

# ЦИФРОВОЙ МИР И РЕАЛЬНОСТЬ: ГРАНИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

М.Макушин<sup>1</sup>, В.Мартынов, д.т.н.<sup>2</sup>

УДК 004.58  
ВАК 05.13.00

Цифровые технологии стремительно врываются в повседневную жизнь, существенно изменяя производство, управление, осуществление вычислений, проектирование умных домов и городов... Тенденций в области цифровых технологий четыре: более широкое применение цифровых двойников, переход облачных технологий к краевым вычислениям, развитие диалоговых платформ и многонаправленное воздействие на пользовательский опыт.

## ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ

Цифровые двойники – это цифровое представление реального объекта или системы. Реализация цифрового двойника является инкапсулированным (защищенным от посторонних воздействий) программным объектом или моделью, отражающей уникальный физический объект.

Основные элементы цифрового двойника:

- **Модель.** Цифровой двойник является функциональной, системной моделью объекта реального мира. Цифровой двойник включает в себя структуру данных реального объекта, метаданные и критические переменные. Простые, атомарные цифровые двойники могут стать "строительными блоками" при создании более сложных, составных цифровых двойников.
- **Данные.** Элементами данных цифрового двойника, относящимися к объекту реального мира, можно назвать идентификационные данные, временные ряды, текущие данные, контекстные данные и события.
- **Уникальность.** Цифровой двойник соответствует уникальной физической вещи.
- **Возможность мониторинга.** Цифровой двойник может быть использован для запроса о состоянии объекта реального мира или получения извещений (например, на основе интерфейса API) в виде крупноструктурных или детализированных данных.

Данные нескольких цифровых двойников можно агрегировать, чтобы лучше представить ряд объектов

реального мира. Понятие цифрового представления объектов или систем реального мира не является новым. Можно утверждать, что оно было центральным понятием индустрии информационных технологий при создании представлений автоматизированного проектирования (САПР) материальных активов или профилей отдельных клиентов. Последняя итерация цифровых двойников отличается:

- устойчивостью моделей;
- с реальным миром, потенциально в реальном масштабе времени;
- применением передовой аналитики больших данных и искусственного интеллекта;
- возможностью возникновения и оценки сценариев альтернатив ("что делать, если...").

В контексте реализуемых проектов в области Интернета вещей (IoT) интерес к цифровым двойникам возникает на определенном этапе. По оценкам, хорошо продуманные цифровые двойники активов могут значительно улучшить процесс принятия решений на предприятии. Двойники связаны со своими реальными аналогами и используются для понимания состояния вещи или системы, реагирования на изменения, совершенствования работы и наращивания добавленной стоимости (рис.1).

По оценкам корпорации Gartner, к 2020 году в мире будет насчитываться более 20 млрд подключаемых (к Интернету) датчиков и конечных точек. Соответственно, цифровые двойники будут существовать потенциально для миллиардов вещей, что обеспечит следующие преимущества: оптимизацию активов, формирование конкурентных отличий и совершенствование пользовательского опыта во всех отраслях экономики. По мере дальнейшей работы поставщиков

<sup>1</sup> АО "ЦНИИ "Электроника", mmackushin@gmail.com.

<sup>2</sup> АО "ЦНИИ "Электроника".



Рис.1. Цифровые двойники – цифровые представления реальных объектов. Источник: Gartner (October 2017)

комплектных изделий (ОЕМ) над подключаемыми продуктами они столкнутся с необходимостью создавать нечто большее, чем цифровые двойники своих активов. Возможно, OEM необходимо будет подумать о том, как развиваются сценарии использования и бизнес-модели их клиентов. Только в этом случае поставщики ПО и оборудования смогут гарантировать, что их аппаратные и программные продукты конкурентоспособны.

