



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Калужский филиал
федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ ИУК «Информатика и управление»

КАФЕДРА ИУК4 «Программное обеспечение ЭВМ, информационные технологии»

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА

«Технологии дополненной реальности, их применение и перспективы развития»

Студент гр. ИУК4-72Б _____ (Алекперов Н.Д.)
(подпись) (Ф.И.О.)

Руководитель _____ (Алёхина Е.Д.)
(подпись) (Ф.И.О.)

Оценка руководителя _____ баллов _____
30-50 (дата)

Оценка защиты _____ баллов _____
30-50 (дата)

Оценка работы _____ баллов _____
(оценка по пятибалльной шкале)

Комиссия: _____ (Гагарин Ю.Е.)
(подпись) (Ф.И.О.)

_____ (Широкова Е.В.)
(подпись) (Ф.И.О.)

_____ (Алёхина Е.Д.)
(подпись) (Ф.И.О.)

*Калужский филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана)*

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой ИУК4

(Гагарин Ю.Е.)
« 02 » сентября 2025 г.

З А Д А Н И Е на НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ РАБОТУ (НИР)

За время выполнения НИР студенту необходимо:

1. Выполните анализ полученной информации по заданной теме, осуществите обработку и систематизацию собранных материалов; сформулируйте выводы, адекватные полученным результатам; подготовьте отчет по выполненной работе.

в том числе:

- изучить принципы работы систем обнаружения вторжений, их классификацию, историю развития и современные подходы к мониторингу сетевой активности;
- рассмотреть методы и алгоритмы машинного обучения, применяемые для обнаружения аномалий, включая классические алгоритмы и современные нейронные сети;
- изучить особенности подготовки датасетов и методов предобработки данных, используемых при обучении IDS (например, NSL-KDD, CIC-IDS2017);
- исследовать вопросы информационной безопасности сетей, определить актуальные угрозы, типы атак и способы предотвращения несанкционированного доступа;
- разработать и реализовать прототип IDS на основе нейронной сети, выявить его преимущества и ограничения по сравнению с классическими подходами.

2. Подготовить реферативный отчет о проделанной работе и защитить результаты НИР.

Дата выдачи задания « 02 » сентября 2025 г.

Дата выдачи задания « 02 » сентября 2025 г.

Руководитель	<u>02.09.2025г.</u>	<u>Е.Д. Алёхина</u>
	(подпись, дата)	(И.О. Фамилия)
Студент	<u>02.09.2025г.</u>	<u>Н.Д. Алекперов</u>
	(подпись, дата)	(И.О. Фамилия)

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ДОПЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ (AR).....	6
1.1. Определение и суть дополненной реальности.....	6
1.2. История развития дополненной реальности	7
1.3. Принцип работы AR-систем.....	9
1.4. Классификация систем дополненной реальности	10
2. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДОПЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ.....	12
2.1. Аппаратное обеспечение для AR	12
2.2. Программное обеспечение и платформы.....	13
2.3. Области применения дополненной реальности.....	15
3. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ AR.....	18
3.1. Текущие тенденции в развитии технологий дополнённой реальности.	18
3.2. Перспективные направления развития дополнённой реальности	19
3.3. Вызовы и ограничения.....	21
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	24
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	25

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы дополненная реальность (AR) стала одним из ключевых направлений развития цифровых технологий, активно внедряясь в самые разные сферы человеческой деятельности — от образования и медицины до промышленности, маркетинга и развлечений. Стремительный рост вычислительных мощностей, развитие мобильных устройств и совершенствование алгоритмов компьютерного зрения делают AR более доступной и функциональной, что подчеркивает её высокий прикладной потенциал.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью системного осмыслиения текущего состояния AR-технологий, анализа их существующих и перспективных применений, а также выработки прогноза их развития. Кроме того, важно учитывать теоретическую ценность изучения принципов работы AR-систем, которые тесно связаны с компьютерными науками, инженерией и когнитивной психологией.

Выбор данной тематики обусловлен личным интересом автора к новейшим информационным технологиям и стремлением к изучению их влияния на трансформацию социотехнических систем. Проведение данного исследования имеет как теоретическую значимость — в контексте классификации и анализа современных технологических решений, — так и практическую ценность, связанную с возможностью их применения в прикладных задачах и будущей профессиональной деятельности.

Целью настоящей научно-исследовательской работы является комплексное изучение технологий дополненной реальности, анализ их текущего применения и выявление перспективных направлений развития данной области.

