

Дополненная Реальность : возможности применения для поддержки полного жизненного цикла изделия

В. А. Краюшкин, канд. техн. наук, ООО «ПТС», Москва, Россия;
М. А. Пирогова, канд. техн. наук; И. Е. Лешихина канд. техн. наук,
ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ», Москва, Россия

Аннотация. Технология Дополненной Реальности (Augmented Reality, AR) – реальный инструмент для повышения эффективности выполнения типовых задач на многих этапах жизненного цикла изделия, включая сервисное сопровождение и ТОиР. Эффективное внедрение AR невозможно без применения платформы разработки. В статье рассмотрены возможные компании – лидеры нынешнего рынка платформ разработки AR.

Ключевые слова: Дополненная Реальность, Виртуальная Реальность, 3D-модель, платформа разработки AR

Дополненная Реальность (Augmented Reality, AR) – визуализация виртуальных объектов в поле восприятия и воспроизведение в этом же поле дополнительной информации, относящейся к наблюдаемым в поле восприятия реальным и виртуальным объектам. Главной целью применения Дополненной Реальности является предоставление наблюдающему дополнительной визуально-регистрируемой информации об окружающих его и находящихся в поле восприятия реальных объектах. Технически применение AR основано на использовании индивидуальных средств просмотра окружающей действительности, например, трансляция поля восприятия на экране мобильного устройства (просмотр картинки, передаваемой тыловой камерой смартфона или планшета), просмотр on-line TV-трансляции, использование шлемов и очков дополненной реальности. AR при использовании устройств такого типа проявляется в наложении на транслируемую устройством «живую картинку» дополнительных изображений

виртуальных 3D-объектов с сохранением изменений этих виртуальных 3D-объектов при любом изменении «живой картинки» таким образом, чтобы имитировать «присутствие» виртуальных объектов в реальном окружении. Дополненную Реальность не стоит смешивать с Виртуальной Реальностью, хотя и там и там используются виртуальные 3D-объекты. Отличие Виртуальной Реальности (Virtual Reality, VR) от Дополненной Реальности (AR) состоит в том, что в VR нет визуализации реального окружающего пространства, а всё поле восприятия на всю глубину просмотра заполнено только виртуальными 3D-объектами. В отличие от VR, AR воспроизводит 3D-объекты только на фоне («поверх») реально визуализируемой действительности. Техника AR совмещает виртуальное и реальное на одном экране, работает в режиме реального времени и работает с учётом изменений виртуальных 3D-объектов при перемещениях камеры в реальном пространстве. Строго говоря, технология AR – это просто наложение дополнительной графической информации на транслируемое изображение окружающей обстановки. Из различий VR и AR следуют и особенности технической реализации, присущие той и другой технологии. Виртуальное 3D-пространство для VR требует не только визуализации моделей 3D-объектов, но и построения 3D-модели окружения, которое как правило не уступает по сложности модели самому объекту. В AR не требуется моделирования окружающего пространства, окружение (реальное окружение) просто воспроизводится камерой соответствующего устройства и напрямую транслируется на устройство отображения. По сравнению с VR, в AR за счёт этого существенно снижаются требования к вычислительной мощности видеосистемы: при одинаковых виртуальных объектах в AR нет необходимости в дополнительных вычислениях и рендеринге окружающего виртуальный объект пространства. Ещё одно отличие: для просмотра сцен в VR нет необходимости в видеокамере, поскольку всё, что попадает в поле визуализации – виртуальные 3D-модели, будь то объект или окружение. В AR, как это прямо следует из названия, виртуальный объект «наложен» на визуализацию реального окружения, следовательно, одним из почти обязательных элементов AR является видеокамера для просмотра окружающего пространства. Однако, во многих случаях, особенно в последнее время, реализация технологии AR подразумевает непосредственное, без видеотрансляции, восприятие человеком окружающего пространства. Такое «бескамерное» получение картинки окружения мы видим в устройствах проекции на лобовые стекла (т.н. HUD-

проекторы) и в очках виртуальной реальности. И ещё одно различие между VR и AR состоит в технических устройствах, которые необходимы для отслеживания перемещения оператора в виртуальном пространстве. В VR для отслеживания взаиморасположения оператора и виртуального «мира» используются трекеры, закреплённые на теле оператора, 3D-координаты которых передаются для расчёта в модель виртуального пространства. В AR сам оператор является «устройством», отслеживающим перемещение в реальном пространстве. Все эти различия позволяют утверждать, что с технической точки зрения реализация AR гораздо проще и требует меньших мощностей вычислительных средств, чем VR.

