

УДК 614.8

КОНВЕРГЕНТНЫЕ СРЕДЫ VR/AR/MR: ИНТЕГРАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ И ТРАНСФОРМАЦИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧЕЛОВЕКА С ЦИФРОВОЙ СРЕДОЙ

П. В. ДАНИЛОВ¹, В. Е. ГОРСКИЙ¹, Н. А. ШАРАБАНОВ²

¹ Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново,

² ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина»
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: kog@edufire37.ru, nsharabanov@bk.ru

Статья посвящена анализу интеграции технологий виртуальной (VR), дополненной (AR) и смешанной (MR) реальности при разработке информационного и программного обеспечения систем управления и механизмов принятия решений в организационных системах, а также их влиянию на современное взаимодействие человека с цифровой средой. В исследовании рассматриваются исторические этапы развития VR, AR и MR, ключевые достижения и научные открытия, сыгравшие решающую роль в их эволюции. Особое внимание уделяется принципам и методам интеграции этих технологий, а также техническим аспектам, таким как аппаратные решения, программное обеспечение и методы передачи данных.

Рассматривается трансформация восприятия и взаимодействия человека с цифровыми объектами в результате внедрения конвергентных технологий. Приводятся примеры успешного применения интегрированных решений в различных отраслях, таких как образование, медицина, производство, которые требуют решения вопросов управления организационными системами.

Завершается статья рассмотрением перспектив и направлений дальнейших исследований, необходимых для устранения существующих ограничений и продвижения интегрированных технологий.

Ключевые слова: виртуальная реальность (VR), дополненная реальность (AR), смешанная реальность (MR), интеграция технологий, взаимодействие человека с цифровой средой.

CONVERGENT VR/AR/MR ENVIRONMENTS: TECHNOLOGY INTEGRATION AND TRANSFORMATION OF HUMAN INTERACTION WITH THE DIGITAL ENVIRONMENT

P. V. DANILOV¹, V. E. GORSKIJ¹, N. A. SHARABANOV²

¹ Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation
for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo,

² Federal State Educational Institution of Higher Education
«Ivanovo State Power Engineering University named after V. I. Lenin»,
Russian Federation, Ivanovo
E-mail: kog@edufire37.ru, nsharabanov@bk.ru

The article is devoted to the analysis of the integration of virtual (VR), augmented (AR) and mixed (MR) reality technologies in the development of information and software management systems and decision-making mechanisms in organizational systems, as well as their impact on modern human interaction with the digital environment. The study examines the historical stages of the development of VR, AR and MR, key achievements and scientific discoveries that played a crucial role in their evolution. Special attention is paid to the principles and methods of integrating these technologies, as well as technical aspects such as hardware solutions, software, and data transmission methods.

The transformation of human perception and interaction with digital objects as a result of the introduction of convergent technologies is considered. Examples of successful application of integrated solutions in various industries, such as education, medicine, and manufacturing, which require solving organizational system management issues, are given.

The article concludes with a review of the prospects and directions of further research necessary to eliminate existing limitations and promote integrated technologies.

Keywords: virtual reality (VR), augmented reality (AR), mixed reality (MR), technology integration, human interaction with the digital environment.

Введение

Современные технологии стремительно меняют способы нашего взаимодействия с окружающим миром, стирая границы между физической и цифровой реальностью. В последние десятилетия наблюдается бурное развитие виртуальной реальности (VR), дополненной реальности (AR) и смешанной реальности (MR). Каждая из этих технологий обладает уникальными характеристиками и находит свое применение в различных областях человеческой деятельности, в том числе в образовательном процессе высших учебных заведений МЧС России. Однако наиболее интересные возможности открываются именно при их интеграции, когда создаются конвергентные среды, позволяющие человеку взаимодействовать с цифровыми объектами в привычной физической среде. Данная статья посвящена исследованию процессов интеграции VR, AR и MR, рассмотрению того, каким образом эти процессы трансформируют наше взаимодействие с цифровой средой, а также применению данных технологий в профессиональном образовании.

Интеграция технологий виртуальной (VR), дополненной (AR) и смешанной (MR) реальностей представляет собой одну из ключевых тенденций современного технологического прогресса. Эта область приобретает особую значимость ввиду её потенциала кардинально изменить повседневную жизнь людей, производственные процессы и образовательные практики. Благодаря слиянию этих технологий становится возможным создание гибридных пространств, в которых физические объекты сочетаются с цифровыми элементами, что открывает новые горизонты для интерактивного взаимодействия, визуализации сложных данных и моделирования реальных ситуаций.

На сегодняшний день применение конвергентных технологий уже широко распространено в таких секторах как медицина, инженерия, розничная торговля и развлечения. Однако остаются нерешенными важные вопросы, касающиеся технической реализации, стандартизации и социальных последствий. Исследование этих аспектов позволяет лучше понять потенциал и вызовы, связанные с развитием конвергентных сред, а также разработать стратегии для их эффективного использования в будущем.

