV. Application of virtual reality technology in inclusive education of persons with complete or partial lower limb injury. *RUDN Journal of Informatization in Education*. 2022;19(3):208–223. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2312-8631-2022-19-3-208-223>

Проблема и цель. По данным Федерального реестра инвалидов РФ количество детей-инвалидов с каждым годом стабильно растет с ориентировочной тенденцией в 20 000 человек. Поэтому актуальной задачей является разработка решений для получения образования лицами с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ). Безусловно, базовой проблемой инклюзивного образования в сегодняшние дни является создание безбарьерной образовательной среды. Таким образом, требуются универсальные решения для передачи информации детям с ограниченными возможностями здоровья, которые испытывают сложности при получении необходимых знаний о профессии при стандартных средствах обучения.

Для наглядности проблематики инклюзивного образования проведен анализ численности лиц с ОВЗ и числа студентов-инвалидов в среднем профессиональном образовании (СПО) и высшем образовании (ВО), начиная с 2017 по 2022 г., с использованием сайтов sfri.ru и rosstat.gov.ru. Результаты анализа представлены на рис. 1–2:

– численность лиц с ОВЗ в возрасте 15–17 лет – 150 691, а в возрасте 18–30 лет – 489 321;

– численность студентов-инвалидов, обучающихся по профессиональным образовательным программам – 65 145.

Исходя из данных, полученных в результате анализа, следует, что количество лиц с ОВЗ, получающих образование на порядок меньше общего количества людей-инвалидов студенческого возраста. Несмотря на ежегодный рост числа студентов-инвалидов в профессиональном образовании, большинство по-прежнему остается без возможности получения профессиональных знаний.

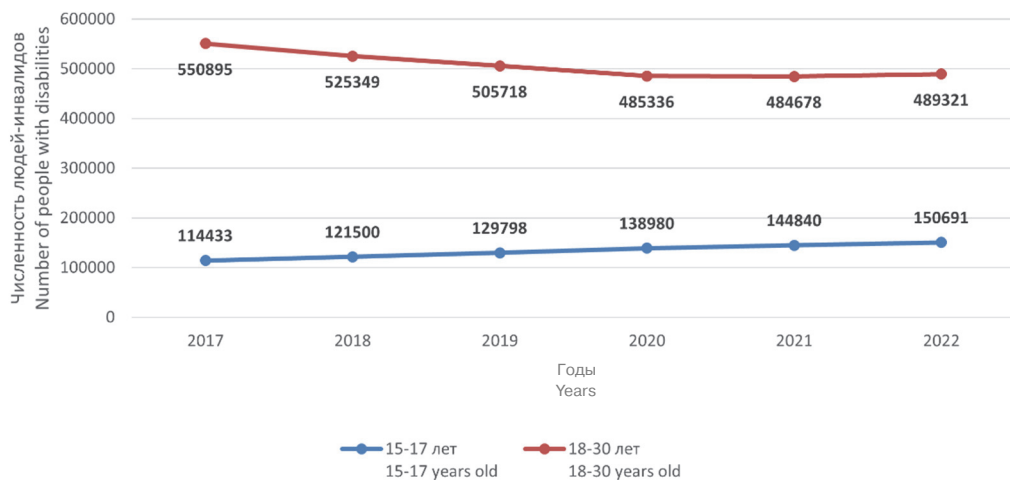


Рис. 1. Динамика численности лиц с инвалидностью студенческого возраста в РФ
Figure 1. The number of persons with disabilities of student age

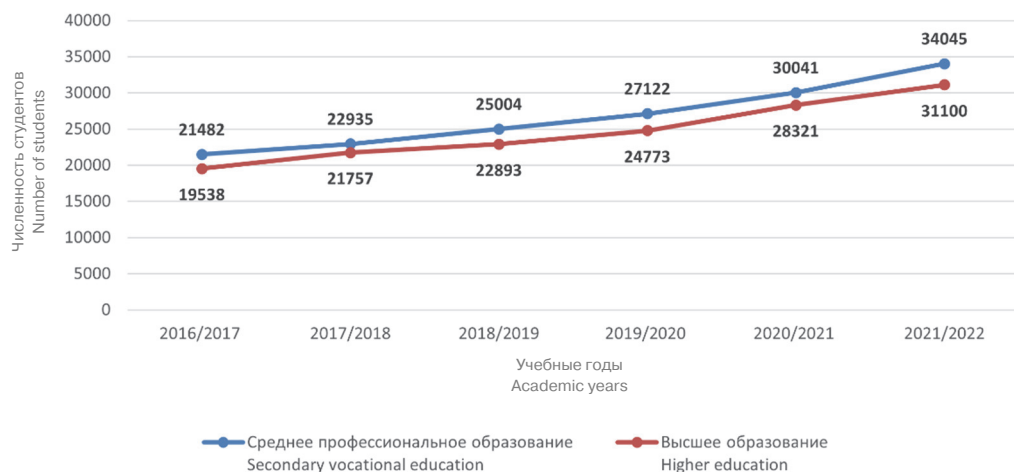


Рис. 2. Динамика численности студентов с инвалидностью, обучающихся по профессиональным образовательным программам
Figure 2. The number of disabled students enrolled in professional educational programs

Современный мир характеризуется постоянными разработками инновационных решений в различных сферах жизнедеятельности человека, что позволяет упрощать, ускорять и автоматизировать большинство технологических процессов. Применение инновационных технологий не только в сфере промышленного производства показывает, что можно существенно расширить способы их применения, в том числе в социальной сфере.

