

Виртуальная реальность в дистанционном обучении

Представлен опыт использования виртуальной реальности при дистанционном обучении: погружение, взаимодействие и вовлечение пользователя в окружающую среду, рассказ для создания восприятия физического присутствия в нефизическом мире. Это позволяет с помощью программного продукта Blender организовать комнату релаксации для студентов при обучении в онлайн-формате.

Ключевые слова: виртуальная реальность, виртуальная комната релаксации, обучение в онлайн-формате

DOI: 10.36535/0548-0019-2021-10-3

ВВЕДЕНИЕ

В условиях возрастающей угрозы распространения коронавирусной инфекции (2019-nCoV, COVID-2019) по всему миру страны, в которых существует потенциальная опасность ее завоза, оперативно принимают дополнительные предупредительные меры. Нависшая пандемическая ситуация привела к тому, что начиная с 16 марта 2020 года, все образовательные учреждения страны были вынуждены перейти на онлайн-формат обучения с использованием электронного обучения и дистанционных технологий [1]. Роспотребнадзором были даны необходимые рекомендации по организации такого учебного процесса.

Однако коронавирус «обнажил» проблемы не только в обучении, в частности, в использовании онлайн-ресурсов, но и в самой организации учебного процесса. Из-за несоблюдения норм СанПиНа, продолжительности учебного и рабочего времени, все участники дистанционного обучения стали невольными заложниками психологической ситуации, приводящей иногда к высокому уровню стресса. А напряженная работа за компьютером, недостаточный уровень общей двигательной активности (гипокинезия) и, нередко, пребывание в физиологически нерациональных рабочих позах (преимущественно – сидя, реже – стоя) сильно сказывается на физическом состоянии человека. Систематическое и длительное (в течение многих часов) воздействие факторов, превышающих допустимые нагрузки на обучающихся может стать причиной перенапряжения различных систем организма и развития производственно-обусловленной и профессиональной патологии, а также увеличения частоты общих заболеваний [2].

Поэтому фраза «заболевание лучше предупредить, чем лечить» – относится не только к болезням тела, но и к психическим расстройствам. Главная причина их развития – высокий уровень стресса. Полностью убрать его из жизни не получится, а снизить негативное влияние можно. Одним из решений этой проблемы может стать организация комнаты релаксации на основе использования виртуальных технологий.

МАТЕРИАЛЫ, МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ словаря по психологии [3] и ряда современных психологических исследований [4, 5], позволяет определить понятие «комната психологической разгрузки» как специально организованное пространство, целью которого является гармонизация психоэмоционального состояния человека, снятию переутомления, стресса, психологической усталости и повышению уровня его работоспособности.

Процедура релаксации с применением компьютерных программ и интерактивных комплексов становится более качественной, интересной и продуктивной. Анализ имеющихся в этой сфере предложений показывает, что почти все они распространяются на коммерческой основе, а гармонизация психоэмоционального состояния пользователя и снятие переутомления предлагаются в статичном состоянии, не отходя от компьютера. Однако есть программы, позволяющие погрузиться в виртуальную реальность с использованием проектора, что дает пользователям возможность не быть жестко привязанным к компьютеру и даже принимать участие в игровых ситуациях. Но такие программы, по мнению С.П. Бережной [6] и мы с ней согласны, больше подходят для реабилитации детей и взрослых после болезни или для организации праздников, но мало эффективны в образовательной сфере, особенно образовательной среде вуза.

Исследование существующих виртуальных программ релаксации, часть которых позиционируется как комната релаксации, не являясь по сути таковой [7, 8], представляет собой игры или рекламу компьютерных клубов. Хотя есть VR-приложения (платные), предназначенные для снятия стресса и релаксации, использующие настоящие видео природы в формате 360° для пользователей Android [9].

Для разработки виртуальной комнаты релаксации специалисты Южно-Уральского государственного гуманитарно-педагогического университета и Уральского государственного университета путей сообще-

ния Челябинска изучили нормативные документы, описывающие физиолого-эргономические требования к организации, оснащению и функционированию комплексов по восстановлению работоспособности работников различных видов трудовой деятельности стационарного типа [10].