Цель данной статьи заключается в анализе процесса интеграции технологий виртуальной, дополненной и смешанной реальностей (VR/AR/MR), а также в изучении влияния этой интеграции на современные модели взаимодействия человека с цифровой средой. Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- изучить эволюцию VR, AR и MR-технологий, выявив ключевые этапы их развития и взаимовлияния;

- проанализировать существующие подходы к интеграции этих технологий и определить основные преимущества и ограничения текущих решений;

- рассмотреть, как интеграция VR/AR/MR меняет способы восприятия и взаимодействия человека с окружающей средой, включая изменение интерфейсов и расширение возможностей взаимодействия;

- исследовать практические примеры применения конвергентных технологий в различных индустриях, оценить их эффективность и выявить потенциальные барьеры для массового внедрения;

- определить перспективные направления развития VR/AR/MR и предложить рекомендации для дальнейших исследований и разработок в этой области.

Реализация указанных целей и задач позволит сформировать целостное представление о роли и значении интеграции VR/AR/MR в современном мире, а также обозначить пути для дальнейшей эволюции этих технологий.

Эволюция

технологий VR/AR/MR

Развитие технологий виртуальной (VR), дополненной (AR) и смешанной (MR) реальностей имеет глубокие корни, уходящие в середину XX века. Рассмотрим историю каждой из этих технологий отдельно.

1. Виртуальная реальность (VR).

Первые попытки создать устройства, погружающие человека в искусственную среду, начались ещё в середине прошлого столетия. Одним из пионеров стал Мортон Хейлиг, который в 1950-х годах разработал прототип устройства Sensorama, позволяющего пользователям испытывать мультимедийные ощущения, такие как запахи, звуки и вибрации.

В 1960-е годы Айвен Сазерленд представил устройство под названием «The Sword of Damocles» – первый прообраз шлема виртуальной реальности. Этот громоздкий аппарат был подвешен к потолку и позволял пользователю видеть простейшую трёхмерную графику. Затем, в 1980-х годах Джарон Ланье основал компанию VPL Research, которая начала разработку коммерческих продуктов VR, включая перчатки и шлемы. Именно тогда появился термин «виртуальная реальность». В этот период появились первые массовые игровые системы VR, хотя они оставались дорогими и ненадежными [1].

В 2010-х годах компании Oculus Rift, HTC и Sony выпустили потребительские версии VR-шлемов, что привело к массовому интересу

к виртуальной реальности. Современные устройства стали компактнее, удобнее и доступнее, предлагая высококачественное погружение в цифровую среду.

Разработка и внедрение технологий виртуальной реальности основывается на ряде значительных достижений и научных открытий, которые сыграли ключевую роль в их развитии.

Одно из ранних значимых достижений в области VR – разработка сенсоров движения и трекинга головы. Например, датчики акселерометров и гироскопов позволили отслеживать перемещения пользователя в пространстве, обеспечивая более глубокое погружение в виртуальную среду.

Прогресс в области графического рендеринга позволил создавать высокореалистичные изображения в режиме реального времени. Разработки компаний NVIDIA и AMD существенно улучшили качество графики и производительность VR-устройств. В то же время усовершенствование дисплеев для VR-шлемов, таких как OLED и AMOLED, сделало возможным передачу изображений высокой четкости, минимизируя эффект размытости и задержки (lag).

В развитие технологий виртуальной реальности, также необходимо упомянуть научные работы в области психологии и физиологии, которые помогли понять, как человек воспринимает трехмерные образы и реагирует на стимулы виртуального окружения. Это знание позволило оптимизировать VR-интерфейсы для снижения эффекта тошноты и головокружения.

2. Дополненная реальность (AR).

Идея дополненной реальности возникла в конце 1960-х годов благодаря работам Айвена Сазерленда, который разработал систему, отображающую цифровые данные поверх реального мира. Тем не менее, практическое воплощение AR пришлось ждать несколько десятилетий.

Первый коммерчески успешный продукт с элементами AR появился в 1990-х годах в виде игровых консолей Nintendo Virtual Boy, хотя эта система была скорее VR-системой с ограниченными возможностями AR. Настоящий прорыв в развитии AR произошел с появлением смартфонов. В 2009 году было выпущено приложение Wikitude, которое позволяло использовать камеру телефона для наложения информации на реальные объекты. Затем последовали такие продукты, как Google Glass и Pokémon Go, значительно увеличившие популярность AR среди широкой аудитории. Сегодня AR активно используется в розничной торговле, маркетинге, образовании и производстве. Технологии продолжают совершенствоваться, делая опыт взаимодействия с

дополненной реальностью всё более реалистичным и удобным [2].