Задачи исследования:

- Дать теоретическое обоснование понятию «дополненная реальность», рассмотреть её особенности, историю и классификацию.

- Исследовать существующие технологические решения в области AR: аппаратные средства, программные платформы и инструменты разработки.
- Проанализировать современные области применения дополненной реальности и выявить наиболее эффективные практики её внедрения.
- Определить основные вызовы, ограничения и барьеры, с которыми сталкивается развитие AR-технологий на текущем этапе.
- Рассмотреть ключевые тренды и перспективы развития дополненной реальности в ближайшие годы.
- Обосновать практическую и теоретическую значимость AR для различных отраслей и предложить возможные направления дальнейших исследований.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ (AR)

1.1. Определение и суть дополненной реальности

Дополненная реальность (англ. Augmented Reality, AR) — это технология, при которой цифровая информация (изображения, звуки, текст, 3D-объекты и др.) накладывается на восприятие реального мира в режиме реального времени, создавая при этом единое гибридное пространство. В отличие от виртуальной реальности (VR), полностью замещающей физическую среду искусственной, AR сохраняет восприятие реальности, дополняя её интерактивными элементами [5].

Ключевыми признаками AR являются:

- Комбинация реального и виртуального: цифровой контент не заменяет, а дополняет реальный мир.
- Интерактивность в реальном времени: взаимодействие пользователя с цифровыми объектами происходит моментально.
- Привязка к пространству и объектам: виртуальные элементы «закреплены» в определённых координатах, ориентируясь на физическую среду (например, с помощью GPS, камер или датчиков движения).

Одно из наиболее распространённых определений дополненной реальности предложено Рональдом Азума (Ronald Azuma), исследователем AR-технологий. Согласно его формулировке, AR-система должна удовлетворять трём критериям:

- Комбинировать реальность и виртуальность,
- Работать в режиме реального времени,
- Обеспечивать пространственную привязку объектов в трёх измерениях.

Существует несколько форм дополненной реальности в зависимости от способа взаимодействия с пользователем и технологии отображения:

Маркерная AR (marker-based): система использует визуальные маркеры (QR-коды, метки) для определения положения и ориентации.

Безмаркерная AR (markerless) или SLAM (Simultaneous Localization and Mapping): использует данные с камер и датчиков для построения карты окружающего пространства и позиционирования объектов без специальных меток.

Геолокационная AR: основана на данных GPS и компаса, часто используется в мобильных приложениях.

AR на основе проекции: изображение проецируется на физические поверхности.

Таким образом, суть технологии заключается в создании расширенного информационного пространства, где пользователь получает дополнительный уровень восприятия и взаимодействия с окружающей средой. Дополненная реальность открывает новые формы коммуникации и восприятия информации, что делает её актуальной в контексте цифровизации общества и развития высокотехнологичных отраслей.

1.2. История развития дополненной реальности

Развитие технологий дополненной реальности имеет глубокие научно-технические корни, уходящие в середину XX века. Хотя массовое распространение AR началось сравнительно недавно, идеи объединения реального и виртуального пространств возникли задолго до появления современных мобильных устройств и программных платформ.

Ранние этапы (1960–1990-е годы)

Первым прообразом AR-систем считается устройство под названием "Sword of Damocles", разработанное в 1968 году Иваном Сазерлендом (Ivan Sutherland). Это была громоздкая система с дисплеем, крепящимся к потолку, которая отображала простейшие графические объекты в реальном пространстве. Несмотря на ограниченные возможности, эта разработка заложила основы для будущих технологий смешанной и дополненной реальности.

В 1992 году Томас Каделл (Thomas Caudell), инженер компании Boeing, впервые ввёл термин *augmented reality*, описывая систему, предназначенную для помощи в сборке самолётов путём наложения инструкций на рабочие поверхности. [3]

Коммерциализация и исследовательские проекты (1990–2000-е)

В 1990–2000-е годы наблюдается рост интереса к AR в научной среде и начальная коммерциализация технологий. В это время появляются:

- Первые носимые AR-устройства и очки,
- Системы для военной подготовки (например, шлемы с нашлемными дисплеями),
- Исследовательские лаборатории, такие как Human Interface Technology Lab (HIT Lab).

AR начинает использоваться в медицине, архитектуре и образовании. Однако широкое распространение ограничивалось высокой стоимостью оборудования и недостатком вычислительных мощностей.

