

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Валинурова А.А., Балабанова Н.В., Башечкин А.Ю.

Валинурова Анна Александровна (ORCID.ORG 0000-0003-4614-7879),
Балабанова Наталья Владимировна (ORCID.ORG 0000-0002-1427-2547), Башечкин Александр Юрьевич
(ORCID.ORG 0009-0003-0814-8050)

Ивановский государственный университет,

г. Иваново, Россия. 153025, Ивановская область, г. Иваново, ул. Ермака, д. 39.

E-mail: avalinurova@mail.ru, nvbalabanova@mail.ru, alexandrdeko3@gmail.com

В исследовании проведён комплексный анализ гарнитуры для виртуальной реальности. Рассмотрены отдельные составляющие VR-оборудования: корпус, микродисплеи и их типы, окуляры (линзы), многоосевые датчики движения, микроконтроллеры и вспомогательные элементы, - а также ключевые характеристики оборудования. Изучена специфика внутренних и внешних оптических методов отслеживания. В работе проанализированы также альтернативные средства погружения в виртуальную реальность, в том числе альтернативные платформы, такие как система CAVE (cave automatic virtual environment) и интерактивные платформы. В работе рассмотрены также основные препятствия, ограничивающие использование технологии, в том числе эргономическая ограниченность, дефицит контента, влияние на здоровье пользователей, сложность интеграции, высокая стоимость и необходимость соблюдения кибербезопасности. Все проблемы разделены на две большие группы.

Ключевые слова: иммерсивные технологии, виртуальная реальность, VR-гарнитура, ограничения на использование технологии, датчики

AN INTEGRATED APPROACH TO THE ANALYSIS OF VIRTUAL REALITY EQUIPMENT

Valinurova A.A., Balabanova N.V., Bashechkin A.Yu.

Anna A. Valinurova (ORCID.ORG 0000-0003-4614-7879), Natalia V. Balabanova (ORCID.ORG 0000-0002-1427-2547), Alexander Yu. Bashechkin (ORCID.ORG 0009-0003-0814-8050) Ivanovo State University, Ivanovo, Russia. 39 Ermaka str., Ivanovo, Ivanovo region, 153025.

E-mail: avalinurova@mail.ru, nvbalabanova@mail.ru, alexandrdeko3@gmail.com

The study conducted a comprehensive analysis of virtual reality headsets. The individual components of VR equipment are considered: housing, microdisplays and their types, eyepieces (lenses), multi-axis motion sensors, microcontrollers and auxiliary elements, as well as key characteristics of the equipment. The specifics of internal and external optical tracking methods have been studied. The paper also analyzes alternative means of immersion in virtual reality, including alternative platforms such as the CAVE (cave automatic virtual environment) system and interactive platforms. The paper also examines the main obstacles limiting the use of technology, including ergonomic limitations, lack of content, impact on user health, complexity of integration, high cost and the need to comply with cybersecurity. All the problems are divided into two large groups.

Keywords: immersive technologies, virtual reality, VR headset, restrictions on the use of technology, sensors

ВВЕДЕНИЕ

Современная конкурентная среда предполагает постоянный поиск новых инструментов для привлечения клиентов, в том числе на базе про-

двинутых информационных технологий [1, 2]. Сквозные технологии, такие как виртуальная реальность, могут быть использованы в разных сферах экономической и общественной жизни, но для их внедрения и практического использования не-

обходимо иметь целостное представление о необходимом оборудовании и его характеристиках.

Рыночный ландшафт VR-оборудования, как демонстрируют продукты Valve Index, HTC и PICO, сегментирован по целевому назначению: от гейминга до профессионального использования. Их разнообразие показывает, что VR перестала быть нишевым продуктом, подтверждая переход VR из статуса экспериментальных разработок в категорию инструментов с доказанной практической ценностью.