Организации сначала будут просто внедрять цифровые двойники. По мере развития двойников повысится способность собирать и визуализировать правильные данные, применять оптимальную аналитику и правила, а также эффективно реагировать на бизнес-цели. В период до 2027 года использование цифровых двойников будет расширяться за пределы круга таких специалистов, как разработчики (продукции) и "ученые по данным"<sup>\*</sup>. Управляющие операциями (производством, транспортом) будут использовать цифровых двойников в области активов, где анализ "затраты / выгода" рисков делает использование цифровых двойников в операционной деятельности привлекательным. Специалисты Gartner ожидают, что модели цифровых двойников будут распространяться, а кроме того, поставщики решений будут предлагать заказчикам подобные модели в качестве неотъемлемой части своих решений.

Цифровые двойники улучшают понимание данных и процесс принятия решений, а в конечном счете

помогут в разработке новых моделей. Их использование принесет следующие преимущества:

- **Краткосрочная перспектива:** цифровые двойники помогают в мониторинге активов, оптимизации и улучшении пользовательского опыта, имеющего большое значение во всех отраслях промышленности. Переход от профилактического к прогностическому техническому обслуживанию – ценный аспект использования цифровых двойников. Выгоды клиента включают в себя сокращение времени простоя оборудования, связанного с техническим обслуживанием, а также снижение операционных издержек и издержек на эксплуатацию / техническое обслуживание.
- **Среднесрочная перспектива:** организации будут использовать цифровые двойники для управления предприятиями и повышения эксплуатационной эффективности. Применение их для планирования обслуживания оборудования, прогнозирования сбоев оборудования позволит прогнозировать и своевременно предотвращать выход из строя оборудования. Организации будут использовать цифровые двойники для улучшения разработки продукции. В частности, цифровые двойники старых продуктов подойдут для моделирования поведения новых продуктов, позволят принять в расчет стоимость, влияние окружающей среды и эксплуатационные характеристики.
- **Долгосрочная перспектива:** цифровые двойники обеспечат ускорение инновационного процесса за счет углубленного понимания новых продуктов и услуг, а также данных о направлениях их совершенствования. Новые бизнес-модели можно фокусировать на формировании проактивных

\* **Data scientist** – "ученый по данным", эксперт по аналитическим данным, обладающий техническими навыками для решения сложных задач, а также навыками постановки задач. Профессия официально зарегистрирована как академическая и межотраслевая дисциплина в начале 2010 года.

рекомендаций. Так, машиностроители смогли бы использовать цифровые двойники наряду с аналитическими инструментальными средствами для изучения, например, поведения на дорогах нового автомобиля и для исследования дополнительных резервов снижения количества дорожно-транспортных происшествий. С помощью других моделей можно анализировать различные потенциальные рынки для цифровых двойников и подготовленные для них наборы данных.

**Связь цифровых двойников с другими цифровыми объектами.** Цифровые двойники консолидируют огромные объемы информации об отдельных активах и группах активов, зачастую обеспечивая контроль и управление ими. По мере своего развития цифровые двойники будут связываться между собой для создания моделей "цифровых заводов", которые будут объединять множество цифровых двойников. Например, цифровые двойники активов будут связаны с другими цифровыми объектами людей (цифровые персоны), процессами (обеспечение правопорядка) и пространствами (цифровые города). Для поддержки безопасной цифровой среды большое значение будут иметь понимание связей между цифровыми структурами, отслеживание и при необходимости изоляция элементов.

**ОБЛАЧНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ: ПЕРЕХОД К КРАЕВЫМ ВЫЧИСЛЕНИЯМ**

Термин "краевые (пограничные) вычисления" описывает вычислительную топологию, в которой средства обработки информации, сбора и доставки контента размещены ближе к источникам и приемникам этой

информации. Краевые вычисления опираются на концепции ячеистых (смешанных) сетей и распределенной обработки. С их помощью трафик и обработка информации осуществляются локально для снижения объема трафика и сокращения времени ожидания. Таким образом, понятие пограничной доставки контента существует давно. При принятии решения о методах обработки данных рассматриваются варианты от высокоцентрализованных подходов (таких как "суперкомпьютер / центральный компьютер и централизованные облачные услуги") до менее централизованных (таких как ПК и мобильные приборы). Для моделей распределенного развертывания краевых вычислений характерны проблемы, связанные, с одной стороны, с возможностью подключения и временем, а с другой – с большей встроенной функциональностью. Преимущества гиперразмерных вычислений с точки зрения вычислительной мощности и низких издержек в сочетании со сложностью управления и координации тысяч географически разделенных конечных точек делают централизованную модель более выгодной.