Смартфоны и поворотный момент (2010-е годы)

Настоящий прорыв произошёл в 2010-х годах благодаря развитию смартфонов с мощными процессорами, камерами и датчиками положения. В этот период появляются:

- Приложение Pokémon GO (2016), продемонстрировавшее массовый интерес к AR;
- Платформы ARKit (Apple) и ARCore (Google), позволяющие разработчикам создавать мобильные AR-приложения без глубоких технических знаний;
- Смарт-очки, такие как Google Glass, Microsoft HoloLens, открывающие возможности для профессионального применения.

Современный этап и текущие тренды

На сегодняшний день AR активно развивается в направлении интеграции с облачными вычислениями, нейросетями и 5G. Всё больше внимания уделяется вопросам пользовательского опыта, интерфейсов и эргономики.

Возникает тренд на смешанную реальность (MR), где границы между AR и VR размываются, создавая более погружённое взаимодействие.

Таким образом, история дополненной реальности представляет собой путь от научной идеи к прикладному инструменту с огромным потенциалом трансформации повседневной жизни и профессиональной деятельности.

1.3. Принцип работы AR-систем

Технологии дополненной реальности представляют собой интеграцию различных аппаратных и программных компонентов, обеспечивающих наложение цифровой информации на реальную среду в режиме реального времени. Основная задача AR-систем — обеспечить точное пространственное совмещение виртуальных объектов с элементами физического мира таким образом, чтобы пользователь воспринимал их как часть единого визуального пространства.

Работа таких систем начинается с анализа окружающей среды. С помощью камер устройство фиксирует изображение в реальном времени, а встроенные датчики, такие как гироскопы, акселерометры, GPS-модули или более современные LiDAR-системы, помогают определить положение и ориентацию устройства в пространстве. Полученные данные позволяют программному обеспечению построить трёхмерную модель сцены, выявить плоскости, объекты или маркеры, а также установить координаты для размещения цифрового контента.

После определения параметров окружающего мира система приступает к визуализации. Алгоритмы машинного зрения и компьютерной графики анализируют изображение и накладывают на него цифровые объекты с учётом масштаба, перспективы, освещения и других факторов. При этом важно, чтобы интеграция происходила в реальном времени, без заметных задержек, иначе пользователь не будет воспринимать виртуальные элементы как часть физической сцены.

Отображение дополненной информации осуществляется через различные устройства: экраны мобильных телефонов, планшетов, смарт-очков или

проекционные дисплеи. Современные интерфейсы также позволяют пользователю взаимодействовать с элементами дополненной реальности с помощью прикосновений, жестов, голосовых команд или направленного взгляда, что делает работу с AR-средой интуитивно понятной и интерактивной.

Таким образом, принцип функционирования AR-систем основан на динамичном взаимодействии трёх ключевых процессов: захват окружающей среды, анализ полученной информации и визуальное отображение цифрового контента, встроенного в реальность. Слаженная работа всех этих элементов обеспечивает достоверное и логичное слияние физического и виртуального миров, что и является сущностью дополненной реальности как технологии.

1.4. Классификация систем дополненной реальности

Системы дополненной реальности отличаются высоким уровнем технологического разнообразия, что обусловлено как разными способами взаимодействия с пользователем, так и вариативностью технических решений. В научной и прикладной литературе выделяется несколько оснований для классификации AR-систем, наиболее распространённые из которых связаны с типом используемых устройств и принципом работы системы позиционирования и отображения.

Одним из основных критериев классификации является тип аппаратной платформы. В этом контексте можно выделить мобильные AR-системы, основанные на использовании смартфонов и планшетов, стационарные решения, применяемые, например, в музеях или торговых точках, а также носимые устройства, такие как очки или шлемы дополненной реальности. Каждая из этих категорий имеет свои особенности: мобильные решения удобны и массово доступны, стационарные — стабильны и часто обеспечивают высокое качество визуализации, а носимые устройства создают наибольший эффект присутствия за счёт естественного встраивания в поле зрения пользователя.

Другим важным основанием для классификации является технология отслеживания и наложения цифровой информации. Наиболее ранним и широко

применявшимся подходом была маркерная технология, при которой виртуальные объекты привязываются к специально распечатанным маркерам — двумерным графическим меткам, распознаваемым камерой устройства. Этот метод относительно прост в реализации, но ограничен в применении, так как требует наличия физических маркеров в поле зрения [5], [6].

Более современным и гибким решением являются системы безмаркерной дополненной реальности, основанные на технологиях SLAM (Simultaneous Localization and Mapping). Они позволяют устройству одновременно строить карту окружающей среды и определять своё положение в ней, что обеспечивает динамичную и точную интеграцию виртуальных объектов даже в незнакомом или изменяющемся пространстве.