Среди ключевых достижений и научных открытий в технологии дополненной реальности можно выделить развитие алгоритмов компьютерного зрения, развитие алгоритмов машинного обучения и глубокого обучения, такие как сверточные нейронные сети (CNN), а также достижения в области распознавания речи и жестов.

3. Смешанная реальность (MR).

Термин «смешанная реальность» был введен Полом Милграмом и Фумио Кишино в 1994 году. Они предложили концепцию континуума виртуальности-реальности, где смешанная реальность занимает промежуточное положение между виртуальным и реальным мирами.

Важной вехой стало появление Microsoft HoloLens в 2016 году – первого устройства, специально предназначенного для работы с MR. Оно позволило пользователям взаимодействовать с голограммами, которые накладываются на реальный мир [3].

Современные системы MR сочетают элементы VR и AR, создавая симбиоз физического и цифрового миров. Это открывает уникальные возможности для применения в проектировании, обучении и даже медицинской диагностике. Дальнейшее развитие MR связано с улучшением аппаратного обеспечения, увеличением вычислительной мощности устройств и расширением сфер применения, таких как удаленное сотрудничество и взаимодействие с роботизированными системами.

На развитие технологии смешанной реальности повлияли такие достижения науки и техники как:

- разработка многорежимных интерфейсов, совмещающих физическое и цифровое взаимодействие;
- использование облачных сервисов для обработки больших объемов данных в реальном времени (открыло новые возможности для работы с MR);
- разработка миниатюрных датчиков и мощных процессоров для носимых устройств, таких как очки и гарнитуры;
- появление сенсорных экранов и интерактивных поверхностей.

Интеграция технологий VR/AR/MR

Интеграция технологий виртуальной реальности (VR), дополненной (AR) и смешанной (MR) реальностей является одной из ключевых тенденций в области цифровых технологий. Она направлена на создание гибридных сред, где физические и цифровые объекты взаимодействуют друг с другом, предоставляя

пользователям новый уровень опыта. Рассмотрим основные аспекты интеграции этих технологий.

Основная идея интеграции VR, AR и MR заключается в объединении сильных сторон каждой из этих технологий для создания единого, универсального пространства, где границы между физическим и цифровым мирами размываются. Концептуально это выражается в следующем:

- VR создает полностью искусственную среду, заменяя реальную действительность виртуальной;

- AR добавляет цифровые элементы в физический мир, обогащая его дополнительной информацией;

- MR объединяет оба подхода, позволяя пользователям взаимодействовать с цифровыми объектами так же естественно, как с физическими.

Интегрированные системы стремятся обеспечить плавный переход между этими режимами, позволяя пользователям переключаться между ними в зависимости от контекста и потребностей.

Для успешной интеграции указанных технологий необходимы соответствующие технические решения. Среди основных направлений можно выделить:

1. Аппаратные решения:

- шлемы и очки: устройства, такие как Microsoft HoloLens или Magic Leap One, которые сочетают функции VR и AR, позволяя пользователю видеть как окружающий мир, так и наложенные цифровые объекты.

- сенсорные системы: используются камеры, датчики глубины и сенсоры движения для точного определения положения пользователя и окружающих объектов;

- устройства ввода-вывода: интерактивные контроллеры, перчатки с обратной связью и другие устройства обеспечивают взаимодействие с виртуальными объектами на уровне тактильных ощущений.

2. Программные платформы:

- SDK и API: специальные наборы инструментов, такие как Unity и Unreal Engine, предоставляют программистам возможность разрабатывать кросс-платформенные приложения, поддерживающие VR, AR и MR;

- обеспечивают совместимость с различными устройствами: программы должны поддерживать широкий спектр оборудования, начиная от бюджетных VR-шлемов и заканчивая профессиональными MR-гарнитурами;

- алгоритмы трекинга и рендеринга: высокопроизводительные алгоритмы компьютерного зрения и рендеринга обеспечивают точную

привязку цифровых объектов к реальной среде и плавное обновление графики.

3. Методы передачи данных и синхронизации:

- беспроводные технологии: высокая скорость передачи данных необходима для минимизации задержек между действиями пользователя и реакцией системы. Сюда входят Wi-Fi, Bluetooth и мобильные сети 5G;

- облачные сервисы: хранение и обработка данных в облаке позволяют уменьшить нагрузку на локальные устройства и улучшить масштабируемость приложений;

- синхронизация в многопользовательских средах: для совместной работы нескольких пользователей в одном виртуальном пространстве требуется высокая точность и низкая задержка при передаче данных.

Анализируя вопросы интеграции VR, AR и MR технологий необходимо также указать на преимущества решений.

