

## Глава 3.13. Расширенная реальность (VR|AR|MR)



Александр Лавров

«Эра пространственных вычислений уже наступила»

генеральный директор Apple Тим Кук, 2024 год

### Введение

В последние годы тема этой главы является широко и активно обсуждаемой в IT сообществе. Многие мировые технологические лидеры участвуют в 4-й волне развития вычислительных платформ, основанной на расширенной реальности (XR). Этой волне предшествовали: появление персональных компьютеров, изобретение интернета и повсеместное использование мобильных устройств (см. Рис. 3.13.1).

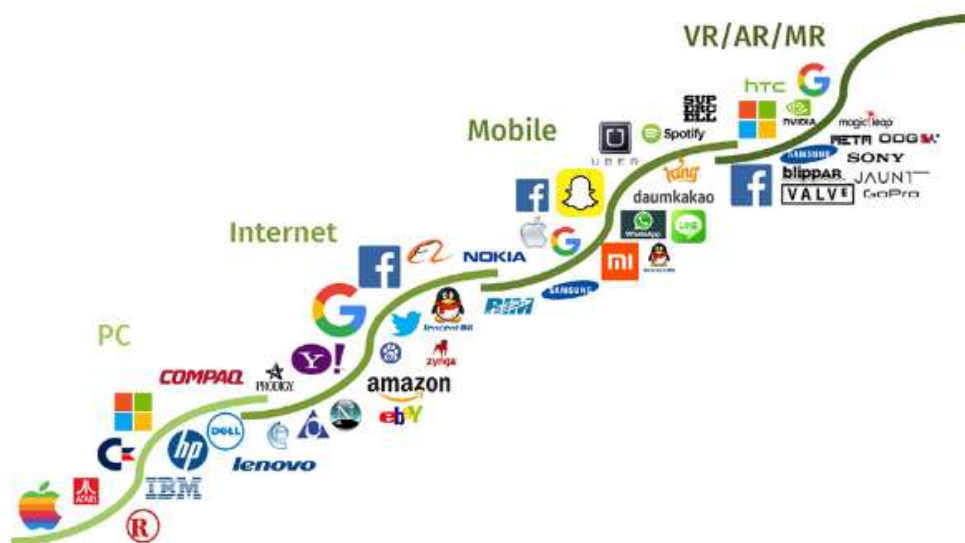


Рис. 3.13.1. Схема волн развития вычислительных платформ. Источник: см. [Ссылка 3.13.1.](#)

**Расширенная реальность (Extended reality, XR)** — международное сокращение, применяемое вместо VR/AR/MR, когда необходимо упомянуть весь набор данных технологий.

**Виртуальная реальность (Virtual reality, VR)** — созданный техническими средствами мир, передаваемый человеку через его ощущения: зрение, слух, обоняние, осязание и др.

**Дополненная реальность AR (Augmented reality)** — результат введения в поле восприятия любых сенсорных данных с целью дополнения сведений об окружении и улучшения восприятия информации.

**Смешанная реальность MR (Mixed reality)** — результат объединения реального и виртуального миров для создания новых окружений и визуализаций, где физический и цифровой объекты сосуществуют и взаимодействуют в реальном времени.

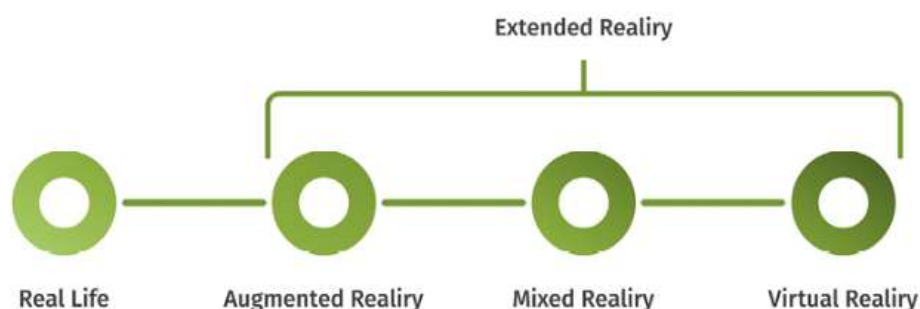


Рис. 3.13.2. Схема уровней реальности в разрезе цифровых технологий.

Основной причиной интереса бизнеса к XR является возможность переживания пользователем опыта в виртуальной среде или дополненной цифровыми объектами среде, что может быть использовано в B2B продуктах и решениях. Возможность этого переживания обеспечивается иммерсивностью виртуальной среды (от англ. immersive — «создающий эффект присутствия, погружения, вовлечения») или погружением в виртуальную среду — это восприятие физического присутствия в не-физическом мире. Восприятие создается техническим путем окружения пользователя системы VR изображениями, звуками или другими стимулами, которые обеспечивают общую среду.

**Погружение** — это состояние, когда субъект перестает осознавать свое физическое состояние. Оно зачастую сопровождается интенсивной концентрацией, потерей ощущения времени и физической реальности (окружающего пространства).

**Степень погружения** — уровень того, насколько человек ощущает себя в виртуальной реальности. XR-технологии стали прорывом именно благодаря тому, что они предлагают более глубокий уровень погружения, чем все предыдущие технологии.

Степень же погружения определяется согласованием испытываемых ощущений с теми, к которым привык человек в реальном мире (или воплощением его представлений о неких ощущениях и возможном реальном опыте).

В отличие от пассивного участия в фильме, созерцания картины или традиционного спектакля, виртуальная реальность позволяет взаимодействовать с виртуальной средой. Можно привести пример: в отличие от привычной компьютерной игры на экране, когда вокруг него обычное пространство, игрок в VR видит вокруг себя только интерактивный виртуальный мир.

В настоящее время выделяют три уровня погружения в XR.

- **Неиммерсивная.** Неиммерсивная XR — это разновидность XR, которая предоставляет пользователям сгенерированную компьютером среду без ощущения погружения в виртуальный мир. Главная особенность неиммерсивной системы заключается в том,

что пользователи могут сохранять контроль над физическим окружением, осознавая происходящее вокруг: звуки, визуальные и тактильные эффекты. Этот уровень часто игнорируется как категория XR, поскольку он уже так широко используется в повседневной жизни. Этот уровень обеспечивает созданную техническими средствами среду, но позволяет пользователю контролировать свое физическое окружение. Это кино, традиционный театр, видеоигры и т.д.

- **Полуиммерсивная.** Полуиммерсивный виртуальный опыт предоставляет пользователям частично виртуальную среду. Она дает пользователям ощущение присутствия в другой реальности, но также позволяет оставаться на связи с физическим окружением. Эта категория обеспечивает реалистичность за счет более детализированной графики, позволяющей создать более полноценное ощущение среды. Полуиммерсивная XR часто используется в образовательных или учебных целях и опирается на дисплеи высокого разрешения, мощные компьютеры, проекторы или аппаратные симуляторы, которые частично повторяют дизайн и функциональность реальных устройств.
- **Иммерсивная.** Данный уровень погружает пользователя в виртуальную среду так глубоко, что он теряет связь с физическим миром на время погружения. Чтобы ощутить и взаимодействовать с виртуальной средой, пользователю необходима соответствующая XR система. Просмотр сочетается с возможностью управления средой для создания иммерсивного опыта. Для не-развлекательных проектов XR дает возможность дешево (по сравнению с физическими альтернативами) тестировать проектные гипотезы, массово и безопасно учить, привлекать инвестиции и покупателей, виртуально демонстрируя продукты или концепты и т.д.

В науке и промышленности XR базируется на **компьютерном моделировании**, когда прямой натурный эксперимент дорог, дорог, зачастую просто опасен, и, по сути, невозможен. Также эти технологии напрямую связаны с развитием технологий цифровых двойников (см. главу «Цифровые двойники»).

Далее в главе речь пойдет только об иммерсивной XR.