Особое место занимает геолокационная дополненная реальность, которая ориентируется на данные глобального позиционирования (GPS), акселерометра и компаса. Такие системы находят широкое применение в наружной навигации и туристических приложениях, а также в играх, где важна привязка к реальным координатам пользователя.

Наконец, стоит упомянуть проекционные AR-системы, где изображение проецируется непосредственно на физические поверхности без использования дисплеев. Этот подход часто применяется в индустриальных и выставочных решениях, а также рассматривается как перспективное направление для создания «невидимых» интерфейсов.

Таким образом, классификация AR-систем позволяет систематизировать технологические решения в данной области и способствует более точному выбору подхода в зависимости от целей и условий применения. Понимание разновидностей AR-технологий является необходимым условием для их эффективного внедрения в научную, образовательную и производственную практику.

2. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

2.1. Аппаратное обеспечение для AR

Функционирование технологий дополненной реальности невозможно без специализированного аппаратного обеспечения, обеспечивающего захват, обработку и отображение информации в реальном времени. Аппаратная платформа определяет не только производительность AR-системы, но и её сферу применения, эргономику, уровень погружения и точность взаимодействия с окружающей средой.

Одним из наиболее распространённых типов оборудования являются мобильные устройства — смартфоны и планшеты, оснащённые камерами, гироскопами, акселерометрами и GPS-модулями. Благодаря своей доступности и широкому распространению, именно мобильные устройства стали ключевыми платформами для популяризации AR в массовом сегменте. Такие решения находят применение в играх, маркетинге, образовании и навигации. Однако они обладают ограничениями в плане эргономики и погружения, так как пользователь должен удерживать устройство перед собой. [10]

Более продвинутым решением являются носимые устройства, к которым относятся очки и шлемы дополненной реальности. Наиболее известными представителями этой категории являются Microsoft HoloLens, Magic Leap, а также более ранние разработки, такие как Google Glass. Эти устройства позволяют накладывать информацию непосредственно на поле зрения пользователя, обеспечивая более естественное взаимодействие и освобождая руки. В HoloLens, например, реализована пространственная ориентация с помощью интегрированных сенсоров и камер, что позволяет точно располагать виртуальные объекты в реальной среде.

Отдельной категорией можно выделить индустриальные AR-устройства, которые предназначены для профессионального использования в условиях производства, технического обслуживания или логистики. Эти системы часто включают в себя проекционные технологии, нашлемные дисплеи или

интеграцию с системами дополненного зрения (например, в авиации или медицине).

Современные AR-устройства оснащаются различными сенсорами, среди которых особую роль играют LiDAR-сканеры — лазерные дальномеры, позволяющие точно определить расстояние до объектов и создавать 3D-карту окружающего пространства. Такие технологии активно внедряются в устройства Apple (iPad Pro, iPhone Pro), что открывает новые возможности для потребительского рынка.

Дополнительно следует отметить значение производительных графических процессоров (GPU), модулей беспроводной связи (Wi-Fi, Bluetooth, 5G) и энергоэффективных батарей, без которых невозможно обеспечение автономной работы AR-устройств. Также ведутся разработки в области миниатюризации компонентов и создания контактных AR-линз, которые могут стать следующим этапом в эволюции аппаратной платформы.

Таким образом, современное аппаратное обеспечение для дополненной реальности представляет собой быстро развивающийся и разнообразный сегмент, охватывающий как массовые потребительские устройства, так и высокоспециализированные профессиональные решения. Выбор конкретного аппаратного средства зависит от задачи, условий эксплуатации и требований к качеству взаимодействия с виртуальными элементами.

2.2. Программное обеспечение и платформы

Эффективная работа дополненной реальности невозможна без мощной программной поддержки, обеспечивающей распознавание объектов, обработку данных с датчиков, отрисовку цифрового контента и взаимодействие с пользователем. Современное программное обеспечение для AR охватывает как низкоуровневые движки и алгоритмы, так и визуальные платформы и конструкторы приложений, предназначенные для разработчиков с разным уровнем подготовки.

Одним из центральных элементов любой AR-системы является движок дополненной реальности — программная среда, которая объединяет функции

трекинга, визуализации, пространственного анализа и взаимодействия. Наиболее популярными движками являются ARKit от компании Apple и ARCore от Google. ARKit интегрирован в экосистему iOS и работает исключительно на устройствах Apple, обеспечивая высокую точность определения плоскостей, освещения и движения. [5] ARCore, в свою очередь, разработан для Android-устройств и предоставляет схожий функционал, включая поддержку SLAM-технологий и API для пространственного взаимодействия.