В комнате релаксации за счет воздействия на различные органы чувств человека происходит расслабление его нервной системы, для чего используется свето-, звуко-, арома- и цветотерапия. При этом доказано, что самым сильным и наиболее эмоционально окрашенным эффектом обладают световые стимулы, которые при условии правильного подбора, способствуют снижению раздражительности и постепенному снятию стрессовых состояний [11–13].

В условиях пандемической ситуации (обучения через онлайн платформы) комната релаксации должна быть представлена в виртуальном виде. Для создания таких комнат разработчики прибегают к имитации виртуальной реальности с помощью:

- проекционного дизайна (проецирования изображений на одну или несколько стен комнаты для создания визуального ощущения и аудиосопровождения для звукового воздействия);
- погружения пользователей в виртуальное пространство с помощью VR-шлемов;
- комбинирования реальных устройств и VR-шлемов. Здесь используются средства синхронизации возможностей устройств и программного обеспечения: кресла, в том числе массажные, виброплатформы, пространственный звук, распылители ароматов, имитация потоков воздуха, распылители воды и т.п.

Виртуальные комнаты создаются с помощью как отдельных программных комплексов, так и готовых программных решений. Например, сессионные залы в Zoom для проведения индивидуальной или групповой терапии со специалистами в области психологии, каналы для видео или голосового часа в Discord, который имеет возможность подключать боты для автоматизации поддержки, в том числе психологической.

XXI век характеризуется радикальными преобразованиями в обществе, науке, образовании, космонавтике, когда одна технология заменяет другую. Развитие компьютерных сетей, программного обеспечения открывает новые возможности в области 3D моделирования для тесного взаимодействия реального мира с виртуальным. Именно киберпространство становится источником получения новых знаний, опыта деятельности, развития творческих способностей и снятия стресса [14, 15].

Термин «виртуальная реальность» (*VR – virtual reality*, искусственная реальность), определяемый как созданный техническими средствами мир, передаваемый человеку через его ощущения: зрение, слух, обоняние, осязание и др., стал широко упоминаться в исследованиях, начиная с 60-х годов XX в. – по одним источникам и с 1989 г. – по другим. Появление этого термина было связано с использованием части постоянной памяти компьютера ввиду нехватки оперативной памяти для хранения, обработки, создания информации [16] и разработкой сенсорных устройств (перчаток, очков). В то же время, Л. Фрейна и М. Отт высказали мнение, что предпосылками введения в

оборот термина «виртуальная реальность» следует считать выпуск первых стереоскопических устройств в 1838 г. [17]. Последние 10 лет виртуальная реальность ассоциируется с некоторым виртуальным миром, очками и другими гарнитурами, позволяющими погрузить человека в мир иллюзий, когда индивид может присутствовать и действовать в этой среде, слышать звуки.

Термин виртуальная реальность широко применяется в науке, медицине, промышленном дизайне и архитектуре, лингвистике, образовании и других науках [18, 19]. Возможности виртуальной реальности позволяют моделировать виртуальные образы действительности, проводить тренинги без риска неконтролируемых ситуаций, отрабатывать умения на виртуальных макетах (исследование молекул и атомов, управление самолетом, прыжки с парашютом, медицинские операции и пр.). Многие ученые-исследователи описывали методики обучения студентов и школьников с помощью виртуальной реальности, когда можно объяснять сложные предметы простым языком [20–22].

Сегодня существует много определений термина «виртуальная реальность», схожих по смыслу и рассматриваемым областям. Мы будем понимать виртуальную реальность как генерируемую с помощью компьютерных технологий виртуальную трехмерную среду, в которой пользователь взаимодействует с различными объектами на различных уровнях:

- без погружения (т. е. отсутствует взаимодействие с виртуальной средой);
- с полным погружением (когда взаимодействие приводит к изменению виртуальной среды);
- погружение без изменения виртуальной среды (например, изучение объектов архитектуры и дизайна);
- погружение с взаимным влиянием (когда виртуальная среда изменяется вследствие действий обучаемого и, в свою очередь, оказывает воздействие на реальные объекты и на обучаемого).