## Краткая история

Термин «виртуальная реальность» впервые использовал французский писатель Антонен Арто в сборнике эссе «Театр и его двойник» в 1938 году. Под виртуальной реальностью он подразумевал созданный **техническими** средствами мир, в котором человек ощущает себя близко к тому, как он себя ощущает в реальном мире. Тогда, конечно, не было никаких шлемов или специальных очков. Люди смотрели театральные представления и кинофильмы на большом экране. Для них это погружение было достаточно глубоким.

Дополненная реальность впервые появилась в 1901 году в фантастическом романе автора «Волшебника страны Оз» Лаймана Фрэнка Баума «Главный ключ» где он описал некое устройство, способное пометать в режиме реального времени людей буквами, указывающими на их характер и уровень интеллекта.

Устройства виртуальной реальности, которые заложили основы всей индустрии, создают с 60-х годов. Но применялись они в первую очередь для научных целей, на дорогах военных тренажерах и в других малодоступных большинству компаний сегментах.

В 1978, Стив Манн придумал первое приспособление для AR — EyeTap. В нем использовалась камера и дисплей, дополняющий реальный мир в режиме реального времени.

Первое массовое использование дополненной реальности стало возможно благодаря Дену Рейтону, который в 1982 году использовал радар и камеры в космосе для того, чтобы показать движение воздушных масс, циклонов и ветров в телевизионных прогнозах погоды. AR до сих пор используется таким образом на телевидении.

В 1990-е довольно широкое распространение получили так называемые CAVE системы, чья стоимость обычно начиналась от миллиона долларов. Также существовало большое количество виртуальных тренажеров, в которых использовался реальный объект обучения (например, самолет). Вместо стекол в таких тренажерах вставлялись экраны, отображающие компьютерную симуляцию, управляемую действиями обучаемого. Такие тренажеры существуют и сейчас, т.к. в ряде профессий с высоким уровнем ответственности даже малейшее отклонение может привести к наработке ложного навыка.

В 90-е поиск новых способов использования AR продолжился, а ученый Том Коделл впервые предложил термин «дополненная реальность». Перед ним и его коллегой поставили задачу: снизить затраты на дорогие диаграммы, которые использовали для разметки заводских зон по сборке самолетов Боинг. И решением стала замена фанерных знаков с обозначениями на специальные шлемы, которые отображали информацию для инженеров. Это позволило не переписывать обозначения каждый раз вручную, а просто изменять их в компьютерной программе.

В 1999 году Хироказу Като создал открытую библиотеку ARToolKit для написания AR-приложений. Она позволяла синхронизировать картинку реальной и виртуальной камер, что давало возможность накладывать компьютерную графику на специальные маркеры. Этот момент считается началом современного этапа развития дополненной реальности.

В 2012 году была представлена ранняя версия VR-шлема Oculus Rift, которая в дальнейшем собрала за 36 часов более 1 млн долларов с помощью краудфандинга. С этого начался бурный современный этап развития этой индустрии. Главной характеристикой этого этапа стала демократизация виртуальной реальности. Она стала доступна широким массам людей, а тем более компаниям. Ключевую роль в этом сыграла готовность аппаратных компонент, которые к этому моменту уже стали дешевыми и распространенными благодаря рынку мобильных устройств.

На момент 2024 года на рынке существуют сотни XR-устройств, ряд из которых выпускается миллионными партиями. Именно у них есть шанс стать по-настоящему массовыми: они сравнимы по стоимости со смартфонами, обладают мощными вычислительными ресурсами, имеют большое количество сторонних разработчиков приложений и выглядят привлекательными потребительскими устройствами.

## Современное состояние рынка и прогноз

Одной из текущих проблем внедрения XR-технологий является опасение, что они в очередной раз прекратят свое существование, как уже было в 60-х и 90-х годах. Для того, чтобы XR получил массовое распространение, значительная часть человечества должна начать использовать эти технологии, как это произошло с персональными компьютерами, интернетом и мобильными устройствами. Это значит, что XR-технологии должны стать технологиями ежедневного потребления.

На текущий момент мы можем оперировать следующей статистикой ([Ссылка 3.13.2](#)):

- К концу 2022 года в мире было продано 51 миллион VR устройств;
- 27,7 миллионов устройств продано по предварительным оценкам в 2023 году
- В мире насчитывается более 171 млн пользователей VR;
- 65% продаж VR устройств пришелся на 2021 и 2022 годы
- 70% потребителей, владеющих гарнитурами VR, покупали на них игры или программы;
- 99,8% ([Ссылка 3.13.3](#)) существующих мобильных устройств так или иначе поддерживают AR;
- Крупные технологические компании Microsoft, Google, Sony, Meta ([Ссылка 3.13.4](#)), HTC и другие развивают это направление и считают его следующим за мобильными устройствами этапом развития;
- Apple, считающаяся компанией, устанавливающей тренды в области потребительской электроники, выпустила собственное устройство Apple Vision Pro.
- На данный момент практически каждый IT-гигант имеет собственное массово продаваемое XR-устройство или целую экосистему XR.

В долгосрочном прогнозе Statista ([Ссылка 3.13.5](#)) предполагает, что общее количество проданных устройств достигнет 100 миллионов за 2024 год. На пути массового внедрения стоит достаточно много серьезных технических сложностей, о которых мы поговорим в следующих разделах этой главы.

Следует понимать, что массовое внедрение не происходит на уровне ежедневного использования технологии обывателем. Для бизнеса XR уже сейчас является доступной и применимой на практике технологией.

По итогам 2022 года выручка российских разработчиков технологий виртуальной и дополненной реальности (VR/AR) увеличилась на 83% по сравнению с 2021 годом и достигла 1,9 млрд руб. ([Ссылка 3.13.6](#)).

Российская XR индустрия традиционно имеет сильный сегмент разработчиков программных продуктов и контента. Оборудование же используется преимущественно доступное на рынке китайское (Pico, DPVR и т.д.)



Рис. 3.13.3. Прогноз количества XR устройств в мире

## Архитектура XR

Любая XR-система является программно-аппаратным комплексом, создаваемым под конкретную задачу путем интеграции различных компонент.

Каждая XR система включает в себя:

- Периферийное оборудование;
- Программное обеспечение;
- Контент;
- Вычислительную подсистему.

Оборудование в большинстве систем является типовым и коммерчески доступным, как и ПО для разработки. Уникальность XR-проекта при этом достигается путем создания контента в предметной области проекта, программирования бизнес-логики и человеко-машинного интерфейса.

Вышеперечисленные компоненты могут быть интегрированы в комплексные фреймворки под конкретные задачи. На Рис. 3.13.3 представлен пример такой системы для обучения рабочих промышленных предприятий.