Для кроссплатформенной разработки широко используется Unity — игровой движок с поддержкой дополненной и виртуальной реальности. С помощью специализированных плагинов, таких как Vuforia, AR Foundation, EasyAR и других, разработчики могут создавать AR-приложения для различных операционных систем. Unity предоставляет гибкие средства управления 3D-объектами, физикой, анимацией и взаимодействием, что делает его ключевым инструментом в образовательных, развлекательных и коммерческих проектах.

Не менее важную роль играют облачные сервисы и фреймворки, обеспечивающие хранение, обработку и синхронизацию данных в распределённых AR-средах. Такие решения позволяют создавать многопользовательские сценарии, отслеживать объекты в разных географических точках и использовать данные искусственного интеллекта для распознавания контента. Среди таких платформ можно выделить Microsoft Azure Mixed Reality Services, 8thWall, Niantic Lightship и Snap AR.

Существует и ряд визуальных редакторов и конструкторов, ориентированных на пользователей без опыта программирования. Например, ZapWorks или BlippAR позволяют создавать интерактивные AR-эффекты для социальных сетей и маркетинговых кампаний, интегрируя трёхмерные модели, анимации, аудио и логические сценарии через визуальные интерфейсы.

Также важно отметить развитие инструментов для web-AR — дополненной реальности, функционирующей прямо в браузере без

необходимости установки приложений. Технологии, такие как WebXR и A-Frame, дают возможность встраивать AR-сценарии в веб-страницы, что особенно актуально для коммерческого и образовательного использования в условиях ограниченного доступа к нативным платформам.

Таким образом, программное обеспечение для дополненной реальности охватывает широкий спектр инструментов — от профессиональных SDK и движков до визуальных конструкторов и облачных сервисов. Его выбор определяется целями проекта, уровнем подготовки разработчиков, техническими возможностями устройства и потребностями конечного пользователя. Постоянное развитие алгоритмов компьютерного зрения, нейросетей и взаимодействия с реальным пространством способствует повышению качества, интерактивности и доступности AR-технологий.

2.3. Области применения дополненной реальности

Дополненная реальность на современном этапе активно внедряется в самые разные сферы деятельности, предлагая новые форматы визуализации, обучения, навигации и взаимодействия с цифровым контентом. В отличие от традиционных интерфейсов, AR позволяет пользователю оставаться в физической среде, обогащая её информацией и повышая эффективность восприятия. Успешные кейсы применения данной технологии можно найти как в потребительском сегменте, так и в профессиональной и промышленной среде.

Одним из наиболее заметных направлений применения AR остаётся развлечения и реклама. В этой сфере дополненная реальность используется для создания интерактивных игр (например, Pokémon GO), фильтров и масок в социальных сетях, а также креативных маркетинговых кампаний с вовлечением аудитории. Благодаря своей способности привлекать внимание и вызывать эмоциональный отклик, AR активно применяется в digital-рекламе, наружной рекламе и оформлении торговых пространств.

Образование является другой важной сферой внедрения AR. Интерактивные визуализации сложных понятий, моделирование исторических или биологических процессов, а также возможность взаимодействия с

трёхмерными объектами делают обучение более наглядным и интересным. Технологии AR находят применение как в школьном, так и в вузовском образовании, особенно по таким дисциплинам, как анатомия, физика, химия, архитектура и инженерия. [8]

Не менее значимым направлением является медицина. Здесь дополненная реальность используется в подготовке врачей, проведении сложных операций, диагностике и визуализации данных. Например, хирург может видеть проекцию внутренних органов пациента на его тело во время операции, а медицинские студенты могут изучать анатомию с помощью AR-моделей, которые можно вращать, масштабировать и «разбирать».

В промышленности и производстве AR применяется для технического обучения персонала, удалённой поддержки, а также в процессе сборки и технического обслуживания оборудования. Инженер может, например, получать пошаговые инструкции поверх реального объекта, что существенно сокращает время на обучение и снижает вероятность ошибок. Также AR используется на этапах проектирования и прототипирования, когда виртуальные модели могут быть размещены в физическом контексте для оценки их соответствия.

Логистика и навигация — ещё одно направление применения. AR может обеспечивать визуальные подсказки в аэропортах, торговых центрах или музеях, облегчая ориентацию в пространстве. В складской логистике технологии AR помогают сотрудникам быстрее находить и обрабатывать заказы, накладывая маршруты и инструкции непосредственно на видимую сцену.