ПРОБЛЕМА И АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью исследования является представление оборудования для виртуальной реальности как целостного объекта, что позволит экономическим субъектам ориентироваться на рынке VR-гарнитуры, правильно оценивая перспективы её внедрения в организации. Существующие исследования ориентированы на выделение особенностей разных типов виртуальностей [3, 4], раскрытие основ работы виртуальной реальности [5, 6], изучение особенностей различной гарнитуры [7-9]. Предложенное исследование позволит комплексно оценить необходимое VR-оборудование.

АНАЛИЗ VR-ГАРНИТУРЫ

Устройства виртуальной реальности часто обозначаются взаимозаменяемыми терминами, такими как «VR-гарнитура» (от англ. virtual reality headset), «шлемы виртуальной реальности» (HMD, от англ. head-mounted display) или более распро-

странённые «очки виртуальной реальности» (от англ. virtual reality glasses). Эти устройства можно классифицировать на три основных типа [3]:

- Мобильные – используются совместно со смартфоном.
- Автономные – имеют собственный процессор и не зависят от других устройств.
- Настольные шлемы – требуют подключения к ПК или игровой консоли для полноценной работы.

Независимо от типа устройства можно представить VR-гарнитуру как систему, состоящую из отдельных взаимосвязанных блоков (рис. 1).

Эргономика VR-шлема - фактор, влияющий на комфорт пользователя и качество погружения [4]. Система крепления (ремешки, жёсткий обод, мягкие накладки) определяет, как устройство распределяет вес на голове и лице.

Например, регулируемые ремни снижают смещение шлема при активных движениях, а амортизирующие вставки уменьшают давление на кожу. Однако у каждого типа крепления есть и обратная сторона, например, натирание кожи, проникновение света или необходимость частой чистки. Эти нюансы важно учитывать при выборе шлема.

1. Корпус (рис. 2).

2. Микродисплеи (рис. 3).

Рассмотрим более подробно основные компоненты.

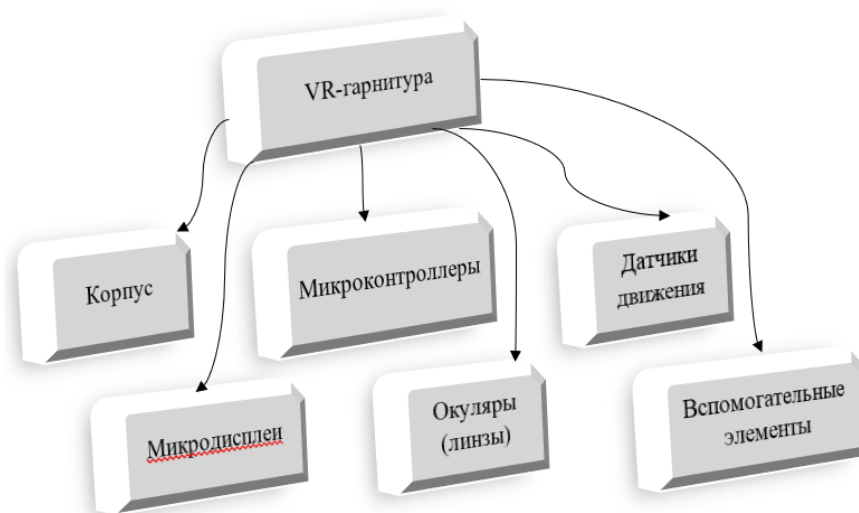


Рис. 1. Составляющие VR-гарнитуры

Fig. 1. Components of VR headsets



Рис. 2. Система крепления VR-шлема HTC Vive
Fig 2. HTC Vive VR Helmet Mounting System

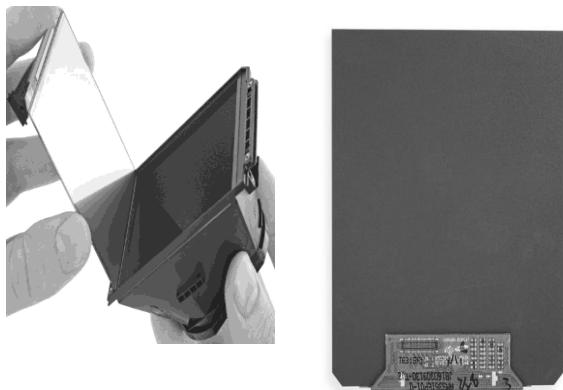


Рис. 3. AMOLED-дисплей и его конструкция в составе HTC Vive
Fig. 3. The AMOLED display and its design as part of HTC Vive