Основные устройства для воспроизведения виртуальной реальности – это шлемы с нашлемным индикатором и очки виртуальной реальности, их задача – формирование стереоскопического изображения на сетчатке глаз человека. Простейшее устройство для создания стереоскопического изображения – это стереоскоп. Он позволяет наблюдать стереоскопическое изображение пары слайдов, фотографирующих один объект с двух положений камеры.

По принципу сочетания с устройствами шлемы для виртуальной реальности делятся на два типа:

- для компьютера – работают в связке с ПК или консолями: Oculus Rift, HTC Vive, Playstation VR;
- для мобильных устройств – это гарнитуры, которые работают в связке со смартфонами и представляют собой держатель с линзами: Google Cardboard, Samsung Gear VR, YesVR.

Независимые очки виртуальной реальности – самостоятельные устройства, работают под управлением специальных или адаптированных операционных систем: Sulong, DeePoon, AuraVisor. В табл. 1 представлены характеристики и особенности некоторых моделей таких очков.

Характеристики очков виртуальной реальности

№	Модель	Разрешение на каждый глаз, пиксель	Угол обзора, градус	Наличие гироскопа и акселерометра. Комплектация	Особенности
1	Oculus Rift [23]	1200×1080	110	Гироскоп, акселерометр, магнитометр, инфракрасные детекторы	Используют только статично, сидя или стоя перед компьютером
2	BP HTC Vive [24]	1200×1080	110	Гироскоп, акселерометр, датчики позиционирования, внешняя станция Lighthouse	Используют с внешней станцией Lighthouse, которая позволяет пользователю перемещаться по реальной комнате, благодаря чему его положение внутри VR также будет изменяться
3	Sony PlayStation VR [25]	1080×960	100	Гироскоп, акселерометр, игровая приставка Sony PlayStation 4	Игровая приставка, погружает пользователя в игру, что делает сомнительным применение данной системы в образовательных целях
4	Lenovo Explorer [26]	1440×1440	110	Гироскоп, акселерометр, откидной наголовный дисплей	Откидной наголовный дисплей позволяет, не снимая очки, закончить сеанс погружения в симулируемую среду (это значительно экономит время в случае, если необходимо получить важную информацию от преподавателя), построен на базе программно-аппаратной платформы Windows Mixed Reality, разработанной корпорацией Microsoft
5	HP WMR Headset	1440×1440	95	Гироскоп, акселерометр, откидной наголовный дисплей, фиксатор	Фиксатор настраивается индивидуально для каждого пользователя, очки основаны на технологии Windows Mixed Reality, что дает возможность ориентироваться в реальном окружающем пространстве с помощью сканирования окружения встроенными датчиками, а посторонний предмет, попавший в поле зрения, предварительно визуализируется в виртуальном рабочем пространстве
6	Samsung Odyssey	1600×1440	110	Гироскоп, акселерометр, OLED дисплей с ярким и насыщенным цветом, разработанный компанией Samsung	
7	BP ASUS WMR Headset	1440×1440	95	Гироскоп, акселерометр, антибактериальное покрытие	Антибактериальное покрытие, уменьшающее риск передачи определенных инфекций, возможный при частом использовании очков несколькими обучающимися
8	Acer WMR Headset	1440×1440	105	Гироскоп, акселерометр, поддерживающая платформа Windows Mixed Reality, датчики, откидной наголовный дисплей, фиксатор	Датчики, распознающие окружающее пространство, откидной наголовный дисплей и фиксатор положения на голове. Для них не нужны видекарты высокого уровня производительности и соответствующий объем оперативной памяти
9	Dell Visor	1440×1440	110	Гироскоп, акселерометр, виртуальный ассистент Cortana	Управление VR-приложениями осуществляется с помощью голосовых команд, обрабатываемых виртуальным ассистентом Cortana

Анализ характеристик современных очков виртуальной реальности показывает, что их использование в процессе обучения дает следующие преимущества:

- наглядность (мотивация и лучшее усвоение информации на уроках);
- максимальное погружение (большие возможности для практического обучения);
- безопасность (полное погружение в учебный процесс без угрозы здоровью и жизни);
- фокусировка (преимущество для изучения различных физических, химических и биологических явлений и т.д.).