В архитектуре и дизайне AR даёт возможность визуализировать будущие здания и интерьеры в реальной среде до начала строительства. Клиенты могут в реальном времени «прогуляться» по ещё несуществующему помещению, оценить планировку, освещение и декор.

Таким образом, технологии дополненной реальности становятся универсальным инструментом, повышающим эффективность, вовлечённость и

качество взаимодействия в различных сферах человеческой деятельности. По мере совершенствования аппаратных и программных решений список областей применения AR продолжает стремительно расширяться.

3. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ AR

3.1. Текущие тенденции в развитии технологий дополнённой реальности На современном этапе дополненная реальность (AR) переживает активную фазу развития, обусловленную технологическим прогрессом, ростом интереса со стороны индустрии и расширением пользовательского спроса. Текущие тенденции в этой области формируются под влиянием нескольких ключевых факторов: увеличения вычислительной мощности устройств, интеграции искусственного интеллекта, совершенствования сенсорных систем и стремления к созданию более естественного, «прозрачного» взаимодействия человека с цифровым пространством.

Одной из наиболее заметных тенденций является конвергенция AR с другими передовыми технологиями, прежде всего с искусственным интеллектом и машинным обучением. Благодаря этому значительно расширяются возможности распознавания объектов, лиц, жестов, а также обеспечивается более точное отслеживание движений пользователя и более интеллектуальное поведение цифровых объектов. Развитие нейросетевых алгоритмов позволяет системам AR не только анализировать изображение, но и «понимать» контекст, в котором находится пользователь.

Другая важная тенденция — переход от экранных форматов к носимым устройствам. Если ранее основное использование AR происходило через смартфоны и планшеты, то сегодня всё большее внимание уделяется очкам и гарнитурам дополненной реальности. Microsoft HoloLens 2, Magic Leap 2, а также перспективные разработки Apple ориентированы на создание лёгких, автономных и интуитивно понятных устройств, обеспечивающих более глубокую интеграцию виртуального и физического миров.

Значительное внимание уделяется также развитию web-AR — дополненной реальности, доступной через браузер без установки приложений. Эта тенденция делает технологию более доступной, особенно в маркетинге, образовании и электронной коммерции, где важна скорость и удобство доступа к контенту.

Технологии пространственного позиционирования и взаимодействия с физическим окружением также совершенствуются. Речь идёт о так называемом пространственном восприятии (spatial awareness), позволяющем AR-системам точно определять геометрию и структуру окружающей среды, включая динамически изменяющиеся объекты. Использование LiDAR, стереокамер и SLAM-алгоритмов обеспечивает высокую точность наложения и стабильность виртуальных объектов в реальном пространстве.

Одновременно усиливается тренд на индустриализацию AR, то есть на масштабное внедрение в профессиональных сферах: производстве, логистике, медицине, строительстве. Здесь дополненная реальность рассматривается не как развлекательный инструмент, а как средство повышения эффективности, снижения ошибок, ускорения обучения персонала и обеспечения удалённой поддержки.

Наконец, отмечается устойчивый рост интереса к социальному и многопользовательскому AR- опыту, что предполагает возможность совместного взаимодействия нескольких пользователей с одними и теми же виртуальными объектами в реальной среде. Это требует развития облачных платформ, синхронизации данных и обеспечения низкой задержки связи, включая использование сетей 5G.

Таким образом, текущие тенденции в развитии AR-технологий направлены на повышение реалистичности, автономности и полезности систем дополненной реальности. Их дальнейшее развитие закладывает основу для формирования более тесной связи между цифровым и физическим мирами, трансформируя способы работы, обучения, коммуникации и восприятия информации.

3.2. Перспективные направления развития дополнённой реальности
Дополненная реальность как технология демонстрирует устойчивую тенденцию к интеграции в повседневную жизнь, а её дальнейшее развитие связано с рядом перспективных направлений, которые уже сегодня определяют облик цифрового будущего. Эти направления охватывают как

совершенствование технической базы, так и расширение функциональности, пользовательского опыта и сферы применения.

Одним из ключевых направлений является разработка компактных и удобных носимых AR-устройств нового поколения. Ведущие технологические компании стремятся создать очки дополненной реальности, которые будут внешне не отличимы от обычных, но при этом сохранят высокую производительность и энергоэффективность. Это требует прорывов в области миниатюризации компонентов, особенно дисплеев, батарей и сенсоров. Ведутся исследования в области микрооптики, голографических и волноводных дисплеев, а также использования квантовых точек и новых материалов.