В очках виртуальной реальности изображение может передаваться двумя способами: либо два канала, отправленных на один дисплей (например, экран смартфона или PlayStation VR), либо с помощью двух отдельных дисплеев, по одному на глаз, при этом для VR-гарнитуры критично высокое разрешение, тип дисплея, частота обновления и угол обзора (FOV, от англ. field-of-view) [5].

Разрешение может указываться как для одного дисплея, так и суммарно для двух. Например, совокупный показатель в 3664×1920 пикселей делится на 1832×1920 для каждого глаза. Следует подчеркнуть, что рост этих значений напрямую коррелирует с детализацией изображения, минимизируя эффект «цифровой сетки».

Что касается типов дисплеев, то здесь исторически доминировали OLED-матрицы, обеспечивавшие высокую скорость отклика. Однако, как свидетельствуют данные на практике, их применение в VR столкнулось с ограничениями: из-за близости экрана к глазам критически важными стали плотность пикселей и отсутствие артефактов. В OLED-панелях с PenTile-раскладкой расстояние между субпикселями провоцирует зернистость и так называемый эффект «москитной сетки», что обусловило переход отрасли на LCD-технологии. Последние, несмотря на меньшую контрастность, демонстрируют оптимальный баланс параметров для VR-среды.

Частота обновления экрана напрямую влияет на комфорт пользователя. Низкие значения данного параметра (менее 90 Гц) провоцируют зрительное напряжение, когнитивную дезориентацию и даже симптомы, схожие с кинетозом, тогда как частота свыше 90 Гц обеспечивает плавность визуализации, снижая нагрузку на вестибулярный аппарат. Оптимальным диапазоном признаны 90–120 Гц, однако технологический прогресс позволяет преодолевать эти рамки: рекордные 144 Гц в гарнитуре Valve Index демонстрируют потенциал для дальнейшего повышения планки стандартов.

Вместе с тем, даже сверхвысокая частота обновления не компенсирует ограничений, связанных с узким углом обзора (FOV). При недостаточном FOV периферийное зрение пользователя фиксирует «слепые зоны» — тёмные поля по краям дисплея, что разрушает эффект погружения [7].

Большинство современных флагманских решений балансируют между эргономикой и функциональностью, предлагая FOV в диапазоне 90–110 градусов. Однако важным элементом, определяющим эффективность расширения угла обзора, остаются линзы.

3. Два окуляра (линзы) (рис. 4).



Рис. 4. Оптический модуль HTC Vive с линзами Френеля
Fig. 4. HTC Vive Optical Module with Fresnel Lenses

Микродисплеи и оптические линзы в VR-гарнитурах образуют тесную связь, где каждый элемент определяет качество иммерсивного опыта. Линзы выполняют функцию оптического усилителя, увеличивая изображение с микродисплеев, а стереоскопический эффект - разница в картинках для левого и правого глаза - создает иллюзию трехмерного пространства с объемом и глубиной [11].

Современные производители используют два типа линз, каждый из которых имеет специфические компромиссы. Линзы Френеля - бюджетнее, обеспечивают широкий угол обзора. Однако из-за необходимости большего расстояния от глаз до экрана устройства с такими линзами получаются довольно габаритными. Кроме того, они подвержены нежелательным артефактам, например, размытое изображения по краям при рассеивании света из-за выпуклой формы линзы или

тонкие концентрические круги при просмотре темного контента, что также обусловлено строением линз [12].

Линзы Pancake в свою очередь компактнее и легче, устраняют недостатки линз Френеля, но при этом дороже. Среди недостатков таких линз – более низкая световая эффективность по сравнению с линзами Френеля, из-за чего необходимы более яркие дисплеи. Дополнительным ограничением выступает умеренный угол обзора [13].