Для разработки графических образов объектов, используемых в создаваемой нами программе «Виртуальная комната релаксации», был выбран программный продукт Blender, идеально подходящий для организации проектов трёхмерного моделирования и анимации, рендеринга, композитинга и немного видеомонтажа [27], как для новичков, так и для специалистов в этой области. Благодаря распространению программного обеспечения на бесплатной основе, многие желающие могут писать собственные плагины и аддоны для упрощения работы в этом редакторе. Опираясь на основные возможности графической программы Blender 2.80 (полигональное моделирование, сплайны, NURBS-кривые и поверхности, режим лепки, наличие системы частиц, задания твердых и мягких тел, скелетной анимации, встроенных механизмов рендеринга и интеграция со сторонними визуализаторами, редактора видео, функций создания игр и приложений (Game Blender Engine)) [28], на её общедоступность и кроссплатформенность, нами были получены «мультяшные» образы объектов, сопровождающих обучаемого при выборе вида комнаты, цветовых решений, а также различных эффектов (склоны, водопады, пески и пр.).

Логика разработанного нами программного приложения реализована на основе игрового движка Unity и языка программирования C#, комплектов для программного обеспечения Android SDK.

Созданная нами виртуальная комната релаксации – это программное средство, представляющее собой методику профилактики обучаемых от переутомления, включающую такие средства:

- психоэмоциональные (безопасность и защищенность, положительный эмоциональный фон, снижение беспокойства и агрессивности, снятие нервного возбуждения и тревожности);
- эмоционально-волевые (устранение повышенной гиперактивности, напряжения, боязливости, утомляемости);
- физиологические (стимуляция правого полушария коры головного мозга для развития творческого мышления, воображения, интуитивного принятия решений).

Сеанс релаксации в виртуальной комнате реализован на основе методов геймификации и предусматривает три сценария: для детей младшего школьного возраста, для учащихся основной школы, для учащихся старшей школы и студентов вузов. В зависимости от возраста сеанс сопровождается указаниями виртуального помощника: героя мультфильма, су-

пергероя и для старшеклассников – ровесника. Виртуальные помощники выдают задания и при затруднении в работе с программой служат средством ответа на возникающие вопросы.

В виртуальной комнате реализован следующий алгоритм проведения сеанса релаксации:

- 1) диагностика психофизиологического состояния пользователя на основе тестов Люшера;
- 2) по результатам диагностики пользователю предлагается соответствующий видеоряд с подобранным звуковым сопровождением для коррекции текущего психоэмоционального состояния. В зависимости от возраста пользователя виртуальный помощник предлагает выполнение физических упражнений для снятия напряжения;
- 3) затем повторно проводится цветовой тест, чтобы отследить результат изменений психоэмоционального состояния пользователя;
- 4) если пользователь заранее знает, какой видеоряд он хочет просмотреть, то имеется возможность пропуска цветового теста и перехода к выбранному фрагменту;
- 5) в любой момент пользователь может сменить выбор видеоряда, повторно пройти цветовой тест или закончить сеанс.

В программе пользователям предлагается три вида сеанса, отличающиеся друг от друга длительностью – продолжительностью видеоряда, сопровождаемого соответствующим звуковым рядом.