Одним из таких инновационных решений является виртуальная реальность (VR). Эта технология позволяет «погружать» человека в разные миры, а также производить реалистичные симуляции множества ситуаций, в которых пользователю необходимо принять решение. В современном мире виртуальная реальность применяется в большинстве сфер жизнедеятельности людей: промышленность, развлечения, медицина, оборонная отрасль и особенно образование¹.

Применение иммерсивных автоматизированных виртуальных симуляторов в образовании получило большую популярность, так как это инновационное решение позволяет создавать виртуальные лабораторные и практические работы по различным предметам: физика, химия, астрономия, биология и др., использовать игровой подход к обучению в сочетании с комфортной и адаптированной виртуальной средой, а также погружать будущих специалистов в их потенциальное рабочее место, чтобы протестировать собственные теоретические знания на практике и получить виртуальный опыт, при этом без опасности за жизнь и здоровье, с использованием недоступного оборудования, а также без последствий при неудачной попытке [1–7].

Виртуальная реальность – инновационное решение для инклюзивного образования, так как помогает погрузить лиц с ОВЗ в комфортную обстановку

¹ Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2021660861. Лаборатория универсальной токарной и фрезерной обработки в среде виртуальной реальности (VR) / Р.Э. Асланов, И.А. Артемьев, А.А. Фролов, Р.Р. Хаббатуллин, И.Н. Шишкин; заявка № 2021615879 от 17.04.2021; зарег. 02.07.2021.

ку, где они смогут наглядно изучать необходимые темы в интерактивном формате, в условиях приближенных к реальным. При этом технология на текущий момент не способна помочь всем категориям лиц с ОВЗ, однако «это только вопрос времени», так как она динамично развивается.

Методология. Представлены результаты разработки виртуального симулятора по техническому обслуживанию персональных компьютеров как пример применения технологии виртуальной реальности в инклюзивном образовании лиц с полным или частичным поражением нижних конечностей [8]. Основной целью разработки является демонстрация возможностей иммерсивной автоматизированной виртуальной тренировочной системы как способа интерактивного восприятия информации и особого решения задачи безбарьерной образовательной среды для студентов-инвалидов.

Разработка направлена на подготовку лиц с ОВЗ как специалистов, занимающихся сборкой, конфигурированием, консультацией и техническим обслуживанием комплектующих персонального компьютера (ПК). Эта сфера деятельности хорошо подходит маломобильным людям, так как работа осуществляется вручную, без необходимости в перемещении.

Актуальность разработанного симулятора виртуальной реальности по техническому обслуживанию персональных компьютеров подтверждается современным подходом создания инновационного решения, которое в дальнейшем может стать одним из основных способов обучения студентов с ограниченными возможностями здоровья.

Объектом исследования является процесс обучения по техническим специальностям лиц с ограниченными возможностями здоровья с полным или частичным поражением нижних конечностей.

Предмет исследования – способ внедрения иммерсивного виртуального симулятора по техническому обслуживанию персональных компьютеров в инклюзивное образование студентов с ограниченными возможностями здоровья.

Результаты и обсуждение. Виртуальная реальность – это трехмерный мир, созданный с применением компьютерной графики, который человек воспринимает с использованием специальных устройств.

Виртуальная реальность может воздействовать на многие органы чувств человека. Созданное виртуальное пространство воспринимается максимально естественным.

Виртуальные симуляторы воспринимаются в качестве особой разновидности средства обучения. Специализированные для формирования учебных и практических навыков у обучающихся, симуляторы относятся к средствам профессиональной подготовки наряду с техническими средствами передачи информации, проверки знаний, самообучения, а также дополнительным комбинированным средством обучения. Их функционально-техническое назначение, базовые характеристики и правила подтверждения соответствия описаны в соответствующем национальном стандарте.

Принцип работы тренажеров с использованием виртуальной реальности в основном заключается в активном применении программно-аппаратного обеспечения, в котором реализованы симуляции сценариев. Взаимодействие

с тренажером происходит с на основе специальных устройств: шлема виртуальной реальности, манипуляторов, перчаток-контролеров и возможным дополнительным оборудованием, в зависимости от качества симуляции. Тренажеры в большинстве спроектированы для реализации работы в трех режимах: обучение, тренировка, экзамен.

Режим обучения симулирует ситуацию, в которой будущему работнику требуется выполнить ряд действий. Система формирует соответствующие подсказки и советы, как выполнять работу безопасно и правильно.

Режим тренировки рассчитан на выполнение обучающим требуемых действий самостоятельно, без оказываемой системой помощи. В случае нарушения требований безопасности, неправильной последовательности действий или неверно выполненного задания система сообщит об этом незамедлительно или продемонстрирует некорректные действия после выполнения задания.

Итоговый режим подобных тренажеров подразумевает проведение экзамена, который аналогичен режиму тренировки, однако в результате позволяет определить степень готовности сотрудника к работе. В случае не сдачи экзамена обучающийся отправляется на переподготовку.

Рассмотрим разработанное решение подхода к инклюзивному образованию лиц с ОВЗ в виде иммерсивного виртуального симулятора по техническому обслуживанию персональных компьютеров (ТОПК), адаптированного для категории студентов с ограниченными возможностями здоровья с полным или частичным поражением нижних конечностей.

Разработанная система включает следующие организационно-технические модули, обеспечивающие функционирование системы, каждый из которых объединяет подсистемы в соответствии с их назначением.