В последнее пятилетие AR находит всё большее применение в таких областях, как рекламные и маркетинговые акции (например, каталоги IKEA), электронные игры («знаменитый» Pokemon Go), медицина лапароскопических операций, военная техника (проецирование на шлемы и очки участников боевой операции корректирующей и дополнительной информации о ситуации и целях поля боя), транспортная техника (HUD - проецирование на лобовое стекло на фоне наблюдаемой обстановки любых показаний любых систем транспортного средства а также дополняющей информации об объектах вокруг транспортного средства). А в настоящее время происходит всё более активное внедрение AR в промышленность. Применение технологии Дополненной Реальности здесь прежде всего связано с новыми открывающимися возможностями информационного сопровождения работников, выполняющих сложные операции над изделиями в осложнённых условиях окружающей обстановки. В основе своей эти новые открывающиеся возможности связаны с тем, что в тех отраслях промышленности, которые связаны с разработкой сложных изделий, давно применяются 3D-модели.

В промышленности, машиностроении и строительстве за последние более чем два десятилетия накоплен огромный опыт по созданию и активному использованию 3D-моделей изделий. С последней декады XX века активно развивается рынок промышленных CAD/CAM/CAE приложений, сформирован также и рынок систем PDM/PLM, развиваются и внедряются технологии системного инжиниринга – и всё это уже невозможно без 3D-моделей разрабатываемого изделия, без 3D-моделей оборудования, без основанного на 3D-представлении моделирования операций

изготовления, сборочных процессов, тестирования, промышленной логистики. И чем сложнее изделие, чем современные процессы - тем активнее и шире применяются 3D-модели деталей, узлов, агрегатов, сборочных единиц, изделия в целом, станочного и сборочного оборудования, логистических компонент и т.д. Бизнес-эффект от степени внедрения 3D-представления определяется по шкале качественных показателей методики MBE (Model Based Enterprise, [1]), основой которого как раз и является определение степени освоения на том или ином этапе промышленного производства, на том или ином этапе жизненного цикла изделия [2], 3D-моделей и модельных подходов. Итак, к середине второй декады XXI века в промышленном производстве твердо закрепляется представление об обязательности использования моделей сложных изделий для обеспечения эффективности самого процесса производства. Рассмотрим, где и к как, на каких этапах жизненного цикла изделия, охватываемых MBE, технологии AR могли бы обеспечить дополнительный бизнес-эффект. Рассмотрим в самом общем виде «стандартные» этапы жизненного цикла изделия (ЖЦИ, или Product LifeCycle), на которых в соответствии с концепцией MBE в качестве основного информационного ядра разработки будут использоваться 3D-модели. В схематическом виде состав типовых бизнес-процессов, их исполнителей в соотнесении с типовыми этапами ЖЦИ представлены на рис.1.