Следует отметить, что итоговый FOV зависит не только от типа линз, но и от совокупности инженерных решений. Расстояние между глазами пользователя и дисплеями, физические размеры микродисплеев, а также корректная настройка межзрачкового расстояния (IPD, от англ. interpupillary distance) формируют финальные параметры погружения.

4. Набор многоосевых датчиков движения.

Современные VR-шлемы оснащаются комплексом встроенных датчиков, включая гироскоп, акселерометр и опционально магнитометр, что обеспечивает детектирование пространственной ориентации устройства. Ключевым аспектом в оценке функциональности систем виртуальной реальности выступает концепция разделения устройств по числу степеней свободы (DOF, от англ. degrees of freedom): с тремя (3DOF) и шестью (6DOF) степенями свободы. Технология 3DOF ограничивается регистрацией ротационных движений головы по трём осям: горизонтальный поворот, вертикальный наклон и осевое вращение [8]. В подобных решениях, виртуальная среда синхронизируется исключительно с угловыми смещениями, тогда как линейные перемещения пользователя (наклоны корпуса, шаги) не фиксируются, сохраняя статичность позиции наблюдателя. Мобильные гарнитуры виртуальной реальности поддерживают только 3DOF. В данном случае вся работа по определению поворота головы ложится на гироскоп телефона, если он в нем есть. 6DOF дополняет угловое позиционирование отслеживанием транзитных смещений по осям X, Y, Z. Это позволяет осуществлять физическое перемещение в пространстве VR-среды с точной детализацией: приближение/отдаление объектов, изменение точки обзора и др. Подобная функциональность расширяет возможности системы взаимодействия, обеспечивая прямую интеракцию с виртуальными объектами и навигацию в трёхмерном пространстве. Реализация 6DoF в индустрии виртуальной реальности характеризуется технологическим плюрализмом. Несмотря на возможность унификации методов, отрасль сохраняет

децентрализованность единый стандарт отсутствует, что порождает конкуренцию альтернативных решений [9]. Одним из наиболее выделяющихся методов являются оптические.

Они представляют собой совокупность алгоритмов компьютерного зрения и отслеживающих устройств, в роли которых выступают камеры видимого или инфракрасного диапазона, стереокамеры и камеры глубины [10]. Оптические методы отслеживания можно разделить на два основных подхода: внутренний (от англ. inside-out) и внешний (от англ. outside-in). Первый подход основан на использовании оптического сенсора, установленного на движущемся объекте, что позволяет отслеживать контроллеры и перемещение шлема относительно неподвижных точек в окружающем пространстве (рис. 5).

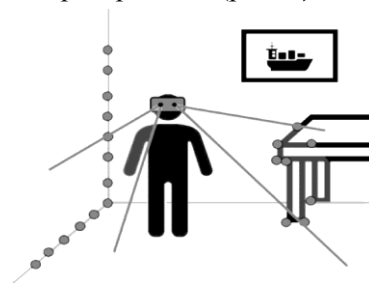


Рис. 5. Визуализация принципа работы inside-out трекинга
Fig. 5. Visualization of how inside-out tracking works

К преимуществам относят доступность и простоту настройки и эксплуатации. Однако у такого трекинга (отслеживание, от англ. tracking) есть и недостатки: он не отличается высокой точностью, иногда датчики допускают небольшие ошибки в определении положения. Кроме того, камеры не способны фиксировать движение рук, если они оказываются вне зоны видимости, например, за спиной [14].

Второй подход основан на использовании неподвижного внешнего наблюдателя, который определяет положение движущегося объекта по характерным точкам. Базовые станции размещаются друг напротив друга, формируя четко ограниченный контролируемый периметр (рис. 6).



