

## ОСНОВНЫЕ КЛАССЫ СРЕДСТВ VR И СФЕРЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

П.К. Ксенофонов (Компания «Топ Системы»)

Указаны основные предпосылки появления и распространения современных средств виртуальной реальности (VR). Рассмотрены основные типы, классы и модели VR-устройств, существующие на рынке, описаны их преимущества и недостатки, рассказано о тех задачах, которые данные устройства могут решать.

Ключевые слова: средства виртуальной реальности, VR-шлем, мобильные телефоны.

### Предпосылки появления и широкого распространения

Выпустить средства виртуальной реальности (VR) в массы производители оборудования пытаются уже давно. Вспомним хотя бы выпущенный в 1995 г. шлем VFX-1. Но только в наши дни технология VR смогла приобрести достаточно широкую распространенность. И для этого есть несколько причин.

*Достаточная производительность и скорость оборудования*

Современное компьютерное оборудование обеспечивает важнейшие составляющие VR:

– высокую частоту кадров, в среднем 90 кадров в секунду;

– высокое разрешение рендеринга<sup>1</sup>, в среднем 1280\*1200 пикселей на глаз;

– минимальную задержку между действием пользователя и отображением действия на экране, в среднем 2...3 кадра;

– достаточную реалистичность графики, качественный шейдинг<sup>2</sup> с использованием текстур высокого разрешения.

Ключевой характеристикой современного VR является так называемая вовлеченность: VR-опыт окружает пользователя со всех сторон, VR-опыт непрерывен, постоянен и при этом достаточно комфортен. Высокая производительность и скорость оборудования здесь критична. Как только падает скорость рендеринга либо возрастает задержка – вовлеченность исчезает, а виртуальная реальность превращается в дискомфортное разглядывание изображений на экране компьютерного дисплея, находящегося перед глазами пользователя.

*Достаточная энергоэффективность, миниатюрность и стоимость оборудования*

Современный VR-шлем – это сложное техническое устройство, несущее в себе массив различных

датчиков и миниатюрных камер, модули для беспроводной связи, микрофон, динамики. Мобильные VR шлемы содержат также мобильную компьютерную платформу необходимую для автономной работы устройства, аккумулятор. В то же время VR-шлем должен быть достаточно легким, удобным, эргономичным, не должен выделять много тепла. Высококачественные линзы совместно с дисплеем высокого разрешения должны обеспечивать достаточно широкий обзор при достаточно малом размере видимых на экране пикселей. VR-устройство должно быть достаточно дешевым в производстве, так как без этого не может быть и речи о массовом распространении. Все это стало возможным лишь сейчас, после многих лет технического совершенствования цифровой техники.

*Наличие крупных компаний, заинтересованных в создании и развитии нового сегмента рынка*

Вывод на рынок новой категории устройств, претендующей на широкое распространение – это задача, требующая огромных затрат: исследования, разработка аппаратной и программной платформы, производство, маркетинг, реклама, контент и инструменты для его создания. Ввиду высоких рисков неприятия новой технологии пользователями, шанс «отбить» деньги, вложенные в развитие столь дорогого для освоения нового сегмента, существует преимущественно у компаний, обладающих критической массой потенциальных потребителей. Такие компании появились не столь давно. Так, компания Facebook в 2014 г. приобрела компанию Oculus. Именно Facebook начала процесс создания нового сегмента рынка. Когда потенциал технологии VR стал проглядываться более отчетливо, к процессу распространения VR технологии подключились новые участники, такие как Valve+HTC, Google, Sony, Microsoft, NVidia, AMD и др.

<sup>1</sup> Рендеринг или отрисовка – термин в компьютерной графике, обозначающий процесс получения изображения по модели с помощью компьютерной программы.

<sup>2</sup> Шейдинг относится к части изображения для восприятия глубины в трехмерных моделях или иллюстрациях с помощью различных уровней темноты.

### Основные классы средств VR и сферы их применения

В 2012 г. была создана компания Oculus (США). И именно этот год можно считать годом рождения современного VR. С тех пор прошло уже 7 лет. Рынок VR-устройств сформировался. Ясно выделились ведущие производители VR-оборудования, и уже легче провести различие между основными классами VR-устройств, а также выделить основные сферы, где эти устройства могут с успехом применяться.