- Модуль ведения базы данных:
 - подсистема администрирования базы данных;
 - подсистема обработки запросов.
- Модуль обучения проведения работ по ТОПК:
 - подсистема помощи при выполнении работ по ТОПК;
 - подсистема предоставления данных по комплектуемым ПК.
- Модуль выполнения работ по ТОПК:
 - подсистема контроля выполняемой работы;
 - подсистема симуляции реальных задач, связанных с обслуживанием ПК;
 - подсистема выполнения реальных действий по обслуживанию ПК.
- Модуль проверки выполненной работы по ТОПК:
 - подсистема анализа выполненной работы;
 - подсистема выставления оценки по выполненной работе;
- Модуль формирования отчета.

Подсистема администрирования базы данных (БД) поддерживает процессы управления данными симулятора, обеспечивая целостность и работоспособность. Функциональность подсистемы основывается на технологических решениях системы управления базой данных и технических регламентах в области работ по хранению, обработке и предоставления данных пользователю.

Подсистема обработки запросов предназначена для выполнения процессов работы с БД по информационному содержанию, организует и управляет процессами доступа к БД.

Подсистема помощи при выполнении работ по ТОПК предназначена для реализации процессов по предоставлению подсказок пользователю по виртуальному взаимодействию с объектами и техническому обслуживанию ПК.

Подсистема предоставления данных по комплектующим ПК предназначена для обучения студента с ограниченными возможностями здоровья устройству и функционированию составных частей ПК.

Подсистема контроля выполняемой работы предназначена для реализации процессов контроля выполнения работ по техническому обслуживанию ПК для визуального отображения процесса выполняемых работ с сопровождающими статусами определенных задач, имеющих статус «Выполнено» или наоборот «Не выполнено».

Подсистема симуляции реальных задач, связанных с обслуживанием ПК, предназначена для выполнения процессов по формированию задач студенту с ограниченными возможностями здоровья по обслуживанию ПК, основанных на существующих жизненных ситуациях, которые могут возникнуть у специалиста в будущем при исполнении рабочих обязанностей.

Подсистема выполнения реальных действий по обслуживанию ПК предназначена для подробной симуляции действий сотрудника сервисного центра при проведении мастерских работ с ПК.

Подсистема анализа выполненной работы предназначена для реализации процессов оценки качества выполнения работ по техническому обслуживанию ПК, основанных в соответствии с заложенными в системе образцами выполненной работы и порядком выполнения и подведения результатов по выполненной работе.

Подсистема выставления оценки по выполненной работе формирует оценку по окончании выполнения всех действий на основе составленного отчета по выполненной работе, который формируется в подсистеме анализа выполненной работы.

Для подробного отражения работы виртуального симулятора создана блок-схема алгоритма, на которой демонстрируется функционал проекта с распределенными на различные модули подсистемы, вызывающиеся в процессе выполнения основного алгоритма работы (рис. 3).

Разработанный виртуальный симулятор имеет следующую структуру: ресурсами, выполняющими работу, являются преподаватели и студенты с ограниченными возможностями здоровья, которые в процессе деятельности работают с объектами, используемыми и преобразуемыми работой для получения результата, такими как данные о комплектующих, шаблон для составления отчета по выполненной работе и действия, совершаемые пользователем при работе симулятора. Управление и осуществление контроля выполнения работ по техническому обслуживанию ПК осуществляется специальной системой, анализирующей работу по специальным критериям, что на выходе обеспечивает выполненную работу с оценочной ведомостью по ней. Вышеописанные данные указаны в контекстной диаграмме (рис. 4).

Также спроектирована диаграмма прецедентов (рис. 5) для демонстрации функциональной части виртуального симулятора специалиста по техническому обслуживанию персональных компьютеров, субъектов, а именно студентов с ограниченными возможностями здоровья и преподавателей, имеющих возможность производить взаимодействия, и, собственно, процессов и последовательностей процессов выполнения функций определенными субъектами [9–14].