Рис. 6. Визуализация принципа работы outside-in трекинга
Fig. 6. Visualization of the principle of operation of outside-in tracking

Они используют инфракрасные вспышки и лазерные лучи для синхронизации и определения координат объектов [8]. ИК-вспышка задает начало отсчета времени. Лазерный луч проходит по пространству, и датчики на шлеме/контроллерах фиксируют его в разные моменты времени. Разница во времени срабатывания датчиков позволяет вычислить их точное положение, а значит, и положение устройства в целом. Таким образом, внешний трекинг обеспечивает наивысшую точность, практически исключая ошибки в определении положения тела и рук. Однако у него есть и недостатки - высокая стоимость и сложность установки. Для корректной работы датчиков их следует размещать на высоте не менее двух метров, что зачастую требует использования штативов либо установки на стены с применением кронштейнов или полок [14].

Современные системы трекинга в VR-гарнитурах демонстрируют наибольшую эффективность при гибридном подходе. Основу позиционирования составляет инерциальный измерительный блок (IMU, от англ. inertial measurement unit), включающий ранее упомянутые акселерометр и гироскоп.

Однако ключевой проблемой IMU выступает дрейф - накопление погрешностей при длительном использовании, вызванное зашумленностью данных акселерометра. Оптические методы компенсируют этот недостаток, обеспечивая стабильную точность в длительные периоды времени за счет периодической калибровки, которая корректирует дрейф инерциальной системы. Таким образом, инерциальный трекинг обеспечивает высокую частоту обновления данных (до 1000 Гц), тогда как оптические методы позволяют поддерживать стабильную точность в длительные периоды времени за счет корректировки дрейфа [10].

Отслеживание взгляда дополняет функциональность VR-систем. Технология, называемая фовеальным рендерингом, работает по принципу человеческого зрения: максимальная чёткость сохраняется только в зоне, куда направлен взгляд пользователя, а периферийные области остаются менее детализированными.

В шлемы встроены специальные датчики, которые определяют, куда смотрит человек. Это позволяет, например, управлять элементами интерфейса в VR без использования рук — достаточно просто посмотреть на них [6].

5. Микроконтроллеры

Управляют обработкой данных от датчиков, синхронизацией изображения и др.

VR-контроллеры - это классический способ управления руками в виртуальной реальности и у них тоже может быть 3 DOF или 6 DOF.

6. Вспомогательные элементы

К более узконаправленным вспомогательным элементам относятся VR-перчатки, которые способны точно отслеживать движения кистей и каждого пальца [8], а также наушники с 3D-звуком, динамики в VR-шлемах или внешние аудиосистемы позволяют не только видеть, но и «чувствовать» окружающее пространство через звук. Важно отметить, что виртуальная реальность не ограничивается только очками. Также существуют альтернативные средства погружения в виртуальную реальность. Особого внимания заслуживают альтернативные платформы, такие как системы CAVE (от англ. cave automatic virtual environment) и интерактивные платформы наподобие Virtuix Omni. Эти решения формируют отдельный сегмент рынка, ориентированный на специализированные сценарии применения.

Систему CAVE можно назвать иммерсивной средой, где стены, пол и потолок становятся проекционными экранами, а пользователь, надев 3D-очки, свободно перемещается в пространстве. Трекинг движений обычно осуществляется датчиками, прикреплёнными к 3D очкам, а также VR-контроллеров. Основное преимущество такой системы - совместное пребывание и взаимодействие группы людей в одном виртуальном пространстве, поскольку CAVE не изолирует от реального мира, позволяя нескольким людям одновременно воспринимать одно и то же стереоскопическое изображение. Кроме того, использование CAVE снижает вероятность возникновения эффекта кинетоза, а также упрощает самоидентификацию, поскольку пользователь постоянно видит себя. Однако высокая стоимость инфраструктуры (требующей специализированных помещений), отсутствие мобильности и сложности масштабирования ограничивают её применение [15].

Платформа Virtuix Omni решает проблему физического перемещения в VR. Omni представляет собой неподвижную платформу с низким трением, по которой пользователь скользит, имитируя ходьбу или бег.