Не менее перспективным направлением является AR в медицинской диагностике и хирургии. Предполагается активное внедрение технологий дополненной реальности в повседневную клиническую практику — от навигации во время операций до реабилитации и терапии пациентов. Использование AR позволяет повысить точность медицинских вмешательств и сократить количество ошибок, а также обеспечить пациенту визуализацию процедур и результатов лечения.

Большие ожидания связываются с развитием AR в образовании и научных исследованиях. Персонализированные учебные среды, интерактивные лабораторные практикумы, дистанционные AR-курсы — всё это делает процесс обучения более наглядным, вовлекающим и эффективным. Особенно важным является создание доступных образовательных платформ, интегрирующих AR с искусственным интеллектом и адаптивным обучением.

Отдельное внимание уделяется синтезу AR с технологиями метавселенных и цифровых двойников. В этом контексте дополненная реальность рассматривается как один из инструментов для построения гибридного мира, где физическая и виртуальная реальности сливаются в единое пространство взаимодействия. Такой подход востребован в промышленности, строительстве и городской инфраструктуре, где создаются цифровые копии объектов для мониторинга и управления в реальном времени.

Большим потенциалом обладает использование AR в сфере культуры, туризма и сохранения наследия. Разработка интерактивных гидов, исторических реконструкций, «оживающих» экспонатов музеев и памятников даёт возможность формировать новое качество восприятия культурных объектов и расширять доступ к ним для широкой аудитории.

Также предполагается дальнейшее развитие нейроинтерфейсов и интеграции AR с биообратной связью, что может привести к созданию полностью управляемых мысленно AR-систем. Такие технологии пока находятся на стадии исследований, однако в будущем могут стать частью высокоинтерактивной среды для людей с ограниченными возможностями или в условиях экстремальных операций (например, в космосе или под водой).

Таким образом, перспективные направления развития дополненной реальности охватывают широкий спектр технологических, гуманитарных и социальных векторов. Их реализация способна радикально трансформировать подходы к коммуникации, обучению, труду и досугу, а сама AR становится не просто инструментом визуализации, а важной частью цифровой экосистемы будущего.

3.3. Вызовы и ограничения

Несмотря на впечатляющие достижения в области дополненной реальности и высокий интерес со стороны индустрии и научного сообщества, развитие AR сопровождается рядом серьёзных проблем и вызовов, которые затрудняют её повсеместное внедрение и требуют системного подхода к решению.

Одна из главных проблем — технические ограничения аппаратных средств. Современные AR-устройства всё ещё далеки от идеала: они громоздки, дорогостоящи, обладают ограниченным временем автономной работы и часто вызывают дискомфорт при длительном использовании. Особенно остро стоит задача повышения производительности при одновременной миниатюризации компонентов, что требует новых инженерных решений, в том числе в области энергосбережения, оптики и теплового управления.

Вторым важным барьером является недостаточная зрелость программного обеспечения и отсутствие единых стандартов. Различные платформы AR используют несовместимые SDK, API и форматы данных, что затрудняет создание универсальных и кроссплатформенных решений. Кроме того, разработка качественного AR-приложения требует высокой квалификации специалистов и значительных ресурсов, особенно при необходимости интеграции с ИИ, облачными вычислениями или внешними базами данных.

Эргономические и когнитивные вызовы также остаются актуальными. Длительное использование AR может вызывать утомление, ухудшение концентрации и даже расстройства вестибулярного восприятия. Для снижения этих рисков необходимо учитывать особенности восприятия информации человеком, разрабатывать адаптивные интерфейсы и продумывать сценарии взаимодействия с учётом пользовательского опыта [2], [5].

Существенной проблемой является конфиденциальность и безопасность данных. AR-системы собирают и анализируют большое количество информации об окружающей среде, а также о действиях и биометрии пользователя. Это порождает риски несанкционированного доступа, слежки и утечки персональных данных. Правовые аспекты, связанные с регулированием использования AR, находятся пока на ранней стадии развития, что создаёт правовую неопределённость для бизнеса и пользователей.

Кроме того, социально-культурные и этические аспекты внедрения AR требуют тщательного анализа. Массовое распространение дополненной реальности может привести к изменению поведения, восприятия реальности, форм общения и даже культурных норм. Важно учитывать возможные последствия «растворения» границ между физическим и цифровым мирами и разрабатывать технологии с опорой на принципы гуманистики и этики.