Внимание, уделяемое сегодня пограничным вычислениям, обусловлено потребностью систем IoT обеспечивать миру встраиваемых IoT-приборов возможность обособленных (изолированных) или распределенных работ (вычислений, связи и т.п.). Широкое применение данной технологии (краевых вычислений), ее приложений и сетевых архитектур пока не стало общепринятым. Системы и платформы сетевого управления должны расширяться таким образом, чтобы охватывать пограничные дислокации и специфические технологии краевых функций. К ним можно

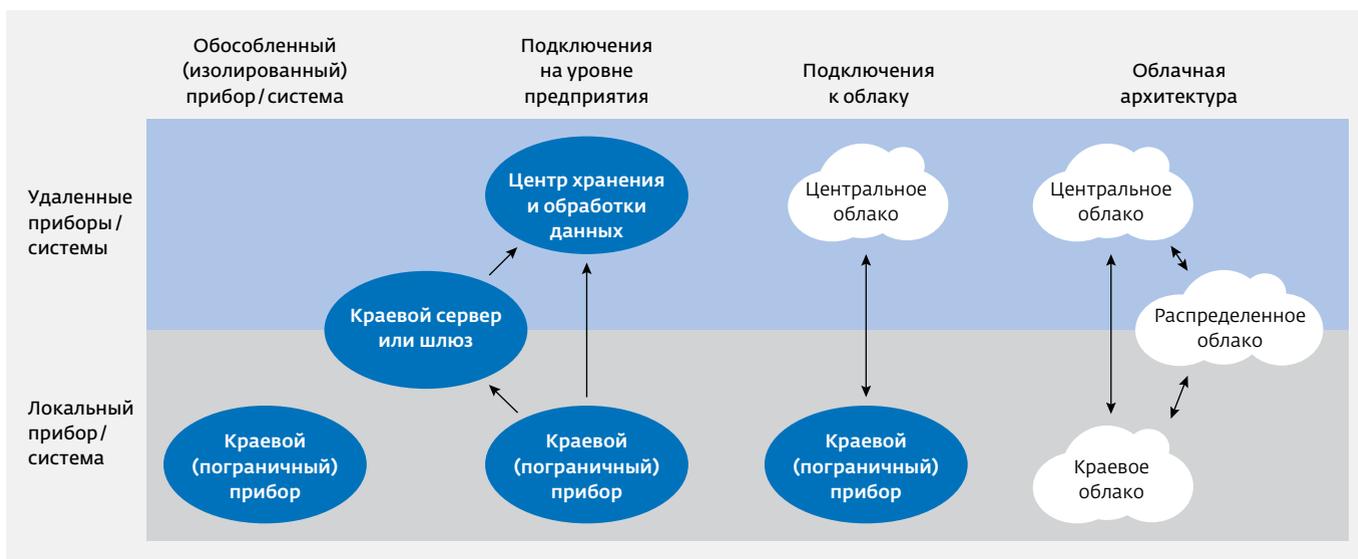


Рис.2. Облачные и краевые вычисления – взаимодополняющие концепции. Источник: Gartner (October 2017)

отнести прореживание данных, сжатие и защиту данных, локальную аналитику. Краевые (пограничные) вычисления решают многие насущные проблемы, такие как, например, высокие издержки глобальных сетей и неприемлемое время ожидания. Топология краевых вычислений позволит в ближайшее время точно определять особенности цифрового бизнеса и соответствующих решений в области информационных технологий.