Специальная обувь или насадки на обувь обеспечивают плавное скольжение, а системы креплений гарантируют безопасность, предотвращая возможность причинения травм. Комплект поставки включает в себя все необходимое: платформу, очки виртуальной реальности, контроллеры, специальную обувь, два трекера для ног и средства для ухода за аппаратурой [16].

ОГРАНИЧЕНИЯ НА ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Рынок иммерсивных технологий развивается циклично, преодолевая этапы завышенных ожиданий и коррекции. Развитие направления пользовательского применения VR/AR позволит сформировать сервисы для социально важных сфер, например, работы с инвалидами (навигация с дополненной реальностью для слабовидящих), развитие культурной составляющей (навигации и экскурсии по городам, музеям). В итоге, это будет способствовать повышению имиджа России как туристически-привлекательной страны, увеличе-

нию посещаемости объектов культуры с привлечением молодежной аудитории.

Внедрение новых информационных технологий в организации является необходимым условием для поддержания её конкурентоспособности за счёт снижения издержек, повышения привлекательности продукции или развития новых каналов сбыта. Несмотря на это, внедрение такой технологии как виртуальная реальность сталкивается с рядом проблем [17, 18], которые представлены на рисунке 7.



Рис. 7. Ограничения на использование технологии виртуальной реальности
Fig. 7. Restrictions on the use of virtual reality technology

Ограничения, представленные в левой части схемы, на наш взгляд, будут преодолеваться с развитием технологии уже в ближайшие годы: неудобная гарнитура будет заменяться всё более комфортной и незаметной, стоимость гаджетов по мере совершенствования технологий, как правило, снижается, а дефицит контента будет ликвидироваться по мере обучения ИТ-специалистов в данной сфере. Ограничения, представленные в правой части схемы, на наш взгляд, более серьёзные и требуют больших ресурсов на их изучение и преодоление. Особенно следует отметить малоизученность воздействия на здоровье пребывания в виртуальном пространстве.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

В работе проанализированы составляющие VR-гарнитуры, которые имеют влияние на целостное восприятие картинки при погружении в виртуальную реальность. Характеристики каждого элемента гарнитуры должны быть согласованы

между собой, а с постоянным совершенствованием технологии характеристики постоянно улучшаются, позволяя делать виртуальность более приближенной к реальности [19-21]. Предполагается, что совершенствование технологии виртуальной реальности со временем позволит преодолеть проблемы, которые выделены в этой сфере, полностью или частично. Но уже сейчас бизнесу необходимо гибко реагировать на изменение условий среды и трансформировать подходы к внедрению новых технологий [22-24]. Это позволит не только расширить клиентскую базу и выйти на новые рынки, но и поможет повысить устойчивость и конкурентоспособность организации в целом.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

The authors declare the absence a conflict of interest warranting disclosure in this article