Классификация устройств VR представлена на рис. 1. Рассмотрим каждый тип устройств VR подробнее.

#### Мобильные телефоны с поддержкой VR и другие устройства на платформе Google Daydream

К этому типу можно отнести мобильные телефоны, которые могут работать совместно с Google Cardboard<sup>3</sup>, специализированные шлемы подобные Samsung Gear VR, а также VR-шлем Oculus Go. Положительной чертой данного типа устройств является их невысокая цена, максимальная доступность и максимальный охват аудитории. VR-устройства этого типа имеют крайне ограниченную функциональность: позиционирование производится по трем координатам (поворот вокруг трех осей), навигация в VR-пространстве затруднена, чаще всего (не относится к Oculus Go) у пользователей полностью отсутствуют возможности по взаимодействию с объектами в VR ввиду отсутствия VR-контроллеров. Высокая сегментация мобильных устройств ведет

к нестабильной работе приложений и сложностям с оптимизацией контента.

Устройства данного типа могут отображать простейшие 3D сцены с небольшим числом объектов (около 100 ед.) и треугольников (в среднем около 50 тыс. треугольников в сцене). Низкое качество 3D рендеринга существенно ограничивает вовлеченность в VR-опыт.

В результате данный тип устройств можно эффективно использовать только для доставки конечному массовому потребителю простейшего VR-контента, не требующего вычислительных мощностей, сложных взаимодействий и длительного пребывания в VR.

Например, если компания занимается строительным бизнесом, она размещает на своем сайте специально подготовленные изображения с демонстрацией будущих квартир. Тогда посетители сайта, если у них есть приложение Cardboard, смогут просмотреть эти сферические изображения и оценить различные варианты возможной отделки квартиры так, будто бы они ее посетили.

Другой пример – создание специализированных 3D-каталогов для демонстрации разработок (рис. 2).

Рассматриваемый тип устройств имеет крайне ограниченную функциональность в VR, совершенно несравнимую с возможностями VR-устройств любого другого типа. Функциональность настолько ограничена, что пользователь, попробовавший любой другой качественный VR-опыт вряд ли захочет