**Краевые вычисления и аспект распределенных вычислений.** Большинство специалистов рассматривает облачные и пограничные вычисления в качестве конкурирующих подходов. Но это неправильное понимание двух концепций. Облачные вычисления – это стиль вычислений, в котором эластично масштабируемые технологические возможности предоставляются как сервис с использованием интернет-технологий. Облачные вычисления не требуют централизации. Пограничные же вычисления приносят в облачный стиль аспект распределенных вычислений. Соответственно, облачные и краевые вычисления необходимо рассматривать как взаимодополняющие, а не конкурирующие (рис.2). Возможно следующее использование:

- облачные вычисления как методика вычислений для создания модели для обслуживания широкого круга запросов (SOM, SOA)<sup>\*</sup> и централизованной структуры управления и координации;
- краевые вычисления как различные модели доставки, позволяющие отключать или распределять процессы выполнения аспектов облачного сервиса.

В некоторых вариантах облачной реализации уже используются подходы, перераспределяющие или распределяющие функциональность в краевую зону (например, программы Office 365 и AWS Greengrass).

<sup>\*</sup> **SOM (service-oriented modeling (model))** – дисциплина моделирования систем для решения коммерческих задач и систем ПО в целях проектирования и специфицирования ориентированных на широкий круг обслуживания запросов бизнес-систем с различными архитектурами и парадигмами, таких как прикладная архитектура (систем), сервисно ориентированная архитектура (SOA), микросервисы и облачные вычисления.

**SOA (service-oriented architecture)** – сервисно ориентированная архитектура, модульный подход к разработке ПО, основанный на использовании распределенных, слабо связанных, заменяемых компонентов, оснащенных стандартизированными интерфейсами для взаимодействия по стандартизированным протоколам. Разработанные в соответствии с SOA ПО-комплексы обычно являются наборами веб-служб, взаимодействующих по протоколу SOAP. Существуют и другие реализации (на базе jini, CORBA, на основе REST).

Предполагается, что подобный подход будет применяться все чаще по мере более широкого и глубокого освоения рынка IoT поставщиками облачных решений. А поставщики IoT-решений выберут облачные методики как один из способов эффективного управления решениями. Несмотря на то, что IoT – важный фактор взаимодействия облачных и пограничных решений (cloud-to-the-edge), развитие этого подхода также принесет пользу и в сфере мобильных приборов и настольных ПК. Прогнозируется, что будет появляться больше решений, сходных с Office 365.

## ДИАЛОГОВЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Еще один сдвиг парадигмы взаимодействия людей с миром цифровых технологий олицетворяют собой диалоговые платформы, появление и освоение которых обусловит переход от модели "технически грамотный человек" к модели "воспринимающие людей технологии". Бремя преобразования намерений будет нести компьютер, а не пользователь. Система будет принимать запросы или команды на естественном языке. Ответом будет исполнение системой одной или нескольких функций и предоставление требуемого контента либо формулирование запроса на дополнительные данные.

Диалоговая платформа предоставляет высокоуровневые модели (процессы) проектирования и механизм исполнения, в рамках которых взаимодействуют пользователь и компьютер. Термин "диалоговая" предполагает, что подобные интерфейсы реализованы в основном на устном или письменном естественном языке пользователя. В дальнейшем для многоканального взаимодействия будут добавлены другие механизмы ввода-вывода информации, позволяющие использовать зрение, вкус, запах и осязание. Расширенные сенсорные каналы будут поддерживать более всеохватывающие возможности, такие как обнаружение эмоций с помощью анализа выражений лица или определение состояния здоровья человека по обонятельному анализу. Однако в ближайшие три-пять лет эксплуатация дополнительных сенсорных каналов будет ограничена.

Основная цель разработок в области взаимодействия с пользователем на протяжении нескольких последующих лет – диалоговые интерфейсы на основе естественно-языковых интерфейсов. По оценкам корпорации Gartner, к 2019 году около 20% пользовательского взаимодействия со смартфонами будет осуществляться посредством виртуального цифрового помощника (VPA). Как показало исследование Gartner, в августе 2017 года около четверти пользователей смартфонов задействовали свои VPA, при

этом большинство – на ежедневной или еженедельной основе.