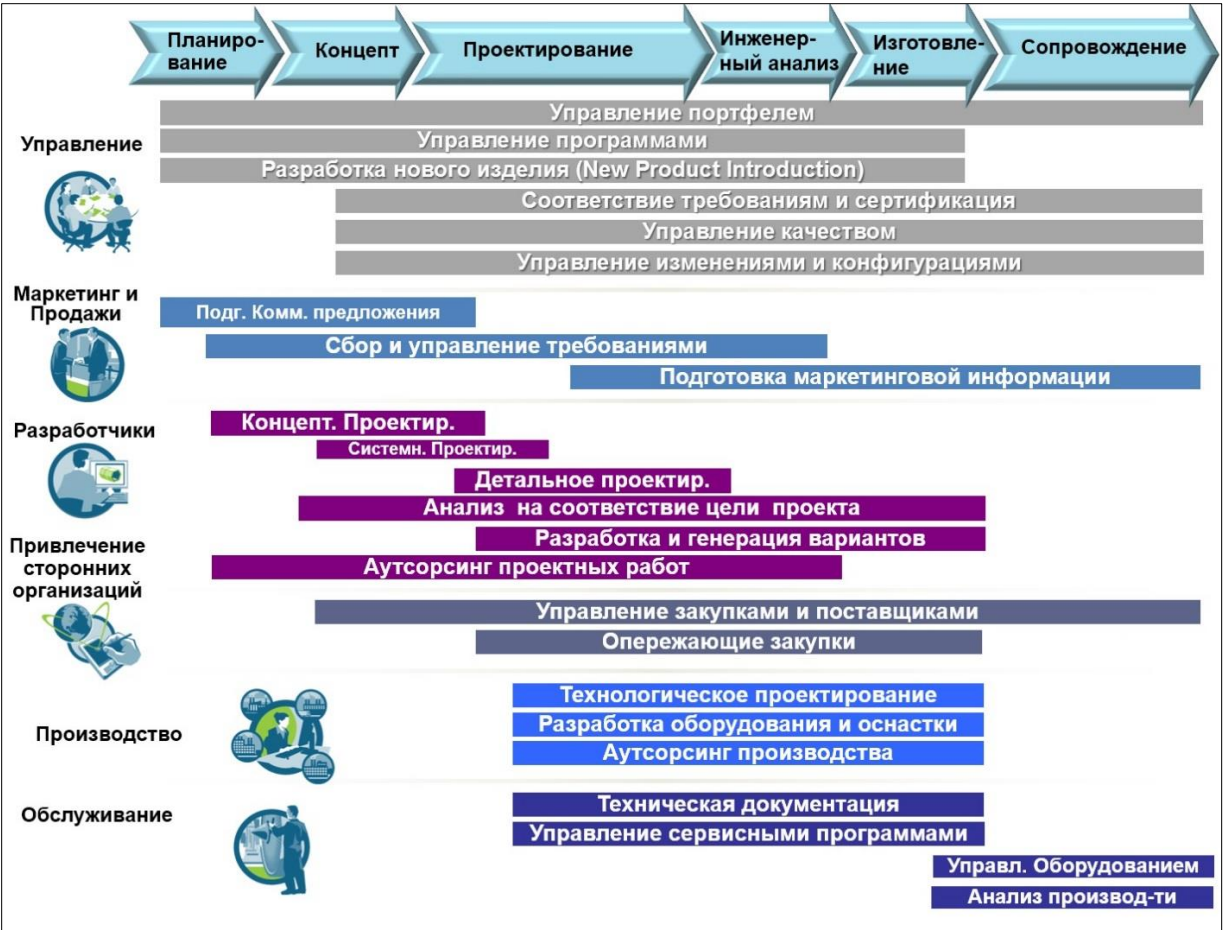


Рис.1. Типовые этапы жизненного цикла изделия, соотнесенные с типовыми бизнес-процессами и группами исполнителей (по материалам Boston Consulting Group и работам авторов статьи)

Этапы, относящиеся к процессам, исполняющимся на предприятии-изготовителе (в варианте OEM или в варианте Расширенного Предприятия) - это Планирование и Маркетинг, Концептуальная проработка, Проектирование, Инженерный анализ и Изготовление. После изготовления и передачи или поставки изделия Заказчику жизненный цикл изделия переходит на этап Сопровождения (сервис, ТОиР) и исполнителями бизнес-процессов здесь становятся уже не столько и не только структуры Предприятия, сколько сервисные и эксплуатационные подразделения Заказчика и/или специализированные сервисные организации. Что же касается собственно Предприятия-изготовителя современной техники, то наибольшее применение 3D-моделей будет на