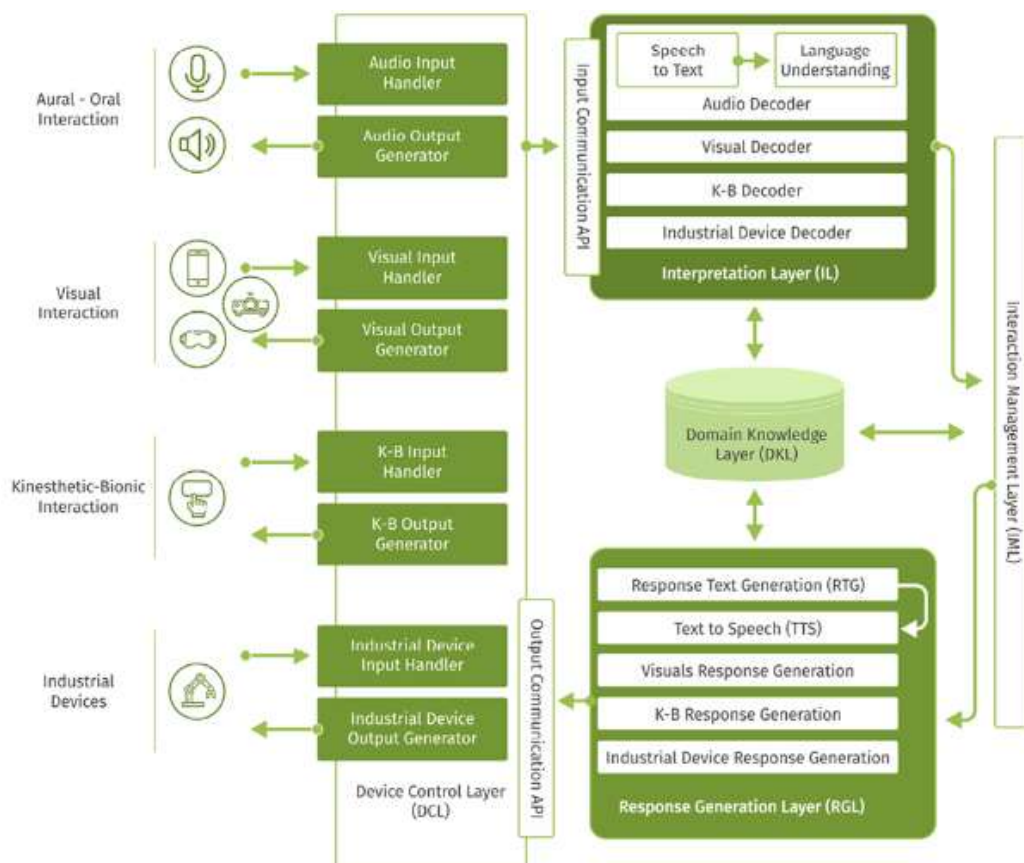


Рис. 3.13.4. Архитектура интерактивной системы расширенной реальности (XR) для обучения рабочих промышленных предприятий.

## Периферийное оборудование

### Аудиовизуальное

Основой данного сегмента оборудования является шлем XR во всех возможных его вариантах.

Шлем XR — это устройство, позволяющее частично погрузиться в мир виртуальной реальности, создающее зрительный и акустический эффект присутствия в заданном управляющим устройством (компьютером) пространстве. Терминология, связанная со шлемами, не устоялась окончательно. В английском языке существует устоявшийся термин Head-mounted display или HMD (наголовный дисплей, естественно, в русском языке не прижился). Но зато достаточно распространено словосочетание «очки виртуальной реальности», хотя большинство устройств очками, строго говоря, и не являются.

Фактически, говоря о виртуальной реальности, большинство людей имеет в виду именно эти устройства. Они несут на себе необходимые сенсоры, экран, а также дополнительно интегрируемое оборудование.

В настоящее время шлемы нацелены прежде всего на аудиовизуальную составляющую. Причина этого заключается в том, что из всего объема информации 75% приходит к нам посредством зрения, 13% — через слух, а оставшиеся 12% — через обоняние, вкус и осязание.



Как следствие, разработка аудиовизуальных устройств наиболее развита и перспективна для коммерциализации.

Дисплей создает объемную картинку, демонстрируя два изображения — по одному для каждого глаза. Кроме того, он может содержать гироскопический или инфракрасный датчик положения головы.

Ряд шлемов комплектуется встроенными наушниками или имеет разъем для них. XR-звук отличается от стерео и объемного воспроизведения необходимостью правдоподобного позиционирования звукового контента в пространстве. Звук должен не только «окружать» нас, но и быть различимым из точек над и под нами ([Ссылка 3.13.7](#)). Аудиоформаты виртуальной реальности, способные удовлетворить это требование, существуют уже не менее 50 лет в виде Ambisonics<sup>1</sup> для воспроизведения в помещении через динамики и бинаурального аудио<sup>2</sup> для воспроизведения через наушники.

Шлемы могут подключаться к ПК или быть мобильными. ПК позволяет отображать очень сложный и тяжелый контент, мобильные шлемы позволяют свободнее двигаться и не покупать дорогостоящий компьютер. Оба этих подхода в настоящий момент сходятся к среднему варианту — мобильные шлемы могут подключаться и к ПК для доступа к тяжелому интерактивному контенту, и ПК-шлемы имеют опциональную беспроводную связь с компьютером и провода больше не мешают пользователю двигаться.

Также существуют бюджетные шлемы без электроники, имеющие лишь линзы и корпус из пластмассы (MI VR — [Ссылка 3.13.8](#) и т.п.) или картона (Google cardboard — [Ссылка 3.13.9](#)). В них вставляется мобильный телефон, и получается мобильный шлем виртуальной реальности. Такие шлемы достаточно популярны в силу своей дешевизны и являются своеобразными воротами в VR для многих людей. Более дорогие мобильные шлемы без встроенной электроники начали вытесняться с рынка шлемами, собранными по принципу «все в одном». Они имеют хорошую компоновку, эргономику, охлаждение, и их стоимость выглядит более привлекательной по сравнению со связкой «топовый телефон + пластиковый шлем с линзами».

Наиболее распространенные устройства для VR: Quest ([Ссылка 3.13.10](#)) и HTC Vive ([Ссылка 3.13.11](#)) различных моделей.

Отдельно необходимо упомянуть очки для смешанной реальности. Они позволяют накладывать компьютерное изображение на реальный мир. Например, при сборке мотора вы будете видеть наложенный на него 3D чертеж, или сможете идти по городу в окружении фантастических персонажей. Основной плюс очков на данный момент — это свободные руки. Основной минус — это субъективно небольшое поле зрения из-за небольших дисплеев. Судя по отчетам VR-ассоциаций на данный момент наибольшее количество успешных кейсов с очками — это промышленность и строительство, где

---

<sup>1</sup> Полносферный формат объемного звука: в дополнение к в горизонтальной плоскости он охватывает источники звука выше и ниже слушателя.

<sup>2</sup> Бинауральный эффект (от лат. *binī* - два, пара и *auris* - ухо) — эффект, возникающий при восприятии звука двумя ушами. Он позволяет определить направление на источник звука, что делает звуковое восприятие объемным.



высококвалифицированному персоналу требуется доступ к сложной документации на месте, свободные руки и возможность удаленной голосовой коммуникации.

Применение шлемов не ограничивается данными отраслями. Существует большое количество кейсов для образования, маркетинга, продаж и т.д.

Наиболее известные устройства для MR: Microsoft HoloLens ([Ссылка 3.13.12](#)) и Magic Leap ([Ссылка 3.13.13](#)). Для AR наибольшей известностью пользуется продукция Vuzix ([Ссылка 3.13.14](#)).

Следует отметить, что производители всех шлемов стремятся создать постоянно носимое, легкое, но мощное устройство, которое сможет поддерживать VR или MR в зависимости от ситуации как Apple Vision Pro ([Ссылка 3.13.15](#)). Ряд признаков этого движения можно заметить уже сейчас. Например, появление, внешних камер на ряде VR-устройств.

### *Кинестетическое*

Для VR хаптика<sup>3</sup> является технологией, которая позволит отказаться от промежуточных контроллеров между человеком и виртуальной средой. Человек сможет трогать объекты и управлять ими, чувствовать прикосновение к разным типам поверхностей и распознавать их на ощупь. На данный момент настолько далеко хаптика не продвинулась, но она является одним из самых перспективных направлений в XR.

В настоящее время ряд компаний разработал перчатки виртуальной реальности, которые позволяют трогать виртуальные объекты руками (HaptX — [Ссылка 3.13.15](#), ManusVR — [Ссылка 3.13.16](#) и другие). Более того, существуют костюмы виртуальной реальности (Tesla Suite — [Ссылка 3.13.17](#)), позволяющие передать движения человека в виртуальном пространстве, позволяя ему почувствовать соприкосновение с виртуальными объектами.

### *Обонятельное*

Когда мы говорим об имитации запаха, то подразумеваем технологии передачи запаха (*Digital scent technology* — [Ссылка 3.13.18](#) или olfactory technology). Это технологии, позволяющие передавать, принимать и воспроизводить ароматы с помощью цифровых технологий. При этом используется специальное оборудование и программное обеспечение.

На современном этапе уже существуют технические решения, способные улавливать, декодировать и воссоздавать реалистичные запахи. Например, ovrtechnology создает библиотеку запахов, стандартные картриджи для генерации запахов на стороне пользователя и маску для них, которые интегрируются в XR-шлем.