ЛИТЕРАТУРА

REFERENCES

1. **Валинурова А.А., Балабанова Н.В., Маценков И.А.** Алгоритм разработки telegram -бота - продуктивного помощника современного бизнеса. *Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение*. 2023. № 2 (74). С. 60-67. DOI: 10.6060/snt.20237402.0006
2. **Царевский Д.А., Валинурова А.А., Привалов А.Н., Данилова С.В.** Совершенствование бизнес-процессов организации на основе внедрения современных информационных технологий. *Известия высших учебных заведений. Серия: Экономика, финансы и управление производством [Ивэкофин]*. 2024. № 3 (61). С. 72-80. DOI: 10.6060/ivecofin.2024613.691
3. Виртуальная, дополненная и смешанная реальности. Ум-скул x учебник. <https://uchebnik.umschool.kz/informatika>.
4. **Смолин А.А., Жданов Д.Д., Потемин И.С., Меженин А.В., Богатырев В.А.** Системы виртуальной, дополненной и смешанной реальности: учебное пособие. Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2018. 59 с.
5. Как работает виртуальная реальность? <https://i2hard.ru/publications/18830>.
6. Как работает технология виртуальной реальности. Яндекс. Практикум. <https://practicum.yandex.ru/blog/tehno-logii-virtualnoy-realnosti>.
7. Как выбрать VR-шлем для дома T-J. <https://t-j.ru/guide/how-to-choose-vr/>
8. Что такое очки виртуальной реальности и как это работает? <https://vr419.ru/blog/virtualnaya-realnost-segodnya-konec-2018-g/>
9. Как работает отслеживание положения виртуальной реальности Vrtrend. <https://vrtrend.ru/blog/how-work-position-tracking-vr?ysclid=m6hsxewzwn950438016>.
10. Обзор методов и технологий отслеживания положения для виртуальной реальности. <https://habr.com/ru/articles>.
11. Требуется Ли Для Виртуальной Реальности Оба Глаза? <https://achivx.com/ru/trebuyutsya-li-dlya-virtualnoj-realnosti-oba-glaza>.
12. Pancake Lenses vs Fresnel Lenses: What's the Difference? Expand Reality Blog. <https://blogs.expandreality.io-pancake-lenses-vs-fresnel-lenses-whats-the-difference>.
13. Линзы Френеля против Pancake линз для VR – Какие лучше? <https://vrtrend.ru/blog/fresnel-vs-pancake/>
14. Как выбрать VR-шлем для дома. <https://t-j.ru/guide/how-to-choose-vr/>
15. CAVE-системы как основной элемент виртуального инжиниринга <https://svega-computer.ru/news/346/>
16. Omni One: Immersive VR Motion Platform. <https://virtuix.com/omni-one>.
17. **Борисов Р.С.** Актуальные проблемы использования виртуальной реальности. *Colloquium-Journal*. 2019. № 10-1 (34). С. 61-62.
18. **Никитина У.О., Зарипова Р.С.** Проблемы и перспективы применения технологий виртуальной реальности. *Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах*. 2020. № 2 (20). С. 81-83.
19. **Синицына Е. В., Борисович А. А., Федосеева В. Д.** Инновации и их роль в современном обществе. *Мировые цивилизации*. 2021. Т. 7. № 1. <https://wcj.world/PDF/07ECMZ122.pdf>
20. **Валинурова А.А., Смирнова Е.М., Валинуров Т.Р., Бальясова Е.Д.** Трансформация подходов к оценке эффективности отделения банка в условиях цифровой экономики. *Вестник Ивановского государственного университета. Серия: Экономика*. 2020. № 2 (44). С. 90-97.
1. **Valinurova A.A., Balabanova N.V., Matsenkov I.A.** Algorithm for developing a telegram bot, a productive assistant for modern business. *Modern high technology. Regional application* 2023. N 2 (74). P. 60-67. DOI: 10.6060/snt.20237402.0006
2. **Tsarevsky D.A., Valinurova A.A., Privalov A.N., Danilova S.V.** Improving the business processes of an organization based on the introduction of modern information technologies. *Ivecofin*. 2024. 3 N (61). P. 72-80. DOI: 10.6060/ivecofin.2024613.691
3. Virtual, augmented and mixed reality. Umschool x textbook. <https://uchebnik.umschool.kz/informatika>.
4. **Smolin A.A., Zhdanov D.D., Potemin I.S., Mezhenin A.V., Bogatyrev V.A.** Virtual, augmented and mixed reality systems: a textbook. St. Petersburg: ITMO University, 2018. 59 p.
5. How does virtual reality work? <https://i2hard.ru/publications/18830>.
6. How virtual reality technology works. Yandex. Practical training. <https://practicum.yandex.ru/blog/tehno-logii-virtualnoy-realnosti>.
7. How to choose a VR helmet for the T-J home. <https://t-j.ru/guide/how-to-choose-vr/>
8. What are virtual reality glasses and how does it work? <https://vr419.ru/blog/virtualnaya-realnost-segodnya-konec-2018-g/>
9. How Vrtrend virtual Reality position tracking works. <https://vrtrend.ru/blog/how-work-position-tracking-vr?ysclid=m6hsxewzwn950438016>.
10. An overview of methods and technologies of position tracking for virtual reality. <https://habr.com/ru/articles>.
11. Does Virtual Reality Require Both Eyes? <https://achivx.com/ru/trebuyutsya-li-dlya-virtualnoj-realnosti-oba-glaza>.
12. Pancake Lenses vs Fresnel Lenses: What's the Difference? Expand Reality Blog. <https://blogs.expandreality.io-pancake-lenses-vs-fresnel-lenses-whats-the-difference>.
13. Fresnel Lenses vs Pancake Lenses for VR – Which ones are better? <https://vrtrend.ru/blog/fresnel-vs-pancake/>
14. How to choose a VR helmet for your home. <https://t-j.ru/guide/how-to-choose-vr/>
15. CAVE systems as the main element of virtual engineering <https://svega-computer.ru/news/346/>
16. Omni One: Immersive VR Motion Platform. <https://virtuix.com/omni-one>.
17. **Borisov R.S.** Actual problems of using virtual reality. *Colloquium-Journal*. 2019. N 10-1 (34). P. 61-62.
18. **Nikitina U.O., Zaripova R.S.** Problems and prospects of using virtual reality technologies. *Information technologies in construction, social and economic systems*. 2020. N 2 (20). P. 81-83.
19. **Sinitsyna E. V., Borisovich A. A., Fedoseeva V. D.** Innovations and their role in modern society. *World civilizations*. 2021. V. 7. N 1. <https://wcj.world/PDF/07ECMZ122.pdf>
20. **Valinurova A.A., Smirnova E.M., Valinurov T.R., Balyasova E.D.** Transformation of approaches to assessing the effectiveness of bank branches in the digital economy. *Bulletin of the Ivanovo State University. Series: Economics*. 2020. N 2 (44). P. 90-97.
21. **Shekshueva S.V., Tatyannin G.V.** The introduction of chatbots with artificial intelligence in remote banking as a way to increase the competitiveness of a commercial bank. *Modern high technology. Regional application*. 2023. N 3 (75). P. 47-51. DOI 10.6060/snt.20237503 0006.
22. **Ilchenko A.N., Rychikhina N.S.** An indicative method for determining an enterprise's need for restructuring *Economic analysis: theory and practice*. 2006. N. 20 (77). P. 5-10.