Диалоговые платформы наиболее полно реализованы в:

- VPA, таких как Alexa (корпорации Amazon), Siri (Apple), Google Assistant и Cortana (Microsoft);
- VCA<sup>\*</sup> – Amelia (IPsoft), Watson Virtual Agent и VCA фирм Artificial Solutions, Interactions, Next IT и Nuance;
- структурах чатовых ботов (чатботов) – Lex (Amazon), API.AI (Google), IBM Watson Conversation и Microsoft Bot Framework.

Взаимодействие на диалоговых платформах обычно неформально и двунаправленно. Это может быть простой запрос или вопросы ("Прогноз погоды?" или "Который час?"), предусматривающие простой результат или ответ. В другом случае возможно структурированное взаимодействие (например, требуется забронировать столик в ресторане или номер в гостинице). По мере развития технологий будут появляться сложные запросы, требующие ответов со сложным содержанием. Например, диалоговая платформа может получить возможность сбора устных показаний свидетелей преступлений, благодаря которым формируется фоторобот подозреваемого / преступника.

**Интеграция с независимыми поставщиками услуг повышает полезность диалоговых платформ**, которые находятся у поворотного пункта: полезность систем превысила трудности их использования, но не настолько, чтобы они стали широко применимыми. В частности, трудности возникают тогда, когда при запросе нужно узнать, какие домены воспринимает пользовательский интерфейс и какими возможностями в этих доменах он обладает. Проблема, связанная с диалоговыми платформами, заключается в том, что общение пользователей должно быть весьма структурированным. Зачастую это разочаровывает. В настоящее время большая часть диалоговых платформ являются системами однонаправленных запросов или управления, генерирующими достаточно простые ответы, поэтому они не обеспечивают надежный двусторонний диалог между человеком и компьютером. Предполагается, что постепенно все большее количество диалоговых платформ будет интегрироваться с расширяющимися экосистемами независимых поставщиков услуг, а это будет повышать полезность диалоговых платформ в геометрической прогрессии. Основными отличительными признаками диалоговых платформ станут надежность их диалоговых моделей,

прикладных пользовательских интерфейсов (API) и моделей событий, используемых для доступа, активизации / вызова и управления услугами независимых поставщиков, что обеспечит предоставление разумных ответов на сложные запросы.

В 2017 финансовом году все основные игроки в сфере цифровых технологий будут обладать собственными версиями поставляемых диалоговых платформ широкого применения. Одни будут поддерживать приложения их поставщика, другие же будут способны к расширению возможностей за счет приложений корпоративных покупателей и независимых поставщиков услуг (рис.3). Но большую часть диалоговых платформ можно будет использовать в двух рассмотренных вариантах. Ожидается, что одни платформы будут в значительной степени закрытые, однако их аналоги позволят заменять или расширять возможности ключевых компонентов. Поэтому в рамках любой оценки диалоговых платформ важно изучать возможности расширяемости и механизмы взаимодействия этой платформы с другими системами.

Освоение пользовательского опыта создаст для цифрового бизнеса много возможностей, однако в то же время приведет к появлению значительных проблем в области безопасности и управления информационными технологиями. Реализация непрерывно расширяющегося, многонаправленного (immersive)<sup>\*\*</sup> диалогового пользовательского опыта потребует более глубокого понимания вопросов конфиденциальности и допуска.

Приборы, всегда находящиеся в режиме восприятия, могут собирать информацию пользователей без их согласия. Ошибки поставщиков или сомнительное с этической точки зрения использование полученных при освоении и использовании диалоговых платформ и смежных технологий правоохранительными органами, по всей видимости, приведут к появлению регулятивных и / или законодательных норм относительно сбора, хранения и доступа к подобным данным.

## МНОГОНАПРАВЛЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЧЕЛОВЕКА

В то время как диалоговые платформы изменяют способ взаимодействия людей с миром цифровых технологий, виртуальная реальность (VR), дополненная реальность (AR) и смешанная реальность (MR) изменяют способ восприятия людьми этого мира. Подобный комбинированный сдвиг в моделях взаимодействия

<sup>\*</sup> VCA (virtual client access) – виртуальный помощник в работе с клиентами, приложение банковских и других организаций с использованием искусственного интеллекта.

<sup>\*\*</sup> immersive – многонаправленный, с одновременным воздействием на человека через несколько каналов восприятия (зрение, слух, осязание, обоняние); иммерсивный, создающий эффект присутствия.



**Рис.3.** Интеграция в диалоговые платформы новых структурных элементов на основе пользовательского опыта.  
 Источник: Gartner (October 2017)

и восприятия расширяет многонаправленное воздействие на опыт пользователя.

Виртуальная и дополненная реальности – отдельные, но взаимосвязанные технологии. Смешанная реальность расширяет оба подхода в целях достижения более устойчивой интеграции физического и цифрового миров. Виртуальный аспект пользовательского опыта важен, но не менее значимы и другие модели чувственного восприятия, такие как осязание (тактильная обратная связь) и слух (пространственные звуки). Это особенно касается смешанной реальности, когда пользователь может взаимодействовать с цифровыми и реальными объектами, оставаясь при этом в материальном мире.

Различия между виртуальной, дополненной и смешанной реальностями:

- **виртуальная реальность** для полного многонаправленного воздействия на пользователя в виртуальном "мире" использует машинно-генерируемые (цифровые) среды;
- **дополненная реальность** накладывает цифровую информацию на материальный мир;
- **смешанная реальность** сочетает в себе материальный и цифровой миры, в которых пользователь может взаимодействовать с реальными и цифровыми объектами, оставаясь при этом в материальном мире.

**Виртуальная реальность** обеспечивает машинно-генерируемую 3D-среду, которая окружает пользователя и реагирует на его действия естественным

образом. Обычно это осуществляется за счет использования видеошлемов, полностью закрывающих поле зрения пользователя. Движения / положения рук и тела отслеживаются с использованием методики распознавания жестов или портативных контроллеров, также в систему виртуальной реальности может быть встроена обратная сенсорная связь. Системы виртуальной реальности (в объеме помещения, комнаты) обеспечивают более глубокое чувство погруженности (по сравнению с персональными системами) и могут обеспечить 3D-опыт для нескольких участников или одного, свободно перемещающегося по комнате (использование беспроводных технологий).

**Дополненная реальность** относится к использованию в режиме реального времени такой информации, как текст, графика и другие виртуальные расширения, взаимосвязанные с объектами реального мира. Дополненная реальность реализуется при помощи видеочлема или мобильного прибора. Отличие дополненной от виртуальной реальности состоит именно в наложении виртуального мира на реальный фон. Дополненная реальность призвана улучшить взаимодействие пользователей с реальной физической средой, а не отделять их от нее. Подобное определение применимо и к смешанной реальности. В целом смешанная реальность в еще большей степени, чем дополненная, сочетает в себе элементы многих типов технологий многонаправленного воздействия на человека.

**Сегмент виртуальной и дополненной реальности** находится в стадии становления и достаточно

фрагментирован. Тем не менее, инвестиции в этот сектор продолжают поступать: в 2016 году они достигли 2,09 млрд долл., а в 2017-м ожидается их увеличение на 3% (до 2,16 млрд долл.). Основная часть инвестиций по-прежнему идет на развитие базовых технологий или на вывод технологических достижений в следующую фазу развития. В 2017 году корпорации Apple и Google представили новые разработки – ARKit и ARCore, соответственно. Эти технологические платформы многонаправленного воздействия предназначены для мобильных вычислительных устройств данных фирм. Появление указанных платформ указывает на большой долгосрочный интерес Apple и Google к данному сектору, в том числе в целях расширения контролируемых ими долей рынка (и без того одних из самых крупных).