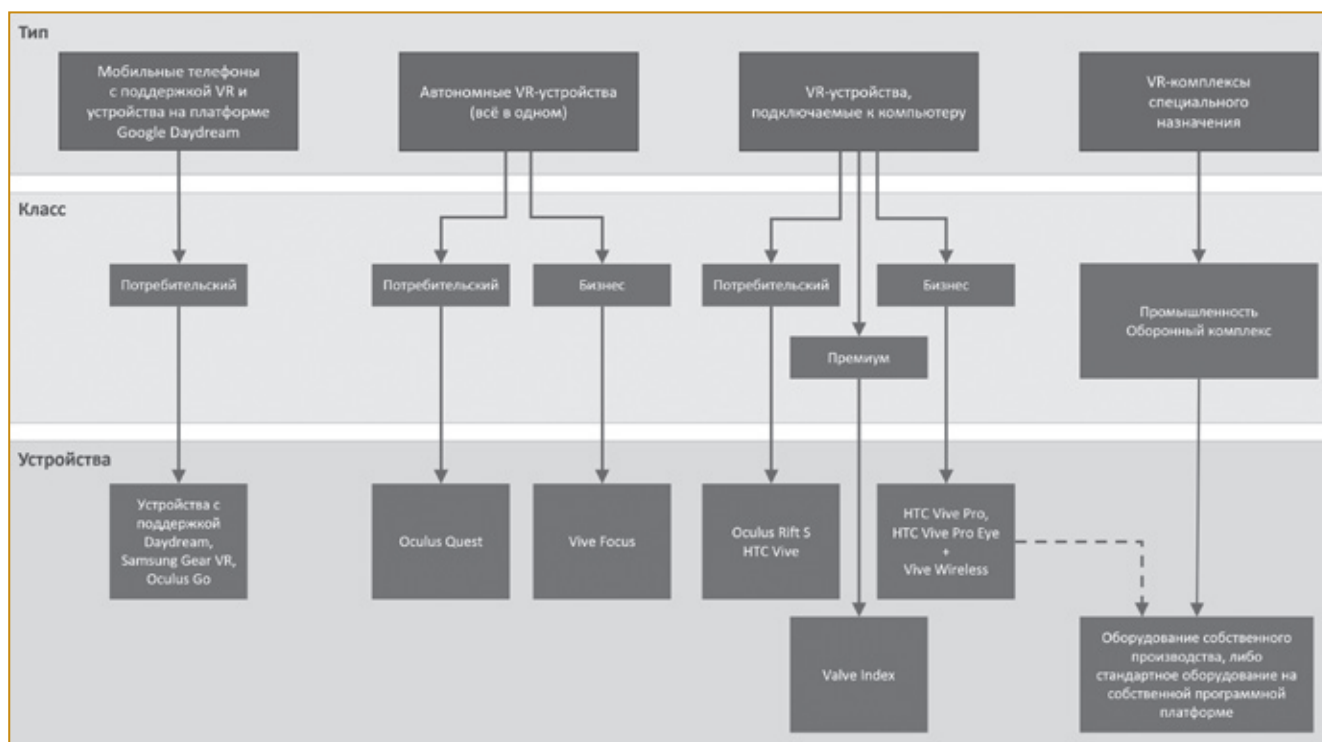


Рис. 1. Классификация устройств VR

<sup>3</sup> Cardboard — приложение, транслирующее специальные очки для нахождения и просмотра приложений виртуальной реальности, а также аналогичных файлов: видеороликов, фильмов, клипов и т.д.

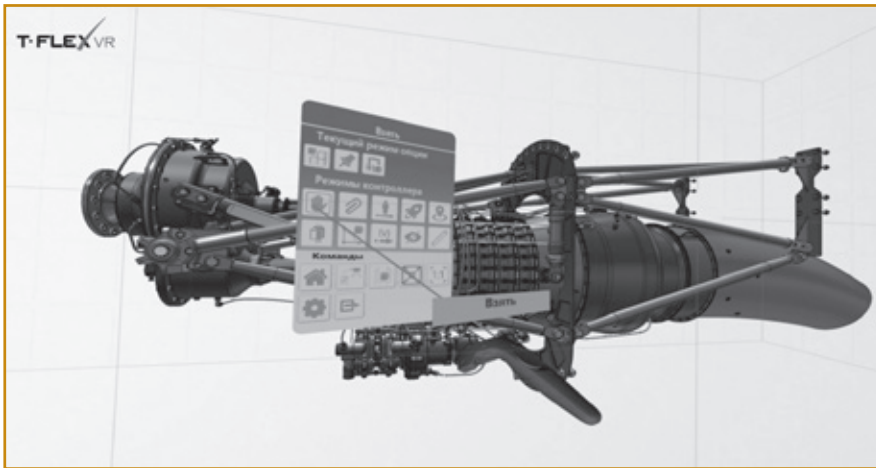


Рис. 2 Модель турбовинтового двигателя в T-FLEX VR



Рис. 3. Проект цеха по переработке молочных продуктов в T-FLEX VR.  
Автор проекта: ГЕА Россия, С. Беляев

повторять свои эксперименты с Google Cardboard. Возможно, именно поэтому в октябре 2019 г. компания Google объявила об отказе от поддержки собственной платформы Daydream. Это означает, что потенциал данного типа устройств исчерпан, и на первый план выходят специализированные VR-устройства.

#### Автономные VR-устройства (все в одном)

По своим техническим характеристикам данный тип устройств близок к мобильным телефонам с поддержкой VR. Однако эти устройства являются специализированным, а фрагментация устройств практически отсутствует<sup>4</sup>. Это позволяет оптимизировать контент для наилучшего качества. В этом сегменте устройств предусмотрена возможность полноценного шестикоординатного трекинга<sup>5</sup> в пространстве, что является неременным условием вовлечения в VR-опыт. VR-контроллеры

<sup>4</sup> Фрагментация устройств — ситуация, когда у какой-то вычислительной платформы становится настолько много моделей аппаратуры и версий ОС, что становится практически невозможным написать программу, хорошо работающую на всех устройствах, созданных на базе данной вычислительной платформы.