21. **Шекшуева С.В., Татьянин Г.В.** Внедрение чат-ботов с искусственным интеллектом в дистанционное банковское обслуживание как способ повышения конкурентоспособности коммерческого банка. *Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение*. 2023. № 3 (75). С. 47–51. DOI 10.6060/snt.20237503 0006.
22. **Ильченко А.Н., Рычихина Н.С.** Индикативный метод определения потребности предприятия в реструктуризации *Экономический анализ: теория и практика*. 2006. № 20 (77). С. 5-10.
23. **Татаринов К.А., Тяпкина М.Ф.** Управление знаниями в обучающейся организации. *Известия высших учебных заведений. Серия «Экономика, финансы и управление производством» [Ивэкофин]*. 2023. № 02 (56). С. 36-44.
24. **Сизова О.В., Тезин Н.К.** Прогнозирование трафика просмотров новостного ресурса методами искусственного интеллекта. *Известия высших учебных заведений. Серия: Экономика, финансы и управление производством [Ивэкофин]*. 2023. № 4(58). С. 79 - 88. DOI 10.6060/ivecofin.2023584.667.
23. **Tatarinov K.A., Tyapkina M.F.** Knowledge management in a learning organization. *Ivecofin*. 2023. N 02 (56). P. 36-44.
24. **Izova O.V., Tezin N.K.** Forecasting the traffic of views of a news resource using artificial intelligence methods. *Ivecofin*. 2023. N 4(58). P. 79-88. DOI 10.6060/ivecofin.2023584.667.

Поступила в редакцию(Received) 27.03.2025
Принята к опубликованию (Accepted) 24.04.2025