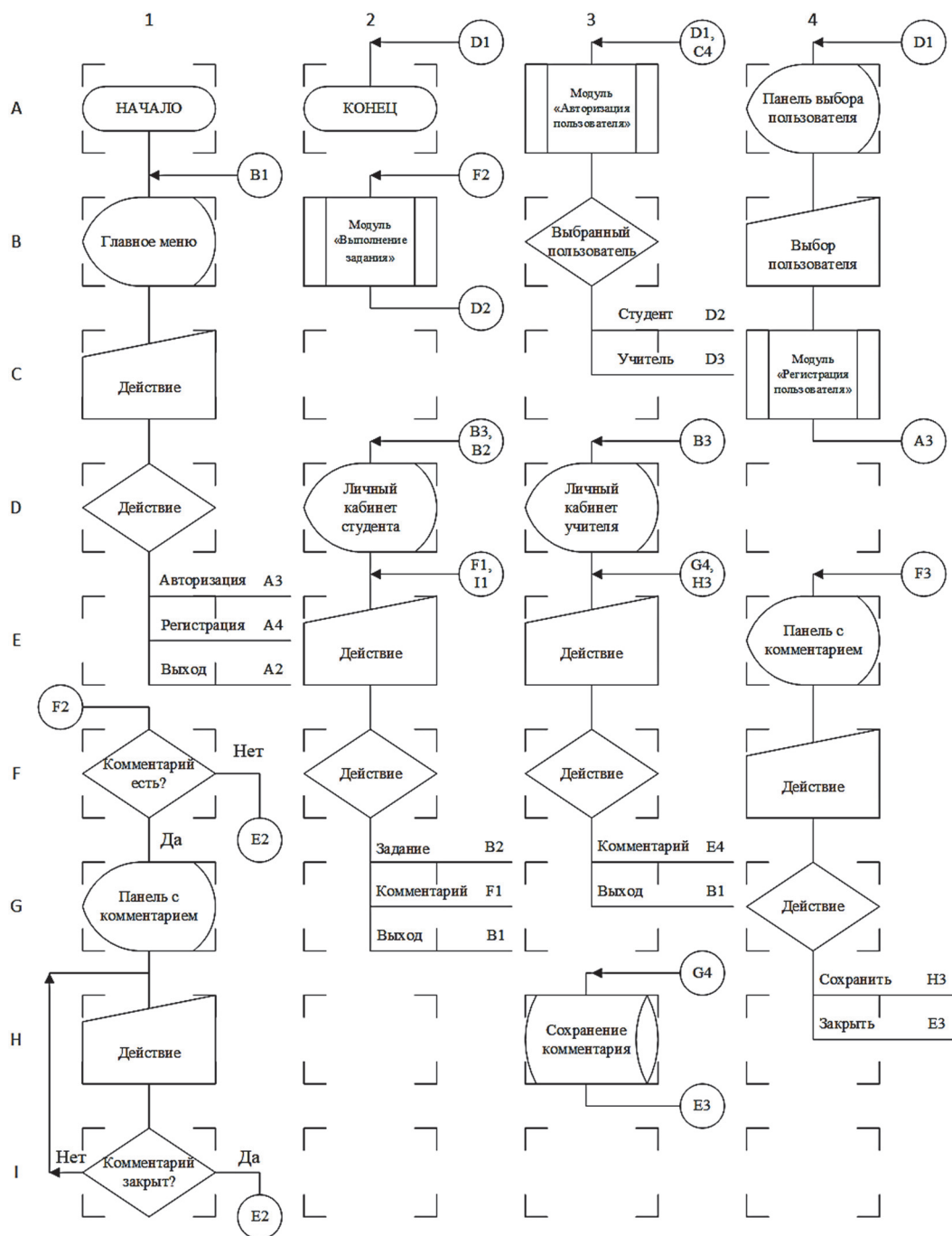


Рис. 3. Блок-схема алгоритма работы иммерсивного виртуального симулятора

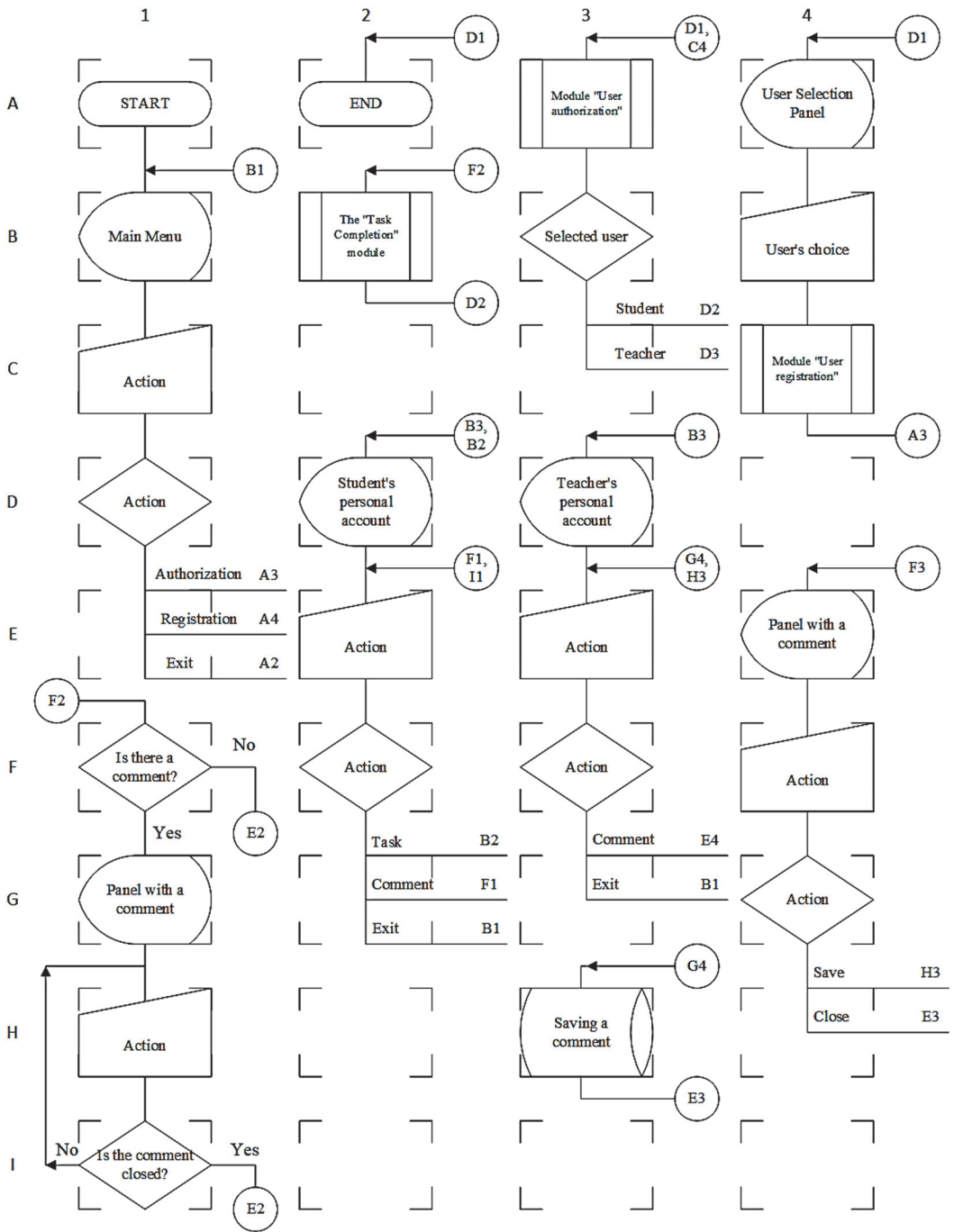


Figure 3. Block diagram of the algorithm of the immersive virtual simulator

В иммерсивном виртуальном симуляторе по ТОПК разработано два задания для выполнения студентом. Первое посвящено изучению комплектующих компьютера, где студенту с ограниченными возможностями здоровья необходимо разобрать ПК и положить комплектующие в соответствующий ящик с описанием комплектующего. Второе задание посвящено симуляции рабочего процесса. Обучающемуся необходимо выбрать заказ и собрать ПК из списка комплектующих, выдаваемых в соответствии с выбранным заданием.

При выполнении каждого задания система анализирует выполняемые действия и фиксирует возникающие в процессе работы ошибки [15; 16]. Процессы выполнения заданий изображены на рис. 6–9.

Важно понимать целесообразность разработки иммерсивного виртуального симулятора, а также адаптации системы взаимодействия с виртуальной средой, чтобы люди с ограниченными возможностями здоровья могли беспрепятственно работать с симулятором и находиться в реалистичной рабочей обстановке. Перемещение пользователя реализовано с использованием телепортации, что исключает возможность перемещения ногами, а интерфейс тщательно проработан и интуитивно понятен, чтобы студент легко справлялся с поставленными задачами и обучался принципам работы специалиста по техническому обслуживанию персональных компьютеров на основе визуализаций и советов системы [17].