На данный момент эти устройства не имеют широкого распространения. Проектирование, конструирование и тестирование таких устройств — сложное занятие, требующее

---

<sup>3</sup> Слово «хаптика» произошло от греческого «haptikós», что в переводе на русский означает «осязаемый». В международной терминологии приняты термины *haptic technology* и *kinesthetic communication*.

экспертизы во многих дисциплинах (программная инженерия, промышленный дизайн, электротехника и сенсорные исследования).

Существующие препятствия на пути внедрения в широкую практику: недостаточное фундаментальное понимание обонятельного восприятия человека, опасность синтетических запахов для здоровья, в т.ч. аллергические реакции.

### *Вкусовое*

***На данный момент, технологии имитации вкуса не имеют коммерческой реализации и находятся в области интереса ученых ([Ссылка 3.13.19](#)).***

Ученые научились вызывать у человека вкусовые ощущения с помощью электродов, закрепленных на языке. Легкий переменный ток и температура, передаваемые через электрод, позволяют обмануть вкусовые рецепторы. Таким образом человек может ощущать четыре основных вкуса: сладкое, соленое, кислое и горькое.

Однако текущие опытные образцы не могут полностью воспроизвести ощущение вкуса. Более того, по мнению ученых, большая часть того, что мы называем вкусом, на самом деле является запахом. Все вкусовые ощущения основаны на сложном взаимодействии реакций многочисленных рецепторов. Каждый рецептор может реагировать более чем на одно химическое вещество, и его реакция может повлиять на то, как мозг интерпретирует реакцию других рецепторов. В результате получается сложная схема обратной связи.

### *Образцы других видов периферийного оборудования*

XR-контроллеры — это любые устройства взаимодействия с XR (в том числе входят в вышеуказанные периферийные устройства), которые позволяют управлять происходящим в виртуальной среде. Часть контроллеров интегрирована производителями с вышеописанным оборудованием и является привычной частью XR. Но существует большое количество специфических контроллеров под конкретные задачи. Например:

- Всенаправленная дорожка для бега;
- Автомобильный или мотоциклетный руль;
- Авиационный штурвал;
- Пистолет для стрельбы по целям в виртуальном мире;
- Контроллер отслеживания движения глаз.

Многие из контроллеров имеют обратную связь, что усиливает реалистичность интерактива и степень погружения. Например, рули и штурвалы самостоятельно поворачиваются в ту или иную сторону в зависимости от происходящего в виртуальном мире.

### *Устройства реального мира*

В ряде случаев требуется повысить уровень погружения и реалистичности виртуальной реальности до максимально доступного уровня. Обычно это касается профессиональных тренажеров или развлекательных парков. В таком случае используют реальные части оборудования ([Ссылка 3.13.20](#)), кабины самолетов ([Ссылка 3.13.21](#)), автомобилей, реальные

предметы и т.д. Для синхронизации виртуальной реальности и физической части программно-аппаратного комплекса их интегрируют между собой. В результате интеграции физические части выступают контроллерами виртуальной реальности и обеспечивают правильное ощущение пространства, а также тактильные ощущения.

В ряде тренажеров или развлекательных парках строят объекты, которые соответствуют виртуальным (здания, кабина самолёта и пр.). Уровень иммерсии в таких реализациях значительно выше, чем виртуальная реальность с перемещением с помощью обычного бытового контроллера.

## Программное обеспечение

Современное программное обеспечение вышло из областей, где серьезно применяется компьютерная графика. Это разработка обучающих симуляторов, компьютерных игр, кинематографа, CAD и т.п. Причем в настоящее время наблюдается явная конвергенция этих областей, они перенимают друг у друга сильные стороны.

Многие популярные рабочие среды поддерживают XR, но в большинстве случаев проектные требования настолько специфические, что требуют заказной разработки.

Для заказной разработки компании обычно используют одну из крупных XR-экосистем, в рамках которых существует большое количество интеграций периферийного оборудования и ПО для XR разработки.

### Среды разработки

Самые крупные экосистемы возникли вокруг Unity3d ([Ссылка 3.13.22](#)) и Unreal engine ([Ссылка 3.13.23](#)). В силу их сложившейся популярности любой разработчик оборудования или software development kit (SDK) выпускает на рынок интеграцию прежде всего с ними. Кроме того, они поддерживают все популярные форматы мультимедиа, которые могут быть интегрированы в XR.

Благодаря экосистемам вход в XR-индустрию для разработчиков очень низкий на данный момент, что позволило тысячам компаний и индивидуальным разработчикам в России создавать XR-продукты.

### SDK

На данный момент на рынке представлено большое количество SDK для XR-устройств. Каждый производитель поддерживает сообщество сторонних разработчиков, чтобы именно его XR-оборудование получали максимальное количество прикладного ПО и игр.

В качестве примера приведем iOS и Android, которые имеют развитые AR SDK — AR kit и AR core. Их поддерживают распространенные среды разработки. Основной задачей является поддержка большого парка мобильных устройств и выбор возможностей AR под конкретные поколения устройств. Новейшие функции работают только на новых устройствах, поэтому массовый AR-проект предполагает хорошее понимание парка устройств аудитории. Для

внутрикорпоративных AR-проектов это не является проблемой, и обычно приобретаются современные устройства с высокой производительностью и максимальным AR-функционалом.

### *SAAS платформы*

Многие задачи могут быть решены без сложной долговременной разработки с помощью SAAS платформ XR.

На практике в таких проектах для VR производят 360-градусное видео и панорамные фото 360, а для AR — 3D модели, фото, видео и аудио.

Ключевым преимуществом данного подхода является его дешевизна, скорость производства контента и возможность воспроизведения контента на практически любом устройстве. Например, для AR — Spark AR ([Ссылка 3.13.24](#)), 8thwall ([Ссылка 3.13.25](#)), для VR Kuula ([Ссылка 3.13.26](#)), Youtube, Sketchfab ([Ссылка 3.13.27](#)). Большинство из них представляют конструктор XR-экспириенса на базе загруженного контента.

### *Контент*

Контент<sup>4</sup> является тем, ради чего и начинается любой XR-проект. Под требования проекта в большинстве случаев приобретаются существующие на рынке оборудование и базовое программное обеспечение. Контент же в большинстве случаев производится специально под проект и является специализированным. С точки зрения конечного потребителя XR является еще одним способом доставки контента.

В XR возможно воспроизвести мультимедиа любого существующего типа. Но на практике используется несколько комплексных типов контента, сочетающих в себе различные типы мультимедиа. Далее мы рассмотрим их.

### *360-градусное фото*

Самый доступный на данный момент XR контент, имеющий в основе изображения в виде сферической панорамы. Данный контент просматривается с помощью существующих программ-проигрывателей или специально созданных под проект приложений. Может, как и привычный виртуальный тур 360, содержать: картинки, текст, видео, аудио. На базе панорам можно программировать различную бизнес-логику, но сложного интерактива достичь невозможно в силу статичной природы самого базового контента.

---

<sup>4</sup> Информация и впечатления, направленные на конечного пользователя или аудиторию. Контент — это «то, что должно быть выражено с помощью какого-либо средства, как речь, письмо или любое из различных искусств». Контент может быть доставлен с помощью многих различных средств, включая Интернет, кино, телевидение, радио, смартфоны, аудио компакт-диски, книги, электронные книги, журналы и живые мероприятия, такие как выступления, конференции и сценические представления.

## 360-градусное видео

360-градусное видео, также известное как иммерсивное видео или сферическое видео — это видеозапись, где одновременно записывается вид во всех направлениях, снятый с помощью всенаправленной камеры или набора камер.

При воспроизведении на обычном плоском дисплее зритель может контролировать направление просмотра, как при воспроизведении панорамы. В XR при движении головы в шлеме пользователь видит часть видео, спроецированного на сферу вокруг пользователя в виртуальном пространстве. Видео может быть как моно-, так и стереоскопическим.