<sup>5</sup> Трекинг в компьютерной графике — определение местоположения движущихся объектов во времени с помощью камеры.

с шестикоординатным трекингом дают возможность пользователю полноценно взаимодействовать с VR-контентом.

Существенным преимуществом устройств данного типа является их полная автономность, низкая цена и отсутствие проводов в процессе использования. Устройства имеют хорошую эргономику, легко калибруются и могут использоваться в любом пространстве как в офисе, так и дома.

На рынке данные устройства представлены продуктами Oculus Quest и Vive Focus. Первое устройство можно отнести к потребительскому классу, а второе — к бизнес. По своим характеристикам данные устройства близки и могут решать одни и те же задачи. Но Vive Focus сразу позиционируется как решение для бизнеса: имеет расширенную техподдержку, более мощную аппаратную составляющую, а также экран чуть более высокого разрешения. Также, Vive Focus конструктивно рассчитан на частую смену пользователя — его проще снимать/одевать.

Автономные VR-устройства можно использовать для создания VR-опыта практически в любых сферах — развлечение, дизайн, на-

ука, искусство, маркетинг, реклама, обучение, продажи, послепродажное обслуживание и др.

Технические возможности по 3D-рендерингу на этих устройствах ограничены их аппаратной мобильной платформой. Число тел в сцене, общее число полигонов в сцене, качество шейдинга — все эти параметры строго ограничивают сложность VR-сцен, которые можно показать пользователю. Контент, который планируется разместить на VR платформе, должен быть подготовлен и оптимизирован. Эта подготовка и оптимизация могут занимать длительное время. Поэтому выпуск нового контента, или обновление существующего, не могут производиться в реальном времени.

#### VR-устройства, подключаемые к компьютеру

Устройства данного типа предоставляют пользователям наилучший VR-опыт и высокое качество графики при отображении самых сложных 3D сцен. Отличная эргономика, качественный шестикоординатный

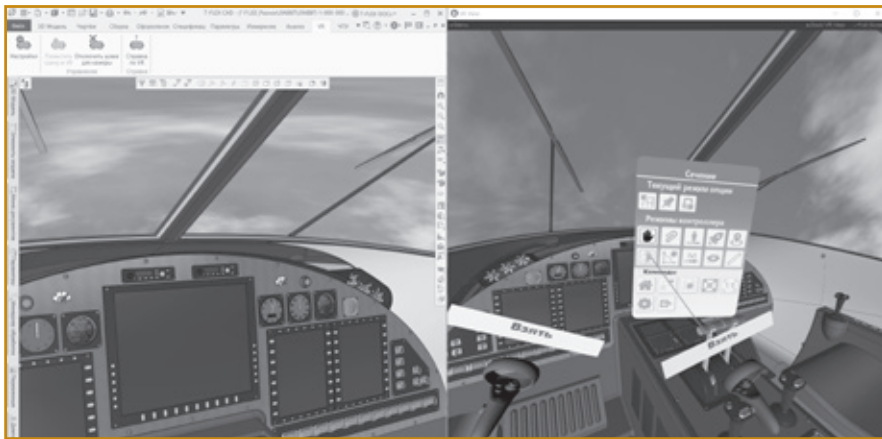


Рис 4. Пользователь изучает кабину летательного аппарата в T-FLEX VR

трекинг, функциональные VR-контроллеры, минимальная задержка, возможность использования модулей для беспроводной связи, качественные экраны и линзы – все это гарантирует максимальную вовлеченность пользователя.

Устройства данного типа работают в связке с компьютером, что позволяет использовать их как для потребления контента, так и для его создания. Прямая связь с компьютером и высокая производительность дают возможность использовать VR «налету», минимизируя или полностью исключая время, необходимое для подготовки VR-контента. Так, инженеры, использующие продукт T-FLEX CAD, могут просмотреть в VR свою модель, нажав одну лишь кнопку в интерфейсе (рис. 3).