**Виртуальная и дополненная реальности увеличивают производительность.** Появление большого количества новых приложений виртуальной реальности – результат высокого интереса и азарта ранних последователей. Многие подобные разработки не представляют для бизнеса реальной ценности, кроме как в плане расширения сферы перспективной информационно-развлекательной продукции, такой как видеоигры и 360°-ное сферическое видео. Бизнес понимает, что этот рынок хаотичен. Виртуальная и дополненная реальности часто применяются для привлечения новых потребителей. Обычный метод – через дополненную реальность смартфонов (типа Pokémon Go и т.п.). Иногда используется опыт многонаправленного воздействия при помощи видеошлемов (например, приложение Everest VR на Vive от HTC, которое позволяет пользователю наслаждаться иллюзией "фактического" восхождения на Эверест). Однако 40% организаций, использующих или осуществляющих опытные проекты в области виртуальной реальности, считают, что данная технология превосходит их ожидания. Они изучают реальные сценарии применения технологий виртуальной и дополненной реальности для повышения производительности труда сотрудников. Речь идет о расширении возможностей проектирования, обучения, визуализации и получения информации без помощи рук. Представители этих организаций утверждают, что получение ощутимых преимуществ для бизнеса благодаря применению технологий виртуальной и дополненной реальности возможно только при изучении и использовании сценариев реальной жизни.

Смартфоны могут служить эффективной платформой для мобильных приложений виртуальной и дополненной реальности. Помимо ARKit и ARCore, на рынке представлены продукты Cardboard и Daydream (Google) и Gear VR (Samsung), использующие

смартфоны в качестве вычислительной платформы. Привязать эти недорогие видеошлемы можно путем "нажатия кнопки". Кроме того, для получения опыта применения дополненной реальности нет необходимости использовать видеошлем – достаточно экрана смартфона, который становится "волшебным окном", обеспечивающим доступ к графику поверх вещей реального мира. Можно получить контекстную информацию, отражающую дополненные данные поверх объектов реального мира (например, наложение скрытой проводки на изображение стены). Хотя возможности такого подхода достаточно ограничены, но по сравнению с более надежными подходами с использованием видеошлема он представляет собой доступную и оптимальную точку входа. Предполагается, что в области дополненной реальности на основе смартфонов конкуренция в 2018 году значительно усилится. В частности, это результат выпуска на рынок ARKit и iPhone X (Apple), ARCore (Google) и доступности кросс-платформенных SDK\*, таких как Wikitude\*\*.

По прогнозам Gartner, в период до 2021 года многонаправленный потребительский и бизнес-контент будут быстро наращивать объемы и расширять ассортимент. Рынок видеошлемов продолжит быстро развиваться – в 2021 году объем отгрузки достигнет 67,2 млн шт., а продаж – 18,8 млн долл. В краткосрочной перспективе потребители больше склоняются к освоению видеошлемов. Первым популярным типом приложений видеошлемов будут видеоигры – при условии, что поставщики игр смогут предложить обширный и интересный контент. Для бизнеса будут доступны более специализированные видеошлемы и решения в области контента виртуальной и дополненной реальностей. Несмотря на то, что в период до 2021 года технология видеошлемов будет быстро совершенствоваться, приложения мобильной дополненной реальности получат намного более широкое применение.

Один из вариантов многонаправленного пользовательского опыта – **смешанная реальность** (рис.4). Эта

\* **SDK (software development kit)** – набор инструментальных средств разработки программного обеспечения, включающий библиотеки, заголовочные файлы, help-файлы, документацию и т.п.

\*\* **Wikitude** – набор инструментальных средств разработки ПО (SDK), структура разработки, использующая технологии распознавания изображений, отслеживания и геолокации. Созданные с его помощью приложения являются своего рода браузерами дополненной реальности, работающими через камеру (в т.ч. мобильного телефона). Разработан фирмой Wikitude (Зальцбург, Австрия, 2008 год).