этапах Проектирования и Инженерного анализа. Уровень сложности 3-D моделей и их использования, достигнутый здесь в настоящее время (индустриальные САПР, системы PDM/PLM, промышленные системы инженерного анализа) - наивысший среди всех возможных, техническое оснащение рабочих мест проектировщиков, сетевые среды совместной проектно-конструкторской деятельности таковы, что никакого дополнительного существенного или более-менее разумного бизнес-эффекта от применения AR нет. В самом деле, как уже говорилось выше, главной целью применения дополненной реальности является предоставление наблюдающему дополнительной визуально-регистрируемой информации об окружающих его реальных объектах. Если таким «наблюдающим» является проектировщик-конструктор, пользователь САПР, то он-то как раз и не работает ни с какими реальными объектами. Как раз наоборот – объектом пользователя CAD/CAM/CAE является проектируемая деталь, узел, сборка и т.д. – виртуальный, а не реальный объект. И всю необходимую дополнительную информацию, повышающую эффективность исполнения процессов разработки на этих этапах ЖЦИ, пользователь получает в среде CAD/CAM/CAE в виде виртуальных объектов поверх виртуальных же 3D-моделей. Строго говоря, пользователи приложений CAD/CAM/CAE работают в среде виртуальной реальности (VR), избыточной по сравнению с AR, и пользователям CAD/CAM/CAE на этапах Проектирования и Инженерного анализа достаточно средств VR для эффективного выполнения своих бизнес-процессов.

В отличие от этапов Проектирования и Инженерного анализа, другие этапы, исполняющиеся на предприятии-изготовителе и использующие уже созданные 3D-модели, выполняются в большинстве своём не в виртуальной обстановке, а в реальной среде. Например, процессы изготовления и/или сборки выполняются в среде реальных станков-стапелей-монтажных приспособлений и с реальными заготовками-детальными узлами-агрегатами. В этих условиях любая дополнительная информация, улучшающая качество исполнения или повышающая эффективность использования, должна быть доведена до исполнителя самым рациональным способом. В «добрые старые времена» бумажных технологий и в отсутствие IT такая информация доводилась до конкретного исполнителя в виде рабочих заданий, пооперационных инструкций, аннотированной техдокументации и т.д. Естественно, что чтение всей этой документации требовало от исполнителя постоянного отвлечения от собственно работы, переключения внимания от

выполняемой операции на понимание объяснения сути этой операции, изложенной в документальном сопровождении, в тех самых рабочих заданиях, пооперационных инструкциях, аннотированной техдокументации и т.д. Таким образом, повышение качества исполнения было связано с дополнительными производственными затратами, а именно с осуществлением постоянного контроля по сопроводительной документации правильности исполнения параллельно с выполнением собственно производственных операций по изготовлению. В случае распространения информационных технологий (уровни 4-6 по МВЕ, охват ЖЦИ в системах PDM/PLM) на рабочие места и производственные участки, связанные с изготовлением, появляется возможность снизить затраты на контроль за качеством исполнения операций. Переход от «бумаги» к «цифре» позволяет непосредственно в операционной зоне средствами ИТ визуализировать идеальный виртуальный 3D-объект (деталь, сборка, изделие) - достижимую цель рабочего процесса и при этом пошагово (по переходам, по маршрутам, по шагам) визуализировать всю необходимую дополнительную текстовую, звуковую и пр. информацию. Такое эффективное по сравнению с «бумажными» технологиями информационное сопровождение повышает эффективность исполнения только в том случае, если исполнитель работает в ИТ-среде Дополненной Реальности – AR. Это означает, что исполнитель снабжен какими-либо средствами визуализации с приложениями AR. Это могут быть мобильные устройства (планшеты, даже смартфоны), специализированные носимые шлемы дополненной реальности (HMD. Head-Mounted Devices), более эргономичные «VR-наглазники» с функциями AR - HUD (Head-Up Devices) и ещё более совершенные в части эргономики – очки виртуальной реальности. Все эти устройства транслируют оператору реальную обстановку на его рабочем месте и дополнительно проецируют в зону визуализации устройства 3D-информацию по выполняемым на данном участке процессам, включая 3D-модели, анимации, аннотации и пошаговые инструкции.