Среди преимуществ можно выделить:

- универсальность: объединение VR, AR и MR позволяет создавать гибкие системы, адаптивные к различным сценариям использования;

- повышение удобства и вовлеченности: пользователи получают более естественный и интуитивный интерфейс, позволяющий взаимодействовать с цифровыми объектами как с реальными;

- расширение функциональности: интеграция позволяет комбинировать сильные стороны каждой технологии, предоставляя уникальные возможности, такие как совместная работа над проектами в виртуальной среде или обучение с использованием дополненной реальности;

- экономичность: вместо разработки отдельных решений для VR, AR и MR, интеграция позволяет использовать общие ресурсы и платформы, снижая затраты на разработку и поддержку.

Несмотря на значительные положительные решения интеграции VR, AR и MR технологий, в различных источниках и ряд недостатков, таких как:

- технические сложности: создание интегрированной системы требует координации множества компонентов, что усложняет проектирование и тестирование;

- энергопотребление: объединённые устройства часто требуют большей вычислительной мощности, что увеличивает энергопотребление и снижает автономность;

- пользовательский опыт: переход между разными режимами взаимодействия (VR, AR, MR) должен быть плавным и незаметным для пользователя, чтобы избежать дезориентации;

– стандартизация: отсутствие унифицированных стандартов для аппаратного и программного обеспечения затрудняет разработку универсальных решений.

Указанные недостатки указываются в различных источниках не только научной литературы [4, 5], но и в отзывах IT-разработчиков и рядовых пользователей и VR, AR и MR технологий.

Конвергенция технологий VR, AR и MR реальностей открыла новые горизонты для различных отраслей. Ниже приведены примеры успешного применения интегрированных решений в разных сферах:

1. Образование:

В образовательных учреждениях высшего образования используются интегрированные технологии для создания симуляторов и тренажеров, которые помогают обучающимся изучать сложные процессы, а также вырабатывать практические навыки в ситуациях максимально приближенных к реальности. Например, курсанты и студенты Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России в виртуальной, дополненной и смешанной реальности успешно выполняют мероприятия по тушению пожаров, ликвидации различных чрезвычайных ситуаций и могут взаимодействовать с пожарно-техническим вооружением и различными приборами с помощью VR-контроллеров. Визуализируя те или иные процессы, режимы работы, имитация реальной работы приборов и анимация позволяют наглядно и быстро донести требуемую информацию до обучающегося и выработать требуемые навыки [6].

Школы и музеи используют VR, AR и MR технологии для проведения виртуальных экскурсий, где учащиеся могут посещать далекие места и эпохи, взаимодействуя с историческими артефактами в дополненном формате. Например, приложение Google Expeditions позволяет ученикам исследовать достопримечательности по всему миру прямо в классе [7].

2. Производство:

Инженеры используют MR технологии для создания и тестирования прототипов изделий в виртуальной среде. Например, автоконцерн Ford применяет HMI (Human-Machine Interface) системы, где дизайнеры и инженеры могут визуально оценивать дизайн автомобиля, проводить краш-тесты и проверять эргономику, не создавая физических макетов [8].

Производственные предприятия внедряют AR-инструкции для обучения работников, показывая пошагово выполнение операций непосредственно на рабочем месте. Это помогает снизить количество ошибок и повысить эффективность труда [9].

3. Медицина:

Врачи могут готовиться к операциям, используя симуляции с VR и AR. Например, система Touch Surgery позволяет хирургам практиковаться в проведении операций в виртуальной среде, получая обратную связь в реальном времени [10].

Кроме того, врачи могут консультировать пациентов дистанционно, используя MR для демонстрации медицинских данных. Например, с помощью AR-очков врач может показать пациенту рентгеновский снимок или результаты МРТ, наложенные на тело пациента [11].

4. Розничная торговля:

Магазины одежды и мебели используют AR и MR для создания виртуальных примерочных залов. Покупатели могут увидеть, как одежда или мебель будут выглядеть в их квартире или гардеробе, используя смартфоны или планшеты. В магазинах устанавливаются экраны с дополненной реальностью, которые позволяют покупателям получить дополнительную информацию о товарах, просто наводя камеру смартфона на товар.

Один из крупных магазинов электроники столкнулся с проблемой – низкий трафик в магазине и слабая конверсия покупателей. Решение – внедрение интерактивных витрин. Витрины анализировали интересы клиентов, предлагали персонализированные скидки и позволяли сразу оформить заказ. Результат – продажи выросли на 30 % за первые три месяца, время взаимодействия клиентов с товаром увеличилось на 45 %, количество посетителей магазина выросло на 20 %.

5. Военная сфера:

Вооруженные силы России уже не первый год используют VR и AR для подготовки военнослужащих. Например, солдаты могут проходить тренировочные миссии в виртуальной среде, имитирующей боевые условия, а командиры могут получать тактическую информацию в режиме реального времени с помощью AR-дисплеев. Также командующие могут использовать MR для планирования операций, просматривая виртуальные карты местности и анализируя возможные сценарии развития событий [12].