Согласно методике Люшера испытуемым (в нашем эксперименте приняли участие 30 студентов и 15 учащихся старшей школы), прежде чем перейти в виртуальную комнату релаксации и сразу после её посещения, программа предлагала проранжировать цветные карточки (красный (К), желтый (Ж), синий (С), зеленый (З), фиолетовый (Ф), коричневый (Ко), серый (Се), черный (Ч)) в порядке субъективной приятности цвета (табл. 2). Отвлекаясь от несущественных признаков цветов, возникающих вместе с ними образными ассоциациями, обучающиеся и студенты должны были выбрать сначала один предпочитаемый цвет, затем – один из оставшихся и т.д. Цвет под номером 8 будет соответствовать наименьшей симпатии, а точнее вызывать наибольшую антипатию. Исходя из этого, Люшером предложены восемь позиций:

- №1, 2 – явное предпочтение (обозначаются «++»);
- №3, 4 – предпочтение (обозначаются «хх»);
- №5, 6 – безразличие к цвету (обозначаются «=»);
- №7, 8 – антипатия к цвету (обозначаются «--»).

Полученные результаты показали, что перед проведением сессии релаксации, как студенты, так и учащиеся средних общеобразовательных учреждений преимущественно выбрали на позициях №1-4 Се, Ко и Ч цвета. Это указывает на наличие у испытуемых некоторого стрессового состояния, сопровождаемого обучением в дистанционном формате. После выхода из виртуальной комнаты релаксации на позициях №1-4 стоят цвета: Ж, З, К, С; №5-8: С, К, Се, Ч. Все это свидетельствует о наличии положительного психоэмоционального состояния испытуемых, большинству из которых после стартового тестирования программа рекомендовала сеанс видеоряда, сопровождаемого соответствующим звуковым рядом.

**Анализ результатов диагностики психологического состояния учащихся и студентов
после выхода из виртуальной комнаты релаксации**

Участники эксперимента	Номер позиции							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Студенты	Ж-28,0	З-51,1	Ж-20,3	К-25,1	С-23,6	К-40,0	Се-33,8	Ч-40,7
	З-23,7	С-14,8	К-17,8	Ж-20,1	Ч-14,2	С-26,8	Ч-23,7	Ко-17,5
	С-23,5	Ф-13,5	С-17,8	Ф-23,3	К-13,3	Се-13,4	Ко-17,6	С-18,3
	Ф-14,3	К-12,3	З-16,0	С-20,4	Ж-13,3	Ч-9,5	С-14,9	Ф-12,4
	Ч-5,3	Ко-5,3	Ф-14,3	З-6,7	С-9,4	Ж-4,8	З-10,0	К-11,1
	К-5,2		Ч-11,5	Се-4,4	Ф-8,8	Ко-5,5		
			Се-2,3		Се-8,7			
Учащиеся	З-28,6	З-26,3	С-26,4	К-29,8	К-23,7	Ч-23,1	Ч-33,1	Ч-41,8
	С-23,5	Ж-23,7	Ф-15,9	С-16,6	Ж-17,8	С-23,1	Се-23,0	Ко-23,5
	Ф-22,6	Ф-15,9	З-14,8	З-15,8	Се-16,4	Ко-18,7	Ко-18,9	Се-17,0
	Ж-13,8	С-11,7	Ж-12,7	Ж-11,3	С-15,3	З-15,9	С-18,3	К-10,2
	Ч-11,5	К-13,8	К-11,7	Се-11,3	Ф-15,8	Се-12,3	Ж-3,4	Ж-4,9
		Се-8,6	Ко-11,9	Ч-9,6	З-11,0	К-6,9	З-3,3	С-3,5
			Ч-6,6	Ко-5,6				

В программный продукт были заложены «сцены», позволявшие проводить психологическую разгрузку испытуемых в зависимости от выявленного их состояния.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Функционал программного обеспечения, представленный в настоящей статье, позволяет создавать взаимодействие проекции с интерьером, вызывая эффект полного погружения в изображение, что наиболее эффективно для расслабления. Программа состоит из изображений, непрерывно сменяющих друг друга. В ней предусмотрена возможность выбора загрузки изображений из коллекций. Буквально несколько сеансов такой светотерапии могут дать полноценную эмоциональную разгрузку и, как следствие, – глубокий оздоровляющий сон, хорошее самочувствие, отличное настроение и работоспособность, что подтверждается результатом анализа проведенного теста Люшера после посещения виртуальной комнаты релаксации.