Аналогично, бизнес-процессы сопровождения – сервисные и ремонтные операции - выполняются над изготовленными, реальными изделиями с привлечением реальных станков-стапелей-монтажных приспособлений и с реальными заготовками-детальными узлами-агрегатами. В этих условиях любая дополнительная информация, улучшающая качество исполнения или повышающая эффективность использования, должна быть доведена до исполнителя самым рациональным способом. Именно технология AR на этом

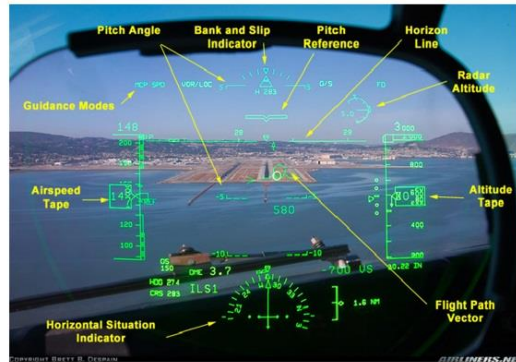
этапе ЖЦИ и позволяет операторам (сервис-инженерам, техникам-ремонтникам) выполнять все действия по сервису и ТОиР в точном соответствии с разработанными инструкциями, снабженными 3D-моделями, анимацией, аннотациями. Обращение оператора сервисного обслуживания и/или специалиста по ТОиР к этой информации осуществляется при получении доступа к базе знаний системы PLM для данного изделия, а визуализация получаемой информации может быть эффективно осуществлена только через устройства AR – те же HMD, HUD, очки VR/AR.

После поставки/продажи изделия важной областью применения технологии AR кроме процессов сопровождения и ТОиР является также и собственно эксплуатация поставленного изделия Заказчиком. Более того, «исторически» именно при эксплуатации современных сложных технических изделий ранее всего произошло освоение технологии AR. Именно HMD и HUD устройства для наложения дополнительной стереоинформации на транслируемую оператору реальную «картинку» меняющегося окружения уже более полутора десятка лет штатно используются при управлении на поле боя танками, боевой авиатехникой, а в гражданских областях – с недавнего времени – и при выполнении управляемых участков авиаперелётов, при контроле за маршрутом автотранспорта (рис.2)

Использование AR в авиации: HUD пилота ГА и ВВС



Проект "Skylens" компании Elbit Systems

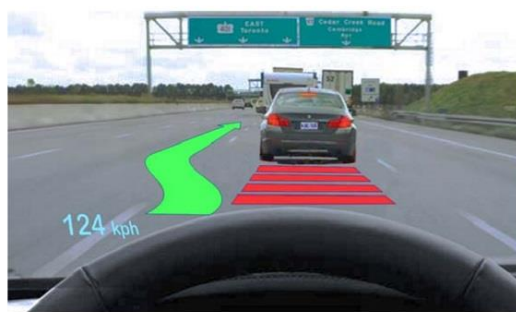


Copyright: Brett B. Despain (Airliners.net)

Использование AR в автотранспорте: HUD водителя



AR Windscreen - разработка Jaguar Land Rover PLC



Source: University of Toronto

Рис.2. Применение средств Дополненной Реальности при эксплуатации авиационной техники и автотранспорта.

Стоит также отметить применение AR-технологий в организации маркетинговых и рекламных акциях. Примером такого рода применения AR может служить маркетинговая деятельность при распространении каталогов IKEA.

Схематически области преимущественного применения AR, соотнесённые с типовыми этапами ЖЦИ, можно представить в виде схемы рис.3.