6. Туризм и культура:

Музеи и туристические центры предлагают посетителям прогулки по выставкам и достопримечательностям с использованием VR/AR/MR. Например, посетители Лувра могут использовать AR-приложение, чтобы узнать больше о произведениях искусства, просто направив смартфон на картину. Археологи применяют VR и AR для реконструкции древних городов и памятников, позволяя посетителям путешествовать во времени и наблюдать, как выглядели эти места в прошлом.

7. Игровая индустрия:

Разработчики игр создают проекты, где игроки могут взаимодействовать с виртуальными персонажами в своем реальном окружении (как в игре Pokémon Go). Более продвинутые игры используют MR для полного погружения игроков в игровую вселенную. Платформы вроде Rec Room и VR Chat позволяют игрокам встречаться и общаться в виртуальных мирах, совместно участвуя в различных активностях [13].

Эти примеры демонстрируют широту применения интегрированных VR, AR и MR технологий и подчеркивают их огромный потенциал для изменения способов взаимодействия человека с цифровыми и физическими объектами.

Трансформация взаимодействия человека с цифровой средой

Интеграция технологий VR, AR и MR оказывает существенное влияние на способы, которыми человек взаимодействует с цифровой средой. Рассмотрим основные аспекты этой трансформации.

Традиционное взаимодействие с цифровыми технологиями ограничивается экранами компьютеров и мобильных устройств. Однако с приходом VR, AR и MR это восприятие меняется коренным образом. VR полностью погружает пользователя в цифровую среду, создавая ощущение присутствия в виртуальном мире. Это открывает новые возможности для образования, развлечений и профессиональных тренировок.

Так сотрудниками Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России проведено эмпирическое исследование, направленное на выявление влияния интерактивных и иммерсивных методов на эффективность подготовки специалистов экстремального профиля, которое показало эффективность применения технологий виртуальной реальности при практической подготовке обучающихся [14].

AR и MR позволяют добавлять цифровые элементы в реальный мир, обогащая окружающую среду полезной информацией. Например, электронное информационное техническое руководство по работе с приборами радиационной и химической разведки может быть наложено непосредственно на физический прибор, что делает процесс изучения прибора и порядка работы с ним наглядным и эффективным [15] (рис. 1).

Сенсоры и трекинговые системы позволяют пользователям перемещаться внутри виртуального пространства также, как в физическом мире, что значительно упрощает ориентацию и управление (рис. 2).

Дальнейший анализ взаимодействия VR, AR и MR технологий и человека приводит нас к тому, что интеграция VR, AR и MR способствует созданию интерфейсов, которые максимально приближены к естественным человеческим действиям. Технология распознавания движений позволяет управлять цифровыми объектами с помощью естественных жестов. Например, в MR-среде пользователь может перемещать виртуальные предметы рукой, как если бы они были реальными.



Рис. 1. Применение виртуальной, дополненной и смешанной реальностей в образовательном процессе Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России



Рис. 2. Применение сенсоров и трекингвых систем в Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России

А голосовые интерфейсы становятся все более популярными, особенно в сочетании с AR и MR. Пользователь может давать команды устройствам голосом, что ускоряет и упрощает взаимодействие. Кроме того, некоторые устройства, такие как VR-перчатки, оснащены тактильной обратной связью, что позволяет ощущать прикосновения к виртуальным объектам, усиливая чувство присутствия.

Так, например, в Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России уже более 3 лет действует многофункциональный

учебно-тренажерный комплекс с применением технологии виртуальной реальности, где реализованы разработки в области корректной обратной связи:

- применение перчаток контроллеров Senso DK3, способных усилить чувство присутствия пожарного ствола в руках (рис. 3);
- применение жилета тактильного VR Tactot, позволяющего ощутить столкновения, а также нагрев при воздействии тепловых нагрузок (рис. 4).



Рис. 3. Использование перчаток контроллеров Senso DK3¹ в единой образовательной среде с применением технологии виртуальной реальности в Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России

¹ <https://virtuality.club/store/sistemi-pozicionnogo-trekinga/perchatki/perchatki-kontrolleri-senso-dk3/> (дата обращения 11.04.2025 г.)



Рис. 4. Использование жилета тактильного VR Tactot² в единой образовательной среде с применением технологии виртуальной реальности в Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России

Таким образом, интеграция VR, AR и MR трансформирует взаимодействие человека с цифровой средой, делая его более естественным, иммерсивным и многофункциональным. Это открывает новые возможности для личного роста, профессионального развития и социального взаимодействия, но также ставит перед обществом новые вызовы, связанные с этикой, безопасностью и здоровьем.

Перспективы и направления дальнейших исследований

Интеграция VR, AR и MR технологий открывает широкие перспективы для развития и применения в различных сферах жизни. Однако для полной реализации потенциала этих технологий необходимо продолжать исследования и разработки по нескольким ключевым направлениям:

1. Улучшение аппаратного обеспечения.