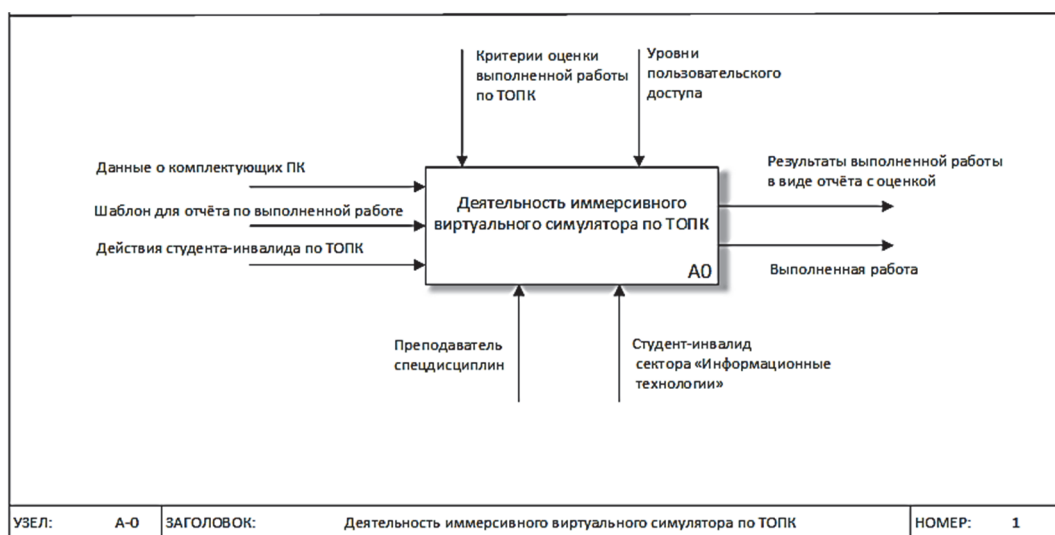


Рис. 4. Контекстная диаграмма симулятора ВР по ТОПК

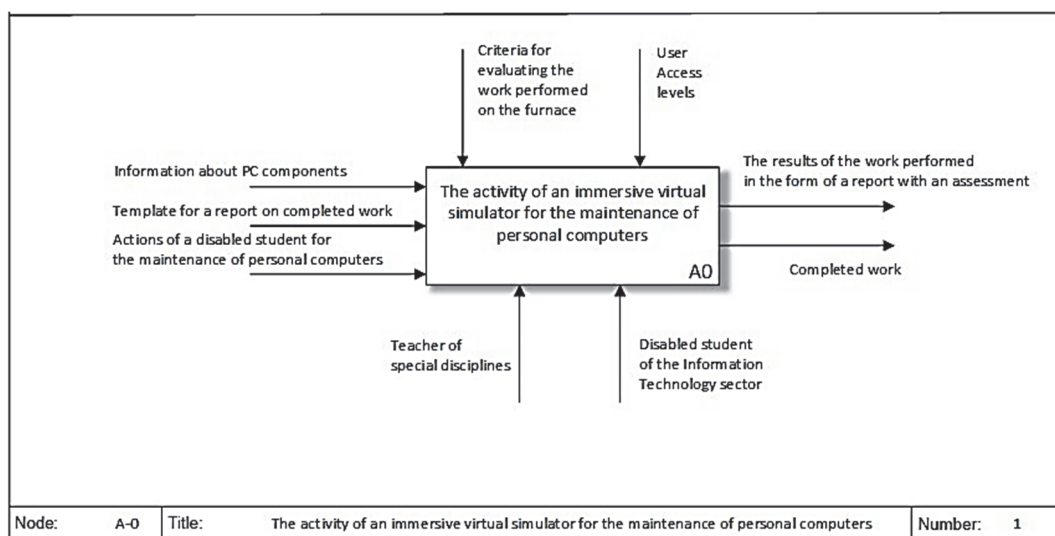


Figure 4. Context diagram of the VR simulator for personal computer maintenance

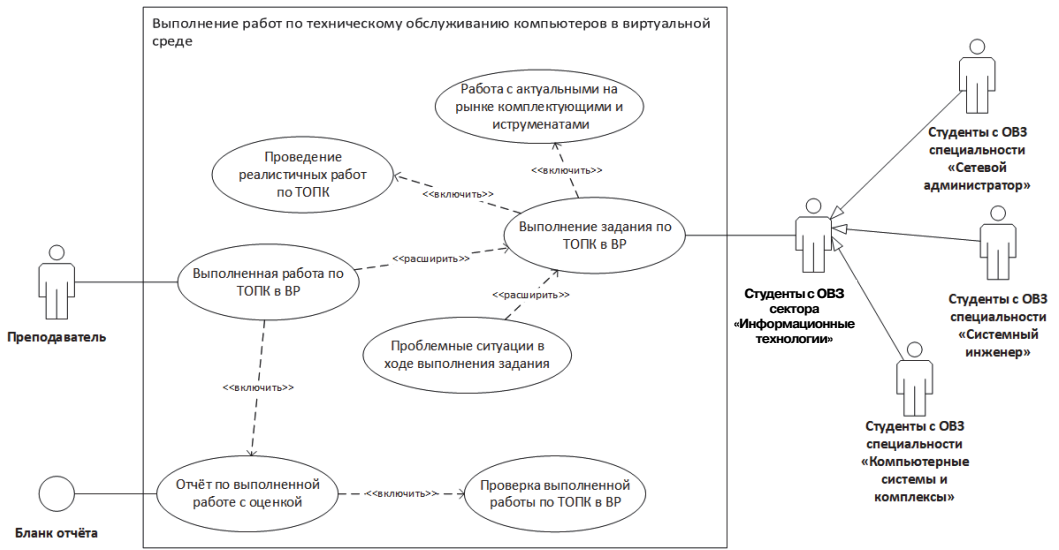


Рис. 5. Диаграмма прецедентов симулятора VR по ТОПК

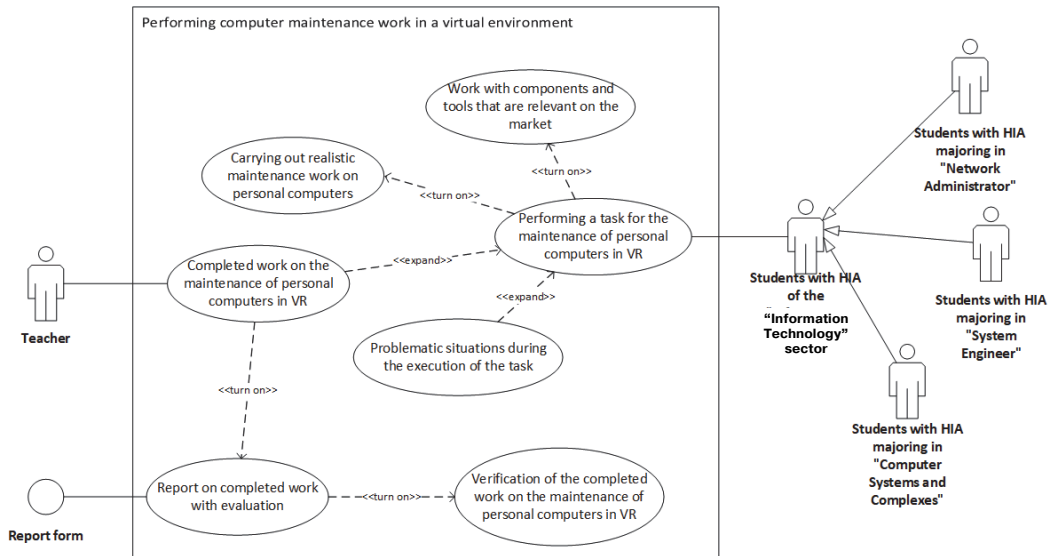


Figure 5. The diagram of the use cases of the VR simulator for personal computer maintenance



Рис. 6. Перемещение по сцене с помощью телепортации
Figure 6. Moving around the stage using teleportation



Рис. 7. Процесс разборки ПК с помощью отвертки
Figure 7. The process of disassembling a PC with a screwdriver



Рис. 8. Сцена второго задания с симуляцией реалистичной работы
Figure 8. The scene of the second task with a simulation of realistic work



Рис. 9. Запуск ПК по окончании выполнения работ
Figure 9. Starting the PC at the end of the work

Таким образом, разработанный виртуальный симулятор позволяет обучить прикладным знаниям специалиста по техническому обслуживанию персональных компьютеров благодаря иммерсивной технологии погружения,

что позволяет вовлечь в комфортную рабочую среду и повысить интерес студента с ограниченными возможностями здоровья к обучению выбранной технической специальности.