360-градусное видео получило широкое распространение благодаря появлению большого числа камер 360 во всех ценовых сегментах<sup>5</sup>. Все ключевые видеохостинги имеют возможность для загрузки видео 360. Фактически на данный момент существует полноценная экосистема по производству, размещению и распространению данного вида контента.

Необходимо отметить, что 360-градусное видео имеет большее разрешение, чем обычное видео. Происходит это по причине, что пользователь видит в момент времени лишь часть кадра и полное разрешение должно быть высоким (на практике больше 4K). В свою очередь это приводит к повышенной требовательности данного контента к пропускной способности сети. Особенно сильно это затронуло мобильные XR-устройства, которые заявлены одним из основных драйверов развития сетей 5G ([Ссылка 3.13.29](#)).

Благодаря снижению требований к пропускной способности видеокодек<sup>6</sup> нового поколения H.266/VVC сделает передачу 360-градусного видео в мобильных сетях более эффективной. Поскольку H.266/VVC был разработан с прицелом на видео сверхвысокого разрешения, новый стандарт особенно полезен при потоковой передаче видео в разрешениях 4K или 8K. Видеокодек качественно кодирует текст и графику, способен адаптивно менять разрешение, поддерживает 10-битную глубину цвета и HDR.

360-градусное видео часто является основой сложных интерактивных продуктов, т.к. позволяет конструировать сложные ветвящиеся сценарии при помощи простых средств. Благодаря этому оно получило широкое распространение в обучающих проектах и интерактивном кино.

## Виртуальные миры

Виртуальный мир — это искусственно созданный мир, построенный посредством программирования, на основе компьютерных технологий. Большинство людей считает настоящей XR именно виртуальные миры.

---

<sup>5</sup> См. [Ссылку 3.13.28](#), список не полный.

<sup>6</sup> Программа / алгоритм сжатия (то есть уменьшения размера) видеоданных (видеофайла, видеопотока) и восстановления сжатых данных. Кодек — файл-формула, которая определяет, каким образом можно «упаковать» видеоконтент и, соответственно, воспроизвести видео.

Основой любого виртуального мира является компьютерная графика в реальном времени (real-time computer graphics, real-time rendering, рендеринг) — область компьютерной графики, занимающаяся созданием и анализом изображений в реальном времени. Чаще всего этот термин используется в отношении интерактивной трехмерной компьютерной графики с использованием графического процессора (GPU).

Эта область стремительно развивается, и в настоящий момент технологии рендеринга в реальном времени совершают технологический рывок. Уже сейчас возможно визуализировать тысячи детализированных объектов в кадре, создавать реалистичные материалы, динамическое освещение огромных пространств и т.д. ([Ссылка 3.13.30](#)).

Одновременно с развитием технологий рендеринга стоимость оцифровки мира в целом и отдельных объектов многократно снизилась благодаря технологиям фотограмметрии ([Ссылка 3.13.31](#)), удешевлению профессиональных 3D-сканеров, появлению сканеров на мобильных устройствах и т.д. ПО для цифровых художников стало доступнее, open source продукты стали успешно конкурировать с доминирующими на рынке коммерческими продуктами. Например, в настоящее время большой популярностью пользуется бесплатный open source 3D-редактор Blender ([Ссылка 3.13.32](#)). Доступность инструментов и большое количество потребителей цифровых активов привело к появлению огромных библиотек цифровых активов — как коммерческих ([Ссылка 3.13.33](#)), так и бесплатных.

Параллельно с развитием традиционных технологий рендеринга появляются новые революционные подходы. NVIDIA представила Instant NeRF - нейромодель рендеринга высокого разрешения, которая может изучить 3D сцену за считанные секунды и отрисовать изображение за миллисекунды. Модель использует ИИ и инверсный рендеринг для изучения поведения света в реальной сцене, позволяя восстанавливать 3D объекты из нескольких 2D изображений, снятых с разных углов. Instant NeRF разработана для использования инструментов NVIDIA CUDA и нейронных библиотек Tiny CUDA, что делает ее легкой и обучаемой на одном графическом процессоре. Исходный код модели был открыт для всех заинтересованных сторон.

Все эти тренды позволяют создавать огромное количество качественных виртуальных миров по сравнению с прошлыми попытками сделать XR массовой технологией.

### *Вычислительная подсистема*

Эта подсистема наименее специфична для XR, поэтому мы привели ее в конце раздела. Она может реализовываться:

- Персональным компьютером для Oculus Rift, HTC Vive и т.п.;
- Мобильным устройством для мобильных шлемов;
- Интегрированным вычислительным модулем в носимом устройстве типа Hololens, Quest, Vision Pro и т.п.;
- Виртуальной машиной в облаке подобной NVIDIA CloudXR ([Ссылка 3.13.34](#)).

Первые 2 подхода на данный момент являются самыми распространенными. Оборудование для носимых устройств стремится к миниатюризации.

Потенциально самым перспективным на данный момент является подход реализации вычислений через облачные сервисы ([Ссылка 3.13.35](#)). Он позволяет решить проблему первичной покупки дорогостоящего вычислительного оборудования пользователем путем предоставления к нему доступа через аренду по требованию. Но он требует высокой пропускной способности сети и низкой латентности — временной задержки между началом процесса и визуальным результатом; может вызвать головокружение, если задержка заметна.

## Многопользовательский XR

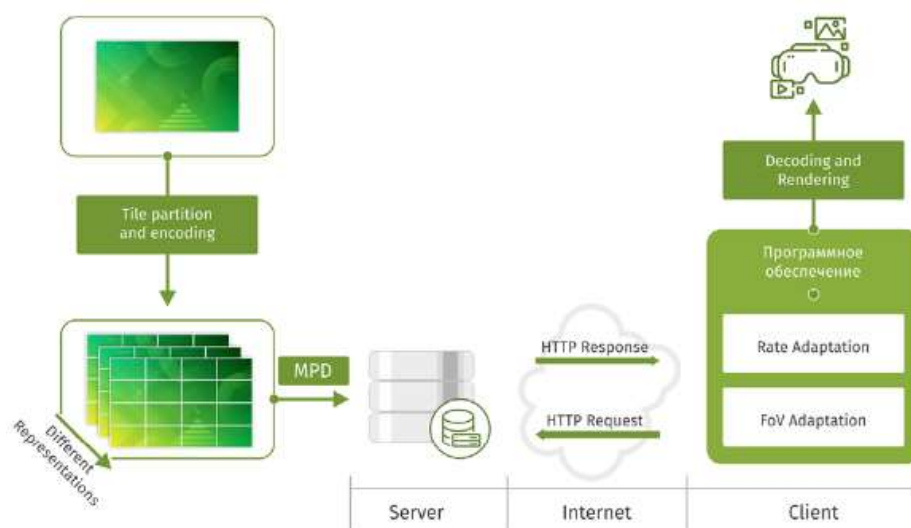
До этого мы рассматривали однопользовательские системы, которые не предполагают синхронизацию действий или взаимодействие пользователей между собой. Тем не менее для ряда задач это обязательное требование, и оно привело к появлению многопользовательских XR систем. Далее мы рассмотрим три наиболее популярных на практике варианта.

### Прямая трансляция 360-градусного видео

Основной задачей любой такой трансляции является обеспечение максимального эффекта присутствия для большой группы людей. Это широко используемая технология в случаях, когда требуется просмотр VR-видео в реальном времени. Например, концерт, лекция, XR кинотеатр, удаленная презентация и т.д. Для решения этой задачи должна быть обеспечена синхронизация воспроизведения видеопотока на различных устройствах.

Трансляция может происходить как в локальной сети, так и через интернет. Наиболее затратными для вычислений процессами являются сшивка видео в формат 360 с ряда камер и кодирование в необходимый формат. Узким местом таких систем является пропускная способность сети, которая решается стандартными для видеотрансляций способами.