Для реализации данного направления потребуется дальнейшая разработка более легких, компактных и удобных в использовании устройств, таких как очки и гарнитуры. Это сделает технологии более доступными для широкого круга потребителей.

Потребуется разработка по увеличению мощностей для обработки больших объемов данных в реальном времени, что обеспечит более высокое разрешение и частоту кадров.

Кроме того, необходимо постоянное повышение энергоэффективности и улучшение аккумуляторных батарей, что позволит увеличить время работы устройств без подзарядки, что особенно важно для носимых гаджетов.

2. Развитие программного обеспечения.

Создание открытых SDK и API для разработки приложений, поддерживающих VR, AR и MR, что упростит работу программистов и IT-специалистов, ускорит внедрение инновационных решений, а унификация стандартов и протоколов обмена данными между различными

устройствами и платформами облегчит интеграцию и взаимодействие между ними.

Развитие алгоритмов AI (алгоритмы искусственного интеллекта) помогут улучшить точность распознавания объектов, анализа данных и предсказания поведения пользователей, что повысит удобство и эффективность использования технологий.

3. Совершенствование интерфейсов взаимодействия.

В данном направлении потребуются новейшие разработки более интуитивных и естественных способов взаимодействия с цифровыми объектами, таких как голосовые команды, жесты, мимика, внедрение биометрических датчиков и алгоритмов анализа эмоций для персонализации взаимодействия и улучшения комфорта пользователей.

Эти направления исследований и разработок направлены на дальнейшее улучшение и распространение VR, AR и MR технологий, что откроет новые возможности для бизнеса, науки и повседневной жизни.

Заключение

Интеграция технологий виртуальной, дополненной и смешанной реальности представляет собой важный этап в развитии цифровых технологий, обладающий огромным потенциалом для преобразования многих аспектов нашей жизни. В статье рассмотрены ключевые моменты эволюции этих технологий, их текущее состояние и перспективы развития. Особое внимание уделено вопросам интеграции, которая открывает уникальные возможности для создания гибридных сред, объединяющих физические и цифровые объекты.

Анализ показал, что интеграция VR, AR и MR технологий способна революционизировать отрасли, такие как образование, здравоохранение, производство и развлечения, предоставляя новые инструменты для

² <https://virtuality.club/store/kontrollery-virtualnoy-realnosti/taktilnie-ustrojstva/taktilnij-zhilet-na-telo-tactot/> (дата обращения 11.04.2025 г.)

обучения, диагностики, проектирования и взаимодействия. Однако успех этих технологий зависит от решения ряда технических и социальных проблем, включая повышение производительности устройств, обеспечение безопасности данных и уменьшение негативного влияния на психоэмоциональное состояние пользователей.

Дальнейшие исследования необходимо сосредоточить на совершенствовании аппа-

ратного и программного обеспечения, расширении областей применения и решении вопросов конфиденциальности и доступности. Таким образом, интеграция VR, AR и MR обещает стать основой для формирования новых форм взаимодействия человека с цифровой средой, изменяя нашу повседневную жизнь и открывая новые горизонты для творчества, науки и образования.