Заключение. Технология иммерсивного погружения человека в виртуальную среду набирает популярность, так как показывает отличные результаты после применения в различных сферах жизнедеятельности человека. В настоящее время виртуальная реальность предлагает решения для лиц с ограниченными возможностями здоровья, а именно развлекательные игры в комфортной и адаптированной виртуальной среде, симуляции с различными ситуациями и окружением для лечения фобий и реабилитации людей с инвалидностью, системы виртуализации сенсорной и мышечной активности для активизации нервной системы парализованных людей.

Используя успех применения инновационного решения как способ визуализации в развлекательной и медицинской сферах, а также разработанный виртуальный симулятор для демонстрации возможностей применения виртуальной реальности в инклюзивном образовании, можно предположить, что применение технологии виртуальной реальности в обучении студентов с ограниченными возможностями здоровья весьма эффективно.

Список литературы

- [1] Дудырев Ф.Ф., Максименкова О.В. Симуляторы и тренажеры в профессиональном образовании: педагогические и технологические аспекты // Вопросы образования. 2020. № 3. С. 255–276.
- [2] Qingyang I., Qian L., Ziwei L., Shen J. Virtual reality or video-based self-instruction: comparing the learning outcomes of cardiopulmonary resuscitation training // Вестник ЮУрГУ. Серия: Образование. Педагогические науки. 2021. Т. 13. № 2. С. 53–62. <http://doi.org/10.14529/ped210205>
- [3] Федченко А.Д. Виртуальная реальность в современных технологиях профессионального образования // Вестник молодых ученых и специалистов Самарского университета. 2020. № 2 (17). С. 43–49.
- [4] Меркулов И.А., Синельников А.О. Виртуальная реальность // Тенденции развития науки и образования. 2019. № 50–1. С. 64–67.
- [5] Сушкевич А.С., Машков К.Н. Образование будущего: дополненная и виртуальная реальность при изучении предметов профессионального цикла // Цифровая трансформация образования: электронный сборник тезисов докладов 1-й научно-практической конференции. Минск, 2018. С. 315–319.
- [6] Хозе Е.Г. Виртуальная реальность и образование // Современная зарубежная психология. 2021. Т. 10. № 3. С. 68–78.
- [7] Soboleva E.V., Suvorova T.N., Grinshkun A.V., Bocharov M.I. Applying gamification in learning the basics of algorithmization and programming to improve the quality of students' educational results // European Journal of Contemporary Education. 2021. Vol. 10. No. 4. Pp. 987–1002. <http://doi.org/10.13187/ejced.2021.4.987>
- [8] Dawley L., Dede C. Situated learning in virtual worlds and immersive simulated // Handbook of research on educational communications and technology. 4th ed. Springer: New York, 2017. Pp. 723–734. http://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_58
- [9] Mmaki J., Trevor M., Ronel M. Experiential learning through virtual and augmented reality in higher education. URL: <https://drive.google.com/file/d/1B5iDxLP4FFMudwGGXjzBCmjcMUsyVmCY/view?usp=sharing> (accessed: 04.05.2022).

- [10] Большаков А.А., Сгибнев А.А., Вешнева И.В., Грепечук Ю.Н., Ключиков А.В. Системный анализ человеко-машинного взаимодействия на основе статусных функций при формировании объемного изображения в волнометрических дисплеях // Известия СПбГТИ(ТУ). 2017. № 40. С. 102–110.
- [11] Большаков А.А., Виштак О.В., Фролов Д.А. Формирование модели учебного курса интерактивной компьютерной обучающей системы на основе нечеткой когнитивной карты // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2016. № 2. С. 92–99.
- [12] Bolshakov A.A., Klyuchikov A.V., Kovylov N.V. Building a system architecture for displaying data in a complex of output devices // 2020 International Conference on Actual Problems of Electron Devices Engineering (APEDE). IEEE, 2020. Pp. 302–304. <http://doi.org/10.1109/APEDE48864.2020.9255414>
- [13] Bolshakov A.A., Klyuchikov A.V. Decision support system for selecting designs of auto-stereoscopic displays // Cyber-Physical Systems: Design and Application for Industry 4.0. 2021. Vol. 342. Pp. 73–88. https://doi.org/10.1007/978-3-030-66081-9_6
- [14] Ключиков А.В., Большаков А.А. Функциональное моделирование процесса построения объемных изображений на основе автостереоскопических дисплеев // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. 2019. № 2 (46). С. 41–59.
- [15] Chugunkov I.V., Kabak D.V., Vyunnikov V.N., Aslanov R.E. Creation of datasets from open sources // Proceedings of the EIconRus-2018 Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering. IEEE, 2018. Pp. 295–297.
- [16] Гайбатова А.Р., Асланов Р.Э., Крылов Г.О., Конев В.Н. Разработка метода синхронизация и шифрования данных // Информатизация и связь. 2017. № 4. С. 77–80.
- [17] Асланов Р.Э., Шикунев Д.Р., Фомина О.В. Применение «виртуальной реальности» в образовании // Цифровизация общества: состояние, проблемы, перспективы: сборник трудов VIII Ежегодной Всероссийской научно-практической конференции. М.: РЭУ имени Г.В. Плеханова, 2021. С. 146–158.