Кроме стандартных способов масштабирования сетевой инфраструктуры, в XR применяется ряд специфических оптимизаций. Например, разбивка видеокadra на кусочки и трансляция только видимых частей кадра в настоящий момент.





*Рис. 3.13.5. Оптимизация транслируемого видеопотока путем передачи только видимых частей кадра.*

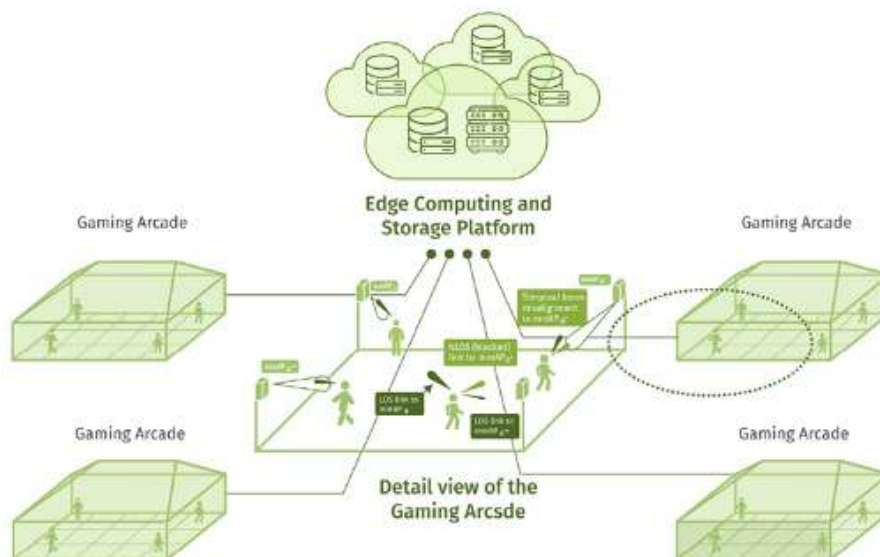
### *Взаимодействие группы пользователей в виртуальной реальности*

Эта задача сложнее трансляции, потому что предполагается интерактивность и обратная связь от пользователя. Например, отработка совместных действий команды инженеров на заводе. В таком случае между копиями установленного на XR-оборудовании ПО должно происходить сетевое взаимодействие.

Для этого обычно используют клиент-серверную архитектуру по аналогии с сетевыми компьютерными играми. Все изменения синхронизируются между пользователями. Например, один пользователь может передать другому интерактивную 3D модель прибора, а второй пользователь сможет им воспользоваться. У пользователей также могут быть разные роли с различными свойствами и сценариями.

Пользователи могут находиться как в одном физическом пространстве, так и в разных. Но при этом они будут находиться в едином виртуальном пространстве и смогут взаимодействовать между собой.

Ряд крупных облачных компаний предлагает готовые решения для облачных XR-продуктов. Например, Amazon ([Ссылка 3.13.36](#)) предлагает готовую архитектуру для сервиса обучения в XR, включающую в себя учебную часть в 3D и оценку эффективности обучения с помощью искусственного интеллекта.



*Рис. 3.13.6. Схема многопользовательской интерактивной VR системы. Источник: [Ссылка 3.13.37](#).*

### *Взаимодействие в дополненной реальности*

Обеспечение взаимодействия пользователей в дополненной реальности значительно сложнее, чем в виртуальной. Причина этого заключается в том, что требуется определить в реальном мире положение пользователей в пространстве и распознать объект взаимодействия. Наиболее эффективным методом на данный момент является сравнение

облаков точек<sup>7</sup>, которые в настоящий момент видят пользователи с полным облаком точек данной локации. В настоящий момент ведется большое количество научных работ (Ссылка 2.38) в области повышения эффективности алгоритмов сравнения.

## Масштабы XR в физическом пространстве

XR-системы функционируют в физических пространствах разного размера. Под масштабом подразумевается размер физической территории, охваченной XR-системой.

В настоящее время в большинстве XR-систем пользователь либо стоит на месте, вращая головой, либо перемещается в минимальном пространстве. Но индустрия движется в сторону больших и теоретически неограниченных пространств для создания более глубокого уровня погружения и более высокого уровня интеграции физического и цифрового миров в XR. Далее мы рассмотрим три уровня масштабирования по возрастающей.

### *XR масштаба помещения (room-scale XR)*

Для ряда задач требуется, чтобы пользователь имел возможность свободного перемещения по большому пространству (*Room-scale XR* — [Ссылка 3.13.39](#)). Например, симуляция перемещения по зданию или внутри самолета. Ряд проектов для повышения степени погружения содержит физические объекты — стены, транспорт и т.д. Эти объекты точно совмещены с трехмерными копиями. В результате этот подход создает очень сильный эффект погружения. Более того, в ряде проектов используются динамические физические объекты. Например, вы дернули физический рычаг — и рядом пошел холодный воздух, а в шлеме вы также видите движение этого рычага и идет пар.

Требование реализовать VR на большой площади может решаться разными способами. Начиная от дорожек виртуальной реальности ([Ссылка 3.13.40](#)) и заканчивая системами трекинга ([Ссылка 3.13.41](#)) на тысячи квадратных метров.

Свободное перемещение усиливает эффект погружения. Тело «обманывает» пользователя даже при не самой качественной 3D визуализации.

Для полноценного перемещения по большому пространству требуется максимально решить проблему «привязанности» пользователя к проводам. По этой причине такие проекты часто используют мобильные шлемы виртуальной реальности. Также широкое распространение получили специальные ноутбуки без экрана, которые размещаются в рюкзаке у пользователя. А к этому ноутбуку присоединяется по проводам шлем. Ряд устройств позволяет осуществлять связь шлема с компьютером беспроводным способом. В этом случае ключевую роль начинает играть *латентность*. При высокой латентности пользователь будем видеть заметное отставание рендеринга кадров от собственных действий.

---

<sup>7</sup> Облако точек (англ. *point cloud*) — набор вершин в трёхмерной системе координат. Эти вершины, как правило, определяются координатами X, Y и Z и, как правило, предназначены для представления внешней поверхности объекта.

### *XR мирового масштаба (world-scale XR)*

Для многих продуктов и платформ требуется покрытие XR всей планеты с синхронизацией реального и виртуального мира.

Теоретически XR мирового масштаба уже существовала благодаря использованию GPS. Но этого было недостаточно из-за низкой точности и отсутствия объектов реального мира в цифровом пространстве.

В настоящее время Niantic ([Ссылка 3.13.42](#)) достиг прикладных результатов в XR сверхбольших масштабов и выпустил платформу Real World ([Ссылка 3.13.43](#)), а их игра Pokemon Go ([Ссылка 3.13.44](#)) доказала практическую реализуемость такой платформы. В отличие от обычного GPS-позиционирования, платформа использует машинное обучение для определения объектов среды и использует LIDAR на мобильных устройствах ([Ссылка 3.13.45](#)).

Параллельно совершенствованию систем позиционирования в пространстве, мир постепенно оцифровывается в трехмерном виде ([Ссылка 3.13.46](#)).

### *Метавселенная*

Meta пошла дальше и представил концепцию Метавселенной (Metaverse — [Ссылка 3.13.47](#)), которая должна стать развитием глобальной сети интернет. В её среде станет возможным ощущать физическое присутствие другого человека сквозь цифровое пространство. Глава Meta Марк Цукерберг анонсировал, что на создание рабочей технической реализации потребуется около пяти лет, что вписывается в ранее приведенные в главе прогнозы Gartner по массовому внедрению XR.

В настоящее время метавселенная во многом базируется на браузерном XR

Подобно тому, как современные веб-приложения обошли многие приложения на iOS и Android, это также происходит в области XR. С принятием стандарта для WebXR ([Ссылка 3.13.48](#)) была создана основа для независимого от платформы создания приложений AR и VR на основе веб-технологий. Стандарт развивается и технологические лидеры считают WebXR важной частью интернета будущего ([Ссылка 3.13.49](#)).