привлекательная технология способна оптимизировать собственный интерфейс для лучшего согласования восприятия и взаимодействия пользователя с миром цифровых технологий. Смешанная реальность существует наряду с широким спектром других технологий, может включать видеоплееры для виртуальной и дополненной реальности, а также приложения дополненной реальности на основе смартфонов и планшетных ПК. В смешанной реальности также можно применять смарт-зеркала, проекционные дисплеи и проекторы. Этот вариант выходит за рамки визуального восприятия и включает в себя слуховые, тактильные и другие сенсорные каналы ввода-вывода, а также маячки и датчики, встроенные в окружающую пользователя среду.

Интеграция виртуальной и дополненной реальностей с разнообразными мобильными, носимыми, IoT-приборами, насыщенными датчиками, средами и диалоговыми платформами (ячеистые сети) будет расширять многонаправленные приложения за пределы обособленного опыта и опыта одного человека. Комнаты и пространства будут активно взаимодействовать с вещами, а их связь через ячеистые сети будет осуществляться во взаимодействии с многонаправленными виртуальными мирами. Иными словами, может появиться, например, склад, способный не только определить присутствие рабочих, но и помочь им понять состояние оборудования, визуально указать на детали, требующие замены. Несмотря на все впечатляющие возможности виртуальной и дополненной реальностей, на пути их широкого освоения возникнет немало трудностей и препятствий. Тем, кто приступает к освоению данных технологий, специалисты Gartner советуют в первую очередь определить основных целевых персон и изучить целевые сценарии. Например, это могут быть бизнес-потребности и бизнес-ценность для целевого пользователя в различной обстановке: дома, на работе, с клиентом или в путешествии.

### ЛИТЕРАТУРА

- David W. Cearley, Brian Burke, Samantha Searle, Mike J. Walker. Top 10 Strategic Technology Trends for 2018/Gartner. October 03. 2017. <https://www.gartner.com/doc/3811368?refval=&pcp=mpe>



Рис.4. Перспективы развития пользовательского опыта. Источник: Gartner (October 2017)

- Innovation Insight for Digital Twins – Driving Better IoT-Fueled Decisions. <https://www.gartner.com/doc/3645341?ref=ddisp>
- Hype Cycle for the Internet of Things, 2017. <https://www.gartner.com/doc/3770369?ref=ddisp>
- Predicts 2017: IT and OT Convergence Will Create New Challenges and Opportunities. <https://www.gartner.com/doc/3531817?ref=ddisp>
- Digital Twins Will Impact Economic and Business Models. <https://www.gartner.com/doc/3784663?ref=ddisp>
- Expand Your Artificial Intelligence Vision From the Cloud to the Edge. <https://www.gartner.com/doc/3780863?ref=ddisp>
- A Guidance Framework for Architecting the Internet of Things Edge. <https://www.gartner.com/doc/3783144?ref=ddisp&latest=true>
- The Edge Manifesto: Digital Business, Rich Media, Latency Sensitivity and the Use of Distributed Data Centers. <https://www.gartner.com/doc/3104121?ref=ddisp>
- Architecture of Conversational Platforms. <https://www.gartner.com/doc/3621342?ref=ddisp>
- Architecting and Integrating Chatbots and Conversational User Experiences. <https://www.gartner.com/doc/3715117?ref=ddisp&latest=true>
- Hype Cycle for Human-Machine Interface, 2017. <https://www.gartner.com/doc/3764163?ref=ddisp>
- Getting Started Developing Virtual Reality Experiences. <https://www.gartner.com/doc/3780763?ref=ddisp>
- Best Practices for Using Augmented Reality in Mobile Apps. <https://www.gartner.com/doc/3803466?ref=ddisp>
- Immersive Technologies Offer Infinite Possibilities. <https://www.gartner.com/doc/3615130?ref=ddisp>