Список литературы

1. Карлов А. В., Секлетова Н. Н. Виртуальная реальность. История развития // Экономика и социум. 2017. № 4 (35). С. 675–679. EDN: YUSWUP.
2. Батырова К. С., Пошивайло Я. Г. История дополненной реальности и перспективы ее применения в картографии // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2021. Т. 26, № 5. С. 99–107. DOI: 10.33764/2411-1759-2021-26-5-99-107. EDN: XBNSLP.
3. Революция в Образовании с помощью Технологий смешанной реальности (MR) / А. Сеидов, О. Дурдыев, А. Мамметгулыев [и др.] // Символ науки: международный научный журнал. 2024. Т. 1, № 11-1. С. 94–96. EDN: AZBOFE
4. Мальцева С. М., Софонов Д. А., Нагорнов Е. А. Иммерсивное обучение: перспективы и вызовы внедрения VR/AR/MR технологий в образовательный процесс // Проблемы современного педагогического образования. 2024. № 85-1. С. 233–235. EDN: KMYCON
5. Sosnilo A. V., Kreer M. Y., Petrova V. V. AR/VR technologies in management and education. *Upravlenie*, 2021, vol. 9, issue 2, pp. 114–124. DOI: 10.26425/2309-3633-2021-9-2-114-124. EDN: MZAZGA
6. Разработка системы моделирования ЧС на открытых территориях с использованием технологий виртуальной, дополненной и смешанной реальностей / П. В. Данилов, А. К. Кокурин, И. А. Малый [и др.] // Пожарная и аварийная безопасность. 2024. № 4 (35). С. 7–14. EDN: FEFXGY
7. Мосина М. А., Бурлакова А. А. Использование приложения «Google expeditions» для формирования социокультурной компетенции учащихся основной школы // Проблемы романо-германской филологии, педагогики и методики преподавания иностранных языков. 2020. № 16. С. 193–197. EDN: PHXQYK
8. Воронцова Ю. В., Ефимова А. М. Использование технологии Human-machine interface дизайна в проектном управлении в условиях цифровой экономики // Шаг в будущее: искусственный интеллект и цифровая экономика. Революция в управлении: новая цифровая экономика или новый мир машин: материалы II Международного научного форума. М.: Государственный университет управления, 2018. С. 23–26. EDN: VTXYOYS
9. Малышкин А. В. Виртуальная и дополненная реальность как инструмент производственного обучения работников ТЭК // Молодёжная наука Севера: сборник материалов I Международной научно-практической конференции. Ханты-Мансийск: Югорский государственный университет, 2023. С. 648–653. EDN: PAWVII
10. Young M., Bodden E., González C. Touch surgery to improve surgical performance with a robotic system in a public hospital in Central America. *Urology & Nephrology Open Access Journal*, 2023, vol. 11, issue 3, pp. 115–116. DOI: 10.15406/unoaj.2023.11.00344. EDN: FDLWML.
11. Даниленко О. А. Опыт оперативного лечения пациентов с травмами и заболеваниями опорно-двигательного аппарата с использованием технологий дополненной реальности (AR) // Медицинские новости. 2022. № 11 (338). С. 16–19. EDN: YXHPWA
12. Кожин В. В., Лайус Н. С., Беляков А. А. Применение технологий искусственного интеллекта и виртуальной (дополненной) реальности в армии США // Научный Лидер. 2025. № 9 (210). С. 23–25. EDN: LKLWWS
13. Готовы ли мы к метавселенной? / М. И. Панасенко, Д. А. Суббот, Д. А. Ягунов [и др.] // Научный Лидер. 2023. № 2 (100). С. 23–26. EDN: PDCVYP
14. Применение интерактивных методов обучения в совершенствовании технологий профессионального образования / И. Ю. Шарбанова, Е. С. Титова, Ю. С. Мигунова [и др.] // Пожарная и аварийная безопасность. 2024. № 2 (33). С. 43–49. EDN: USWKWE
15. Данилов П. В. Применение виртуальной, дополненной и смешанной реальностей при изучении практических вопросов выявления оценки и контроля радиационной и химической обстановки // Проблемы и перспективы развития IT- и VR-технологий в области комплексной безопасности: материалы II Всероссийской научно-практической конференции.

Екатеринбург: Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС России, 2023. С. 26–32. EDN: DHDLUB

References

1. Karlov A. V., Sekletova N. N. Virtual'naya real'nost'. Istoriya razvitiya [Virtual reality. History of development]. *Ekonomika i socium*, 2017, vol. 4 (35), pp. 675–679. EDN: YUSWUP

2. Batyrova K. S., Poshivajlo Ya. G. Istoriya dopolnennoj real'nosti i perspektivy ee primeneniya v kartografii [The history of augmented reality and the prospects of its application in cartography]. *Vestnik SGUGiT (Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta geosistem i tekhnologii)*, 2021, vol. 26, issue 5, pp. 99–107. DOI: 10.33764/2411-1759-2021-26-5-99-107. EDN: XBNSLP

3. Revolyuciya v Obrazovanii s pomoshch'yu Tekhnologii smeshannoj real'nosti (MR) [A Revolution in Education through Mixed Reality (MR) Technology] A. Seidov, O. Durdyev, A. Mammetgulyev [et al.]. *Simvol nauki: mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal*, 2024, vol.1, issue 11-1, pp. 94–96. EDN: AZBOFE

4. Mal'ceva S. M., Sofonov D. A., Nagornov E. A. Immersivnoe obuchenie: perspektivy i vyzovy vnedreniya VR/AR/MR tekhnologii v obrazovatel'nyj process [Immersive learning: prospects and challenges of introducing VR/AR/MR technologies into the educational process]. *Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya*, 2024, issue 85-1, pp. 233–235. EDN: KMYCON

5. Sosnilo A. V., Kreer M. Y., Petrova V. V. AR/VR technologies in management and education. *Upravlenie*, 2021, vol. 9, issue 2, pp. 114–124. DOI: 10.26425/2309-3633-2021-9-2-114-124. EDN: MZAZGA

6. Razrabotka sistemy modelirovaniya ChS na otkrytyh territoriyah s ispol'zovaniem tekhnologii virtual'noj, dopolnennoj i smeshannoj real'nostej [Development of an emergency simulation system in open areas using virtual, augmented and mixed reality technologies] / P. V. Danilov, A. K. Kokurin, I. A. Malyj [et al.]. *Pozharnaya i avarijnaya bezopasnost'*, 2024, vol. 4 (35), pp. 7–14. EDN: FEFXY