В развитии предлагаемого нами программного продукта – виртуальной комнаты для дистанционного обучения – мы видим следующие перспективы.

1. Увеличение возможностей программы за счёт включения большего выбора диагностических процедур: тестов, опросников, шкал и методик для более точного определения психоэмоционального состояния пользователей.

2. Подключение и синхронизация разработанного программного обеспечения с дополнительными устройствами, создающими имитацию окружения: массажное кресло на виброплатформе, вентиляторы для создания потоков воздуха, распылители ароматов для воздействия с помощью запахов. В этом случае на использование программы в режиме онлайн

накладываются ограничения, и проведение сеансов становится возможным только в специально оборудованных кабинетах.

3. Использование средств малой электроники (например, смарт-часов) для мониторинга температуры, давления, пульса пользователей и коррекции настроек о программного обеспечения.

4. Выработка профессиональных рекомендаций психологов для пользователей после работы с программным комплексом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Минобрнауки рекомендовало вузам перейти на дистанционное обучение с 16 марта 2020 года. – URL: <https://tass.ru/obschestvo/7985295>
2. Dmitriyeva Y.Y., Demtsura S.S., Lebedeva T.N., Shefer O.R., Mikhailov V.A., Mikhailova V.V., Sannikova S.V. Features of modern distance learning for students // *Espacios*. – 2020. – Vol. 41(48). DOI: 10.48082/espacios-a20v41n48p02
3. Душков Б.А., Королев А.В., Смирнов Б.А. Психология труда, профессиональной, информационной и организационной деятельности. Словарь. – 3-е изд. – М.: Изд-во Академический проект, Деловая книга. Серия: Gaudeamus, 2005. – 848 с.
4. Колос Г.Г. Сенсорная комната в дошкольном учреждении: практ. рекомендации. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: АРКТИ, 2007. – 79 с.
5. Банди А., Лейн Ш., Мюррей Э. Сенсорная интеграция теория и практика / перевод с английского Д.В. Ермолаев, Е.М. Мельникова. – Москва: Теревинф, 2020. – 768 с.
6. Бережная С.П. Современные интерактивные технологии в реабилитации детей-инвалидов. –