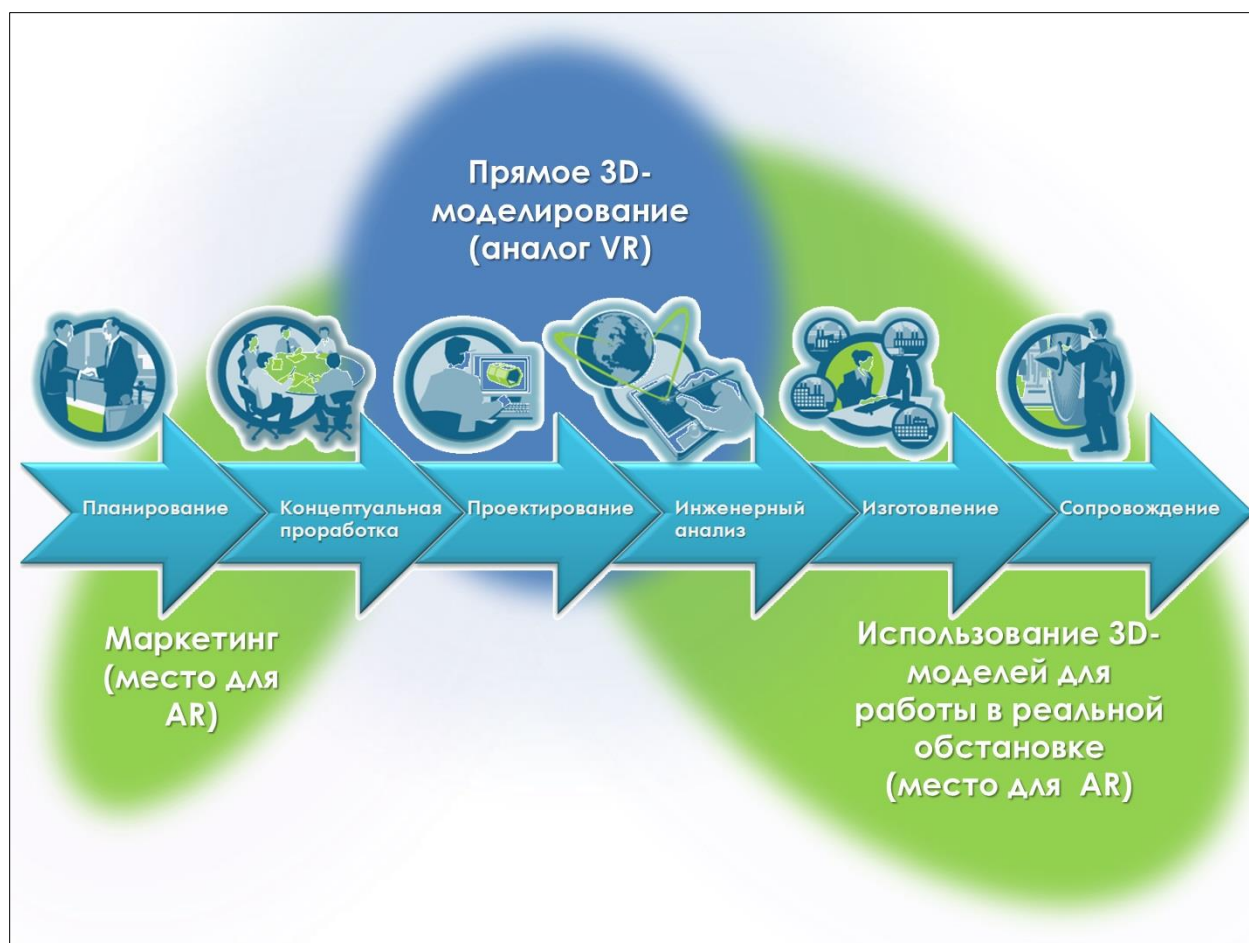


Рис.3. Области преимущественного применения технологии дополненной реальности (AR) на протяжении жизненного цикла изделия

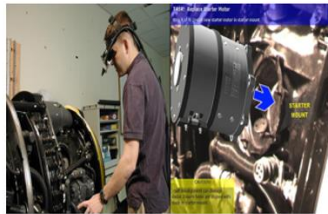
Поиски возможностей промышленного применения технологий AR в последнее время становятся практическими задачами как для крупных IT-компаний, так и для мировых лидеров промышленного производства. В качестве примеров такого рода в автомобилестроении можно привести проекты Volkswagen MARTA, или AR для ремонтных работ по спортивным автомобилям BMW, в авиастроении – Airbus, контроль раскладки жгутов А-350 в Сен-Назере и т.д. Промышленное применение Дополненной Реальности основано на основных особенностях этой технологии и подразумевает использование 3D-моделей в наиболее эффективном и рациональном виде (рис.4) .