WebXR предлагает единый API для доступа к необходимым функциям устройства через JavaScript, и таким образом позволяет, например, размещать 3D-контент в свободном пространстве с помощью ARKit и ARCore, обнаруживать поворот головы или положение в пространстве для шлема XR.

С помощью WebXR возможно осуществить три различных варианта человеко-машинного взаимодействия:

1. В браузере с навигацией с помощью мыши и / или клавиатуры;
2. Режим VR через VR-шлем;
3. Размещение предметов с помощью дополненной реальности на мобильном устройстве.

## XR как сквозная технология

Технологии виртуальной и дополненной реальности были включены в дорожную карту ([Ссылка 3.13.50](#)) развития ключевых научно-технических направлений, которые оказывают наиболее существенное влияние на развитие рынков.

Согласно данной дорожной карте, в настоящее время XR-технологии получили наиболее серьезное развитие на рынках развлечений и маркетинга, но это ещё не предел, а только первая ступень их внедрения.

Наиболее перспективными с точки зрения экономического эффекта являются продукты на основе XR-технологий в сфере промышленного производства, образования, здравоохранения, потребительских сервисов, ритейла. Но этими индустриями их применение не ограничивается. Ознакомиться с многими из способов отраслевого применения XR вы можете в исследовании, проведенном НИУ ВШЭ ([Ссылка 3.13.51](#)).

Следует отметить, что между рядом сквозных технологий и XR возникает взаимно усиливающий синергетический эффект. Далее мы познакомимся с наиболее яркими примерами таких интеграций.

### *Искусственный интеллект*

В последние годы технологии искусственного интеллекта (ИИ) стали одним из драйверов XR.

Основные области применения включают в себя:

- Автономная коммуникация в XR с использованием ИИ;
- Адаптивные XR-игры с использованием ИИ;
- Применение ИИ для взаимодействия человека и компьютера в XR-системах;
- Применение ИИ в трехмерном взаимодействии пользователей в виртуальных пространствах;
- Создание виртуальных миров с помощью ИИ;
- Аналитика поведения пользователя в XR с использованием ИИ;
- Многопользовательские и распределенные системы в XR;
- Контекстно-зависимые коммуникации в XR;
- Агрегация и объединение данных с использованием ИИ в XR;
- Машинный интеллект, ИИ и тактильные технологии.

### *Блокчейн*

Блокчейн позволяет децентрализовать создание контент виртуальной реальности различными пользователями, и защитить права на данный контент.

При этом защита авторских прав может быть освобождена от бюрократии.

С использованием синергии XR и блокчейна уже реализуются проекты. Например, проект *Victoriavr* ([Ссылка 3.13.52](#)) соответствует вышеобозначенным принципам.

### Технологии беспроводной связи

Во многих случаях XR подразумевает стриминг тяжелого контента. Как следствие этого, требуется повсеместное и бесперебойное подключение к интернету и облачным сервисам, первоначально — с помощью гигабитного LTE и Wi-Fi.

По мере роста числа пользователей XR, использующих высококачественные иммерсивные сервисы, индустрии потребуется дополнительная пропускная способность, которую обеспечивает 5G ([Ссылка 3.13.53](#)). Поточковая передача видео XR, как ожидается, станет одним из основных вариантов использования 5G в следующем десятилетии. Например, XR-видео может потребовать гигабитов пропускной способности и очень низкой задержки для требовательного видео 6 DoF<sup>8</sup>. Усовершенствованная мобильная широкополосная связь 5G обеспечит достаточную пропускную способность, а также задержку в трансляции до 1 миллисекунды, что поможет повысить скорость взаимодействия с приложениями потокового видео XR. 5G также поможет обеспечить более равномерную работу XR, поскольку скорость передачи данных в 5G не будет так сильно варьироваться, как это происходит сегодня, когда вы находитесь дальше от базовой станции.

### Технологии сбора и анализа данных

XR системы сложнее, чем любые другие устройства для человеко-машинного взаимодействия, они предоставляют огромное количество данных ([Ссылка 3.13.54](#)), которые могут быть использованы невиданными ранее способами.

Фактически речь идет о постоянном снятии данных с пользователя, учитывая стремление технологических лидеров создать носимое XR устройство и показывать как реальный, так и виртуальный мир через него.

- Вот лишь несколько из примеров использования:
- Отслеживание глаз. Посмотрите глазами пользователей и узнайте, что привлекает их внимание.
- Взаимодействие с пользователем. Как пользователи взаимодействуют с объектами.
- Отслеживание перемещений. Отслеживание трехмерных пространственных данных о том, где находятся пользователи и как они перемещаются по симуляции.
- Биометрия — измерение эмоционального состояния пользователей.

В настоящее время появляются специализированные платформы для сбора данных в XR, например VADR ([Ссылка 3.13.55](#)).

---

<sup>8</sup> *Шесть степеней свободы (часто употребляется аббревиатура 6DoF, от англ. Six degrees of freedom) — указывает на возможность физического тела совершать геометрическое движения в трёхмерном пространстве, а именно: двигаться вперёд/назад, вверх/вниз, влево/вправо (в декартовой трёхмерной системе координат), а также совершать повороты Эйлера вокруг каждой из трёх взаимно перпендикулярных осей (рыскание, тангаж, крен), без вращения и без дополнительных векторов.*

## Пространственные вычисления

Пространственные вычисления — это процесс объединения виртуального и физического миров для создания единого пространства, где виртуальные объекты могут быть интегрированы в реальную среду и наоборот. Этот процесс осуществляется с помощью гарнитур виртуальной реальности и различных датчиков, которые позволяют собирать информацию об окружающей среде и создавать виртуальные модели реальных объектов. Пространственное картирование используется для создания точных трехмерных карт окружающей среды и размещения виртуальных объектов в реальном мире, что обеспечивает более эффективное взаимодействие с ними.

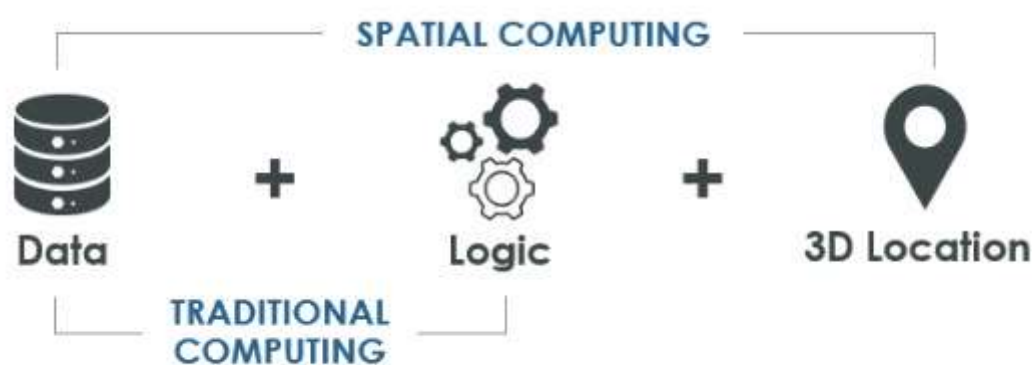


Рис. 3.13.5. Пространственные вычисления как следующий шаг за традиционными вычислениями

Этот процесс можно реализовать с помощью гарнитур, таких как Apple Vision Pro, Microsoft HoloLens, Meta Quest Pro и Magic Leap.

Эти гарнитуры используют компьютерное зрение и датчики для сбора информации об окружающей среде, такой как местоположение, ориентация и движение объектов, что позволяет им создавать трехмерные модели реальных объектов. Затем эти модели могут быть наложены на реальный мир, создавая иллюзию того, что они являются частью окружающей среды.

Гарнитуры также используют пространственное картирование для создания трехмерных карт окружающей среды, обеспечивая более точное размещение и взаимодействие с виртуальными объектами.

Одним из основных преимуществ пространственных вычислений является то, что они позволяют пользователям более эффективно взаимодействовать с цифровыми объектами в реальной среде.