- URL: <https://www.flamingo42.ru/images/stories/ppp/stat/interaktiv-tehnologii.pdf>
7. Релакс online. – URL: <http://www.newart.ru/html/relax/>
 8. VRGeek. – URL: <https://vrgeek.ru/vojdite-v-mir-relaksatsii-i-meditatsii-s-vyhodom-mindverse-na-oculus-rift/>
 9. Atmosphaeres. – URL: https://vrbe.ru/google_vr/876-vr-prilozhenie-dlya-relaksacii-atmosphaeres-vyshlo-na-android.html
 10. Методические рекомендации «2.2.9. Состояние здоровья работающих в связи с состоянием производственной среды. Физиолого-эргономические требования к организации, оснащению и функционированию комплексов по восстановлению работоспособности работников различных видов трудовой деятельности». – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200078430>
 11. Овсянникова В.В., Шабалина Т.А. Применение методики «проба с точкой» в исследованиях переработки эмоциональной информации // Современные исследования социальных проблем (электронный научный журнал). – 2012. – №11(19). – URL: <http://sisp.nkras.ru/eru/issues/2012/11/ovsyannikova.pdf>
 12. Horstmann G., Bauland A. Search asymmetries with real faces: testing the anger-superiority effect // Emotion. – 2006. – №6(2). – P. 193-207.
 13. Williams J.M.G., Mathews A., MacLeod C. The emotional Stroop task and psychopathology // Psychological Bulletin. – 1996. – №120(1). – P. 3-24.
 14. Le'vy P. L'intelligence collective. Pour une anthropologie du cyberspace. – Paris: La De'couverte, 1994. – 243 p.
 15. Shefer O.R., Lebedeva T.N., Goryunova M.V. Integral self-esteem of future teacher's personality // Espacios. – 2018. – Т. 39, № 52.
 16. Гиляревский Р.С. Информационная сфера: краткий энциклопедический словарь. – Санкт-Петербург: Профессия, 2016. – 296 с.
 17. Freina L., Ott M. A literature review on immersive virtual reality in education: State of the art and perspectives // Conference: eLearning and Software for Education (eLSE), At Bucharest (Romania). – April 2015. – URL: <https://www.researchgate.net/publication>
 18. Lowood Henry E. Virtual reality. Encyclopædia Britannica. Encyclopædia Britannica, inc. November 11, 2019. – URL: <https://www.britannica.com/technology/virtual-reality>.
 19. Moro C., Štromberga Z., Raikos A., Stirling A. The effectiveness of virtual and augmented reality in health sciences and medical anatomy // An-at Sci Education. – Nov. 2017. – Vol. 10, № 6. – P. 549-559. DOI: 10.1002/ase.1696
 20. Barreau J.-B., Nouviale F., Gagne R., Bernard Y., Llinares S., Gouranton V. An Immersive Virtual Sailing on the 18 th-Century Ship Le Boullongne // Presence: Teleoperators and Virtual Environments. – Jul. 2015. – Vol. 24, №. 3. – P. 201-219.
 21. Ren S., McKenzie F.D., Chaturvedi S.K., Prabhakaran R., Yoon J., Katsioloudis P.J., Garcia H. Design and Comparison of Immersive Interactive Learning and Instructional Techniques for 3D Virtual Laboratories // Presence: Teleoperators and Virtual Environments. – May 2015. – Vol. 24, № 2. – P. 93-112.
 22. Zyda M. Why the VR You See Now Is Not the Real VR, Presence: Teleoperators and Virtual Environments. – Nov. 2016. – Vol. 25, № 2. – P. 166-168.
 23. Официальный сайт Oculus Rift. – URL: <https://www.oculus.com>
 24. Шевченко Г.И., Кочкин Д.А. Основные характеристики очков виртуальной реальности и перспективы их использования в учебном процессе // Преподаватель XXI век. – 2018. – № 4. – С. 160-168.
 25. Характеристики Sony PlayStation VR. – URL: <https://www.playstation.com/ru-ru/explore/playstation-vr>
 26. Характеристики Lenovo Explorer. – URL: <https://www3.lenovo.com/ru/ru/smart-devices/virtual-reality/lenovo-explorer/Lenovo-Explorer/p/G10NREAG0A2>
 27. Кузьмин Д.А., Абрамова О.Ф. Объекты с переменной прозрачностью // Современная техника и технологии. – 2016. – № 1. – URL: <http://technology.snauka.ru/2016/01/9172>
 28. Абрамова О.Ф., Иванов А.Е., Инкин А.Н. Обзор алгоритмов масштабирования растровой графики // European Student Scientific Journal. – 2016. – № 2. – URL: <http://sjes.esrae.ru/ru/article/view?id=371>
- Материал поступил в редакцию 27.06.21.*
- Сведения об авторах**
- ШЕФЕР Ольга Робертовна** – доктор педагогических наук, доцент, профессор кафедры физики и методики обучения физике Южно-Уральского государственного гуманитарно-педагогического университета (ЮУрГГПУ), г. Челябинск
e-mail: shefer-olga@yandex.ru
- БЕЛОУСОВА Наталья Анатольевна** – доктор биологических наук, доцент, декан факультета математики, физики, информатики ЮУрГГПУ
e-mail: belousova@cspu.ru
- ЛЕБЕДЕВА Татьяна Николаевна** – кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры информатики, информационных технологий и методики обучения информатике ЮУрГГПУ
e-mail: lebedevatn@mail.ru
- НОСОВА Людмила Сергеевна** – кандидат педагогических наук, доцент кафедры информатики, информационных технологий и методики обучения информатике ЮУрГГПУ
e-mail: nosovals@mail.ru
- КРАЙНЕВА Светлана Васильевна** – кандидат биологических наук, доцент кафедры математики, естествознания и методики обучения математике и естествознанию ЮУрГГПУ
e-mail: q.79@mail.ru