Стоимость таких VR-устройств варьируется в пределах от 400 долл. США (потребительский уровень) до 2000 долл. США (бизнес уровень). Как и в области автономных VR-устройств, устройства данного типа вне зависимости от принадлежности к определенному классу могут решать одинаковые задачи, так как в плане функциональности их различия не так уж и велики. Рассмотрим эту тему подробнее.

**Устройства потребительского класса.** В первую очередь это компьютерные шлемы виртуальной реальности Oculus Rift S и HTC Vive. Эти VR-устройства могут использоваться как дома, так и в офисе и подходят как для потребления готового VR-контента, так и для его создания. Если сравнивать Oculus Rift S и HTC Vive, то Oculus Rift S предоставляет более качественный дисплей, легкость подключения (лишь один провод, отсутствие внешних датчиков) и настройки, более удобные VR-контроллеры. Oculus Rift S удобно использовать на стационарном рабочем месте либо переключать его между компьютерами в процессе работы. Если идет речь о командировочных поездках, Oculus Rift S очень просто перевозить. HTC Vive сложен в подключении и лучше подходит для организации стационарных рабочих место, но дает более точный трекинг и возможность создать VR-опыт «Комнатного масштаба» (Room-Scale

Experience). В целом после работы с Oculus Rift S устройство HTC Vive воспринимается как устаревшее, и не даром – оно было одним из первых VR-устройств на массовом рынке.

#### **Устройства премиум класса.**

К этому классу можно отнести новый шлем виртуальной реальности Valve Index (США). Это устройство еще не доступно в России. Данное устройство позиционируется как продвинутое устройство для домашнего использования. Отличие от устройств Потребительского класса состоит в том, что экран

данного устройства может обновляться с частотой до 140 Гц (против 80 Гц у Oculus Rift S и 90 Гц у HTC Vive) – столь высокая частота обновления усиливает вовлеченность в VR-опыт. Также есть возможность использовать специальные VR-контроллеры с трекингом всех пяти пальцев, что опять же прибавляет реализма в VR.

**Устройства бизнес класса.** Данные устройства следует использовать в том случае, когда важно максимальное качество VR-опыта, а цена оборудования и сложность его подключения не имеют существенного значения.

К данному классу устройств отнесем HTC Vive Pro и HTC Vive Pro Eye. Эти устройства предоставляют пользователям VR-опыт высочайшего класса. Устройства используют экраны повышенного разрешения, что положительно отражается на качестве картинки.

Шлемы HTC Vive Pro и HTC Vive Pro Eye требуют времени на подключение и настройку. Наличие нескольких базовых станций, блоков питания и множества проводов затрудняют перевозку устройств в командировках и выездных показах. Поэтому лучше всего использовать это оборудование на стационарных стендах, особенно таких, где важен размер VR-зоны.

При использовании двух базовых станций совместно с беспроводным модулем Vive Wireless можно создавать большие VR-пространства с полным трекингом площадью вплоть до 7,5\*7,5 м (и даже больше), в которых пользователь может свободно перемещаться. Более того, возможно использование более двух базовых станций при одновременном использовании нескольких шлемов. Это позволяет создавать еще большие VR-пространства, в которых одновременно работают несколько пользователей.

В компании «Топ Системы» используется шлем HTC Vive Pro для демонстрации продукта T-FLEX VR (рис. 4). Базовым сценарием, который демонстрируется потенциальным пользователям, является изучение в масштабе 1:1 полностью проработанной

цифровой модели самолета, спроектированной в САПР T-FLEX CAD. На демонстрационной площадке пользователь в VR-шлеме может обойти самолет вокруг или пройти по его салону так, будто бы это реально существующий объект. Такой вариант использования VR возможен сейчас только при использовании оборудования бизнес класса.

Кроме очень большого размера рабочей зоны, оборудование бизнес класса может иметь и уникальную функциональность. Так, в HTC Vive Pro Eye встроены датчики для отслеживания направления взгляда. Подобная возможность открывает совершенно новые варианты использования VR, никогда ранее недоступные широкому кругу пользователей.