References

- [1] Dudyrev FF, Maksimenkov OV. Simulators and trainers in vocational education: pedagogical and technological aspects. *Educational Studies Moscow*. 2020;(3):255–276. (In Russ.)
- [2] Qingyang I, Qian L, Ziwei L, Shen J. Virtual reality or video-based self-instruction: comparing the learning outcomes of cardiopulmonary resuscitation training. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Education. Educational Sciences*. 2021; 13(2):53–62. <http://doi.org/10.14529/ped210205>
- [3] Fedchenko AD. Virtual reality in modern technologies of vocational education. *Bulletin of Young Scientists and Specialists of Samara University*. 2020;(2):43–49. (In Russ.)
- [4] Merkulov IA, Sinelnikov AO. Virtual reality. *Trends in the Development of Science and Education*. 2019;(50–1):64–67. (In Russ.)
- [5] Sushkevich AS, Mashkov KN. Education of the future: augmented and virtual reality in the study of professional cycle subjects. *Digital Transformation of Education: Electronic Collection of Abstracts of the 1st Scientific and Practical Conference*. Minsk; 2018. p. 315–319. (In Russ.)
- [6] Jose EG. Virtual reality and education. *Modern Foreign Psychology*. 2021;10(3):68–78. (In Russ.)
- [7] Soboleva EV, Suvorova TN, Grinshkun AV, Bocharov MI. Applying gamification in learning the basics of algorithmization and programming to improve the quality of students' educational results. *European Journal of Contemporary Education*. 2021;10(4):987–1002. <https://doi.org/10.13187/ejced.2021.4.987>

- [8] Dawley L, Dede C. Situated learning in virtual worlds and immersive simulated. *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*. 4th ed. Springer: New York; 2017. p. 723–734. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_58
- [9] Mmaki J, Trevor M, Ronel M. *Experiential learning through virtual and augmented reality in higher education*. Available from: <https://drive.google.com/file/d/1B5iDxLP4FFMudwGGXjzBCmjcMUusyVmCY/view?usp=sharing> (accessed: 04.05.2022).
- [10] Bolshakov AA, Sgibnev AA, Veshneva IV, Grepechuk YN, Klyuchikov FV. System analysis human-machine interaction based on status functions in the formation of a three-dimensional image in volumetric displays. *News SPbGTI(TU)*. 2017;(40):102–110. (In Russ.)
- [11] Bolshakov AA, Vishtak OV, Frolov DA. Formation of a training course model of an interactive computer training system based on a fuzzy cognitive map. *Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Engineering and Informatics*. 2016;(2):92–99. (In Russ.)
- [12] Bolshakov AA, Klyuchikov AV, Kovylov NV. Building a system architecture for displaying data in a complex of output devices. *2020 International Conference on Actual Problems of Electron Devices Engineering (APEDE)*. IEEE; 2020. p. 302–304. <http://doi.org/10.1109/APEDE48864.2020.9255414>
- [13] Bolshakov AA, Klyuchikov AV. Decision support system for selecting designs of autostereoscopic displays. *Cyber-Physical Systems: Design and Application for Industry 4.0*. 2021;342:73–88. https://doi.org/10.1007/978-3-030-66081-9_6
- [14] Klyuchikov AV, Bolshakov AA. Functional modeling of the process of constructing volumetric images based on autostereoscopic displays. *Caspian Journal: Management and High Technologies*. 2019;(2):41–59. (In Russ.)
- [15] Chugunkov IV, Kabak DV, Vyunnikov VN, Aslanov RE. Creation of datasets from open sources. *EIconRus-2018 Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering*. IEEE; 2018. p. 295–297.
- [16] Gaibatova AR, Aslanov RE, Krylov GO, Konev VN. Development of a method for data synchronization and encryption. *Informatization and Communication*. 2017;(4): 77–80. (In Russ.)
- [17] Aslanov RE, Shikunov DR, Fomina OV. Application of “virtual reality” in education. *Digitalization of Society: State, Problems, Prospects: Proceedings of VIII Annual All-Russian Scientific and Practical Conference*. Moscow: Plekhanov Russian University of Economics; 2021. p. 146–158. (In Russ.)

Сведения об авторах:

Асланов Роман Эдвинович, магистрант, Институт образования, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Россия, 101000, Москва, Потаповский пер., д. 16, стр. 10. ORCID: 0000-0001-7904-3801. E-mail: aslanov.boxing@mail.ru

Большаков Александр Афанасьевич, доктор технических наук, профессор Высшей школы искусственного интеллекта, Институт компьютерных наук и технологий, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Россия, 195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 29, корп. 4. ORCID: 0000-0001-7966-718X. E-mail: aabolshakov57@gmail.com

Гриншкун Александр Вадимович, кандидат педагогических наук, доцент РАО, заместитель директора по программам развития и информатизации, Институт коррекционной педагогики, Российская академия образования, Россия, 119121, Москва, ул. Погодинская, д. 8, корп. 1. ORCID: 0000-0003-3882-2010. E-mail: grinshkun@ikp.email

Bio notes:

Roman E. Aslanov, undergraduate, Institute of Education, National Research University Higher School of Economics, 16 Potapovskii Pereulok, bldg 10, Moscow, 101000, Russia. ORCID: 0000-0001-7904-3801. E-mail: aslanov.boxing@mail.ru

Alexander A. Bolshakov, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Higher School of Artificial Intelligence, Institute of Computer Science and Technology, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Politekhnikeskaya St, bldg 4, St. Petersburg, 195251, Russia. ORCID: 0000-0001-7966-718X. E-mail: aabolshakov57@gmail.com

Aleksandr V. Grinshkun, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Russian Academy of Education, Deputy Director for Development and Informatization Programs Institute of Correctional Pedagogy, Russian Academy of Education, 8 Pogodinskaya St, bldg 1, Moscow, 119121, Russia. ORCID: 0000-0003-3882-2010. E-mail: grinshkun@ikp.email