7. Mosina M. A., Burlakova A. A. Ispol'zovanie prilozheniya «Google expeditions» dlya formirovaniya sociokul'turnoj kompetencii uchashchihsya osnovnoj shkoly [Using the Google Expeditions application to form the socio-cultural competence of primary school students]. *Problemy romano-germanskoj filologii, pedagogiki i metodiki prepodavaniya inostrannyh yazykov*, 2020, issue 16, pp. 193–197. EDN: PHXQYK

8. Voroncova Yu. V., Efimova A. M. Ispol'zovanie tekhnologii Human-machine interface dizajna v proektnom upravlenii v usloviyah

cifrovoj ekonomiki [The use of Human-machine interface design technology in project management in the digital economy]. *Shag v budushchee: iskusstvennyj intellekt i cifrovaya ekonomika. Revolyuciya v upravlenii: novaya cifrovaya ekonomika ili novyj mir mashin: materialy II Mezhdunarodnogo nauchnogo foruma*, Moscow: Gosudarstvennyj universitet upravleniya, 2018, pp. 23–26. EDN: VTXOYS

9. Malyshkin A. V. Virtual'naya i dopolnen'naya real'nost' kak instrument proizvodstvennogo obucheniya rabotnikov TEK [Virtual and augmented reality as a tool for industrial training of fuel and energy sector workers]. *Molodyozhnaya nauka Severa: sbornik materialov I Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. Hanty-Mansijsk: Yugorskij gosudarstvennyj universitet, 2023, pp. 648–653. EDN: PAWVII

10. Young M., Bodden E., González C. Touch surgery to improve surgical performance with a robotic system in a public hospital in Central America. *Urology & Nephrology Open Access Journal*, 2023, vol. 11, issue 3, pp. 115–116. DOI: 10.15406/unoaj.2023.11.00344. EDN: FDLWML

11. Danilenko O. A. Opyt operativnogo lecheniya pacientov s travmami i zabolevaniyami oporno-dvigatel'nogo apparata s ispol'zovaniem tekhnologii dopolnennoj real'nosti (AR) [Experience of surgical treatment of patients with injuries and diseases of the musculoskeletal system using augmented reality (AR) technologies]. *Medicinskie novosti*, 2022, vol. 11 (338), pp. 16–19. EDN: YXHPWA

12. Kozhin V. V., Lajus N. S., Belyakov A. A. Primenenie tekhnologii iskusstvennogo intellekta i virtual'noj (dopolnennoj) real'nosti v armii SShA [The use of artificial intelligence and virtual (augmented) reality technologies in the US Army]. *Nauchnyj Lider*, 2025, vol. 9 (210), pp. 23–25. EDN: LKLUWS

13. Gotovy li my k metaverse? [Are we ready for the metaverse?] / M. I. Panasenkov, D. A. Subbot, D. A. Yagunov [et al.]. *Nauchnyj Lider*, 2023, vol. 2 (100), pp. 23–26. EDN: PDCVYP

14. Primenenie interaktivnyh metodov obucheniya v sovershenstvovanii tekhnologii professional'nogo obrazovaniya [The use of interactive teaching methods in improving vocational education technologies] / I. Yu. Sharabanova, E. S. Titova, Yu. S. Migunova [et al.]. *Pozharnaya i avarijnaya bezopasnost'*, 2024, vol. 2 (33), pp. 43–49. EDN: USWKWE

15. Danilov P. V. Primenenie virtual'noj, dopolnennoj i smeshannoj real'nostej pri izuchenii prakticheskikh voprosov vyavleniya ocenki i kontrolya radiacionnoj i himicheskoy obstanovki [The use of virtual, augmented and mixed realities in the study of practical issues of identification, assessment and control of radiation and chemical conditions]. *Problemy i perspektivy razvitiya IT– i*

VR-tehnologii v oblasti kompleksnoj bezopasnosti: materialy II Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Ekaterinburg: Ural'skij institut

Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby MChS
Rossii, 2023, pp. 26–32. EDN: DHDLUB

Данилов Павел Владимирович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
Заместитель начальника кафедры
E-mail: kog@edufire37.ru

Danilov Pavel Vladimirovich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
Deputy Head of the Department
E-mail: kog@edufire37.ru

Горский Владимир Евгеньевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
Преподаватель кафедры
E-mail: kog@edufire37.ru

Gorskij Vladimir Evgen'evich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
Lecturer of the department
E-mail: kog@edufire37.ru

Шарабанов Никита Александрович

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина»
Российская Федерация, г. Иваново
Магистр факультета информатики и вычислительной техники
E-mail: nsharabanov@bk.ru

Sharabanov Nikita Alexandrovich

State Educational Institution of Higher Professional Education «Ivanovo State Power University named after V. I. Lenin»,
Russian Federation, Ivanovo
Master at the Faculty of Computer Science and Engineering
E-mail: nsharabanov@bk.ru