#### VR-оборудование специального назначения

Устройства, а точнее программно-аппаратные VR-комплексы данного типа предназначены для решения специальных задач, таких как тренировка будущих космонавтов или отработка действий бойцов спецназа. Важными составляющими подобного VR-опыта могут быть огромная площадь VR-пространства с одновременным отслеживанием в этом пространстве десятков людей, трекинг всех частей тела пользователей, совмещение виртуальной реальности с реальным пространством или что-то иное.

К сожалению, информации о подобных VR-комплексах имеется довольно мало, скорее всего, по причине высокой конфиденциальности решаемых ими задач. Можно предположить, что данные VR-комплексы используют в своей работе связку из стандартного, стандартного-модифицированного и собственного оборудования. Соответственно для работы этого оборудования используются собственные программные платформы, также заточенные под решение специальных задач.

Отметим, что при правильном подходе оборудование бизнес класса может быть использовано в качестве аппаратной платформы для создания VR-комплексов специального назначения. Например, Vive Tracker позволяет отслеживать в VR положение не только VR-шлема и VR-контроллеров, но и любых других объектов, к которым Vive Tracker прикреплен. А разработчики программных решений для HTC Vive

могут получать непосредственный доступ к информации с датчиков, что позволяет создавать собственные программно-аппаратные системы для особых сценариев использования.

Ожидается, что по мере развития VR-технологий создание VR-комплексов специального назначения станет все более и более простой задачей, что в свою очередь расширит область использования VR [1,2].

#### Заключение

По сравнению с традиционными средствами вывода графической информации, будь то обычные «плоские» мониторы или устройства, отображающие стереоизображения, современный VR предлагает пользователю качественно новый уровень восприятия информации. Никогда ранее человек не мог настолько полно воспринять то, что еще не воплощено в реальности, но существует только «внутри» компьютера.

Да, у современного оборудования все еще есть недостатки — например, недостаточная плотность пикселей на экране, что не позволяет пользователям читать мелкие тексты или разглядывать мелкие детали 3D-объектов. Еще один пример того, над чем производителям оборудования стоит поработать — динамическое изменение фокусного расстояния в зависимости от того, в какую точку дисплея смотрит глаз пользователя. Но устройства VR совершенствуются, и то, что еще вчера казалось фантастикой, сегодня стало реальностью. Например, данный текст автор набирает не на обычной клавиатуре, а на виртуальной, находящейся в VR. И можно быть уверенным, что в будущем VR преподнесет нам еще множество интересных сюрпризов.

#### Список литературы

1. Яковлев Б. С., Пустов С. И. Классификация и перспективные направления использования технологии дополненной реальности // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2013.
2. Иванова А. Технологии виртуальной и дополненной реальности: возможности и препятствия применения // Стратегические решения и риск-менеджмент. — 2018. — Вып. 3 (108).

*Ксенофонтов Павел Константинович - руководитель лаборатории VR компании «Топ Системы».*

*[Http://tflex.ru](http://tflex.ru)*

#### На 3D-принтере напечатали первый в мире бетонный арочный мост Striatius

*Совместный проект Holcim, Block Research Group (BRG) на базе Швейцарской высшей технической школы Цюриха, Zaha Hadid Architects Computation, Design Group (ZHACODE) и incremental3D.*

Прочность моста достигается благодаря его особой конструкции, которая работает исключительно на сжатие и не имеет никаких элементов усиления. Striatius возрождает традиционные строительные техники, основываясь при этом на современных технологиях — от автоматизированного проектирования до роботизированного производства.

Концепция проекта предполагает использование материала только там, где это необходимо, и позволяет существенно снизить воздействие моста на окружающую среду. За счет отсутствия элементов усиления, а также благодаря методу сухой сборки без

использования связующих веществ конструкцию моста можно многократно изменять.

Striatius открывает новые возможности создания бетонных конструкций с применением структурно осознанного, производственно обоснованного и экологически ответственного подхода. Использование материала четко контролируется в целях увеличения объемов строительства с одновременным снижением потребления ресурсов.

Мост был создан для демонстрации на выставке Time Space Existence, которая проводится Европейским культурным центром в рамках Венецианской архитектурной биеннале 2021 г.

Мост будет открыт в июле 2021 г. в Giardini della Marinaressa в Венеции (Италия).

*<https://striatusbridge.com>*