## Стандартизация XR

Несмотря на разнородность периферийного оборудования, ПО, подходов к UX и т.д. в настоящее время происходит стандартизация XR на всех уровнях и многих индустриях. Далее приведены наиболее известные и применяемые на практике стандарты. Но кроме них существуют частные стандарты XR ассоциаций, региональные, отраслевые и т.д.

1. **OpenXR** ([Ссылка 3.13.56](#)) — это открытый стандарт, не требующий лицензионных отчислений, который обеспечивает высокопроизводительный доступ к платформам и устройствам дополненной реальности (AR) и виртуальной реальности (VR), известным под общим названием XR. Данный стандарт является прикладным и широко используемым участниками XR индустрии.
2. **IEEE Digital Reality** ([Ссылка 3.13.57](#)) занимается созданием и совершенствованием глобальных стандартов, связанных с цифровой реальностью, AR, VR, человеческой аугментацией и смежными областями. Ввиду широкого спектра технологий и приложений, охватываемых этой инициативой, данная группа планирует всесторонне, целостно охватить эту развивающуюся область при формировании фундамента исследований.
3. **WebXR** ([Ссылка 3.13.58](#)) — это спецификация, описывающая поддержку устройств виртуальной реальности (VR) и дополненной реальности (AR) в Интернет.

## Воздействие XR на организм человека и ограничения

Используя XR устройства нужно понимать, что, как и любое электронное устройства XR устройства при длительном и/или неправильном использовании будут вызывать негативное влияние на организм человека.

### Воздействие на глаза

Продолжительное использование VR может привести к усталости глаз из-за интенсивного фокусирования и изменения фокусного расстояния.

### Очковая система

Плотно прилегающие очки VR могут вызвать дискомфорт и давление на нос и лицо, особенно при длительном использовании.

### Движение и постуральные проблемы

Некоторые люди испытывают головокружение и тошноту из-за разрыва между визуальными и вестибулярными восприятиями.

### Эффекты на сон



Использование VR перед сном может влиять на качество сна из-за увлекательности и воздействия на циркадные ритмы.

### Эффекты на зрение в детском возрасте

Длительное использование VR у детей может иметь потенциальные последствия для развития зрения.

Эти физиологические аспекты VR важно рассматривать и исследовать для разработки безопасных и удобных технологий, а также для обеспечения информированности пользователей о возможных рисках и мерах предосторожности.

## Практика применения XR в различных отраслях

В рамках главы мы рассмотрели реализованные проекты для ряда отраслей, которые уже сейчас повысили эффективность бизнеса. Перечислим ряд популярных способов применения XR.

### *Здравоохранение*

- Лечебная терапия (лечение пациентов с фобиями).
- Лечение посттравматического стрессового расстройства.
- Управление болью.
- Хирургическое обучение.

### *Розничная торговля*

- Получение детальной информации о потребителях.
- Простой способ тестирования продукта.
- Упрощение управления ассортиментом по товарным категориям.
- Создание товаров и магазинов под конкретные группы потребителей.
- Редизайн и ремоделирование планировки магазина.
- А/В тестирование различных вариантов продукта.

### *Строительство*

- Демонстрация и проверка, планирование и проектирование, строительные технологии и управление проектами в области гражданского строительства.
- Процесс проектирования и планирования.
- Строительные технологии и управление инженерной безопасностью.
- Моделирование строительной сцены (проверка деталей и компонентов машин в конкретный момент времени, их пространственное положение).

### Визуальное сравнение (сравнение «как построено» и «как спроектировано»)

Кейс востребован компаниями, осуществляющими проектирование, строительство и аудит процесса строительства сложных объектов. Экономически внедрение кейса обусловлено сложностью контроля процесса строительства или сравнение «как спроектировано» и «как

построено», что влечет за собой пропуск дефектов на ранних стадиях строительства и их выявление на более поздних стадиях. Такая ситуация влечет за собой дополнительные затраты на устранение дефектов.

Реализация кейса сводится к загрузке 3D-моделей спроектированных объектов в средства дополненной реальности и проецирование данной модели на объекты реального мира с точным совмещением соответствующих элементов 3D-модели с объектами реального мира.

Среди российских компаний особый интерес к данным кейсам проявляют такие компании, как НИПИГАЗ, Газпром Нефть, АтомСтройЭкспорт и др.

### *Промышленность*

Ассоциация AUGMENTED REALITY FOR ENTERPRISE ALLIANCE ([Ссылка 3.13.59](#)) выделяет несколько типовых кейсов использования дополненной реальности в промышленности:

- Удаленная поддержка технических специалистов, а также удаленные аудиты и различные проверки;
- Визуализация технологии выполнения работ;
- Визуальное сравнение (сравнение «как построено» и «как спроектировано»);
- Визуализация данных о состоянии производственного оборудования (интеграция с IoT).

#### **Визуализация технологии выполнения работ**

Данный кейс наиболее востребован предприятиями, эксплуатирующими или производящими сложную технику из нефтегазовой, горнодобывающей, пищевой, химической и др. отраслей промышленности. Экономически внедрение кейса обуславливается сокращением норм времени выполнения работ и сокращения количества отказов по вине технического персонала.

Реализация кейса сводится к трем основным этапам:

1. Проектирование сценария выполнения работ. Может быть реализовано через разработку последовательности выполнения работ на основе анимации 3D-модели объекта, на котором выполняются работы. Другим вариантом разработки сценария является эталонное выполнение работ экспертом с пошаговой видеофиксацией работ через камеру устройства.
2. Назначение разработанного сценария на конкретного специалиста.
3. Пошаговая визуализация сценария выполнения работ (либо в виде 3D-моделей, наложенных на объекты реального мира, либо в виде эталонных видео, иллюстрирующих порядок выполнения работ).

В среднем применение подобных решений позволяет сократить плановые нормы времени выполнения работ на 20-40%. Среди российских компаний можно выделить компанию

Полюс Золото и другие горнодобывающие компании, которые активно планируют использовать решения для сокращения норм времени выполнения работ.

### **Удаленная поддержка технических специалистов, а также удаленные аудиты и различные проверки**

Средства удаленной поддержки применяются как малыми и средними, так и крупными предприятиями, что обусловлено достаточно понятной окупаемостью решения, которая сводится к сокращению потерь от простоев оборудования и сокращению затрат на командировочные расходы.

Для осуществления удаленной поддержки инженер на месте выполнения работ или проведения аудитов надевает очки дополненной реальности и подключается к специалисту для получения консультации. Специалист является экспертом в выполняемом процессе. Между специалистом и инженером организуется аудио-визуальный канал связи. По сути, кейс сводится к оперативному переносу компетенций из любой точки мира в место проведения работ.

Срок окупаемости данного кейса в среднем составляет от 3 до 6 месяцев. Среди российских компаний данный кейс широко используется в таких компаниях, как Сибур, Газпром Нефть, Росатом, Данон Рус, Нестле Рус. и др.

## **Прогнозы развития XR**

Ранее в главе мы рассмотрели существующий уровень развития XR и среднесрочный прогноз развития. Здесь же мы рассмотрим возможное будущее XR.

В настоящее время происходят научные исследования и строятся футуристические прогнозы об XR будущего:

- Нейротехнологии позволят передавать информацию от человека в XR, так и проецировать XR напрямую в мозг.
- Огромные виртуальные миры, в которых человек сможет учиться, работать и развлекаться.
- Перенос внешности пользователя в виртуальные миры без использования сложного дорогостоящего трехмерного сканирования
- Капсулы виртуальной реальности, обеспечивающие уровень погружения, неотличимый от реальной жизни.
- Метавселенная — надстройка над реальностью, тесно связанная с ней и охватывающая все вокруг. XR станет обыденной частью нашей реальности, как смартфоны сейчас. Появление в настоящее время доступных пространственных вычислений является явным маркером движения технологий в данную сторону.
- Совершенно новые вкусы, запахи, яркие реалистичные визуальные образы и т.д., появившееся благодаря декодированию и кодированию сигналов, поступающих в органы чувств.

- Носимые XR устройства, вмещающиеся в линзы на глазах.