Наконец, препятствием остается стоимость технологии. Высокая цена как оборудования, так и разработки решений делает AR недоступной для многих учреждений и пользователей. Лишь со временем, по мере развития массового

рынка и снижения издержек, можно ожидать расширения доступности AR-продуктов и их встраивания в повседневную жизнь.

Таким образом, развитие дополненной реальности сопровождается комплексом технических, социальных, правовых и экономических вызовов. Решение этих проблем требует координации усилий инженеров, программистов, дизайнеров, юристов, социологов и педагогов, чтобы обеспечить безопасное, эффективное и устойчивое внедрение AR в различные сферы человеческой деятельности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения научно-исследовательской работы была проведена комплексная аналитика теоретических основ, технологических аспектов и перспектив развития дополнённой реальности (AR). Рассмотрение ключевых понятий и принципов функционирования AR позволило понять сущность этой технологии как формы смешанной реальности, в которой цифровая информация интегрируется в физическую среду в реальном времени.

Во второй главе были проанализированы современные программные и аппаратные решения, обеспечивающие функционирование AR-систем, а также представлены основные направления её применения. Особое внимание уделено таким сферам, как образование, медицина, промышленность, маркетинг и логистика. Это демонстрирует, что дополнённая реальность перестаёт быть исключительно развлекательной технологией и превращается в мощный инструмент повышения эффективности в различных отраслях.

Третья глава была посвящена анализу текущих тенденций и будущих перспектив. Выявлены ключевые направления развития AR, включая интеграцию с искусственным интеллектом, переход к носимым устройствам нового поколения, расширение возможностей web-AR, развитие многопользовательских сценариев и взаимодействия с метавселенными. Вместе с тем рассмотрены и вызовы, стоящие на пути широкого внедрения дополнённой реальности: технические ограничения, отсутствие стандартов, вопросы безопасности, правовое регулирование и этические риски.

Таким образом, можно заключить, что дополнённая реальность — это высокодинамичная и многообещающая технологическая область, которая способна изменить методы коммуникации, обучения, работы и восприятия информации. Однако дальнейшее развитие AR требует комплексного междисциплинарного подхода, включающего инженерные, юридические, гуманитарные и управлочные решения. Результаты данной работы могут быть полезны как в теоретическом, так и в прикладном аспекте — для студентов, разработчиков, исследователей и представителей индустрии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аверченков, В.И. Основы научного творчества [Электронный ресурс]: учеб. пособие/ В.И. Аверченков, Ю.А. Малахов. — Брянск: Брянский государственный технический университет, 2012. — 156 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/7004>.
2. Белов, А. М. Информационная безопасность в системах дополненной реальности // Информационные технологии и защита информации. – 2021. – № 3. – С. 58–65.
3. Рыжков, И.Б. Основы научных исследований и изобретательства. [Электронный ресурс]: учеб. пособие / И.Б. Рыжков. — СПб.: Лань, 2013. — 224 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/30202>.
4. Астанина, С.Ю. Научно-исследовательская работа студентов (современные требования, проблемы и их решения) [Электронный ресурс]: монография/ С.Ю. Астанина, Н.В. Шестак, Е.В. Чмыхова. — М.: Современная гуманитарная академия, 2012.— 156 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16934>.
5. Григорьев, Д. В., Мурашов, Н. А. Аппаратные средства и технологии дополненной реальности: обзор и перспективы // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2021. – № 6. – С. 23–30.
6. Губарев, В.В. Квалификационные исследовательские работы [Электронный ресурс]: учеб. пособие/ В.В. Губарев, О.В. Казанская. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014. — 80 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47691>.
7. Половинкин, А.И. Основы инженерного творчества. [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.И. Половинкин.— СПб : Лань, 2019. — 364 с.— Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/123469>.
8. Камышанский, В. А. Дополненная реальность в маркетинге: технологические аспекты и примеры реализации // Маркетинг и логистика. – 2021. – № 4. – С. 36–42.

9. Новиков, Ю.Н. Подготовка и защита бакалаврской работы, магистерской диссертации, дипломного проекта [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.Н. Новиков. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 34 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/122187>.

10. Милованов, С. Н. AR/VR-технологии в промышленности и образовании: практический опыт и направления развития // Информационные технологии и телекоммуникации. – 2022. – № 3. – С. 17–24.

11. Рекомендации по написанию и оформлению курсовой работы, выпускной квалификационной работы и магистерской диссертации [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие/ Е.В. Зудина [и др.]. — Волгоград: Волгоградский государственный социально-педагогический университет, 2016. — 57 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/57785>.