Промышленное применение AR-технологий повышает эффективность выполнения процессов за счёт:



Визуализации

Дополнение возможностей человека даёт возможность оценивать физический мир с наложением **актуальной** или **прогнозируемой цифровой информацией**



Доведения инструкции до рабочего места

Возможность обучать или инструктировать пользователей и выполнять действия с помощью наложения **графических инструкций** или **рекомендаций эксперта в реальном времени**



Взаимодействия

Возможность управлять цифровой информацией с помощью привычного пользовательского интерфейса или **контролировать** изделие с помощью **цифрового интерфейса дополненной реальности**

Рис.4. Основные особенности технологии Дополненной Реальности, значимые для промышленного применения

Для разработки AR-приложений при исполнении промышленных проектов необходимо наличие программной системы разработки приложений Дополненной Реальности — т.н. платформы Дополненной Реальности. «Исторически» разработчиками приложений Дополненной Реальности являлись компании, занятые в промышленности игр и создании современной рекламы. В этих условиях 3D-модели виртуальных объектов Дополненной Реальности создавались не в CAD/CAM/CAE системах, а в моделлерах для «игровых» приложений, таких, как OpenSpace3d, Autodesk 3ds Max и т.п. Все эти моделлеры предназначены для построения поверхностных полиморфных полигональных 3d-моделей (полигональное моделирование Editable mesh, Editable poly и т.п.). Поверхностные полигональные модели для игровых приложений как правило не повторяют структуру сборок промышленных изделий в том числе и потому, что моделлеры «игровых» приложений не основаны на промышленных конструкторских методах проектирования, их основная задача – повторение силуэта реального изделия. В

отличие от моделлеров таких систем, графические ядра всех промышленных CAD/CAM/CAE систем предназначены для работы с твердотельными параметрическими, а не поверхностными и полигональными моделями. Такие моделлеры изначально предназначены для представления модели изделия как сложной многоуровневой сборки. Иная, «не игровая», природа CAD/CAM/CAE моделей, существенно затрудняет применение существующих и широко распространённых платформ разработки AR-приложений для задач промышленного применения AR. Для работы с полигональными поверхностными моделями в системах AR «игрового» применения чаще всего используется программное обеспечение разработки – т.н. «3D-движок» - Unity3D. Unity3D портирован на основные операционные системы, а именно: MS Windows, iOS, Android. Рынок средств разработки AR-приложений в настоящее время слабо ориентирован на разработку промышленных решений по Дополненной Реальности, однако можно выделить несколько компаний, программное обеспечение для AR которых используется в промышленных проектах разработки и эксплуатации транспорта машиностроения и приборостроения. На рынке средств разработки AR чаще рассматриваются рейтинги производителей оконечных устройств – HMD, HUD-устройств, очков виртуальной реальности и т.п., чем публикуются сравнения поставщиков программного обеспечения. Однако, среди специалистов известность приобрела постоянно обновляемая достаточно полная сравнительная таблица систем разработки AR и платформ AR (SDK - Software Development Kit), составляемая Герхардом Райтмайром (Gerhard Reitmayr) и распространяемая среди специалистов по VR/AR в социальной сети LinkedIn [3]. Несмотря на то, что таблица Герхарда Райтмайра не имеет официального статуса справочного материала, она всё же гораздо полнее и по количеству сравниваемых AR-платформ, и по количеству параметров сравнения, чем также регулярно обновляемый материал из Википедии "Список программного обеспечения по Дополненной Реальности" [4]. Однако, ни в Википедии, ни в таблице Герхарда Райтмайра среди параметров сравнения нет таких, по значениям которых можно судить о применимости для разработки промышленных решений: нет сведений о поддерживаемых CAD/CAM/CAE-форматах 3D-моделей и вообще нет сведений о возможной интеграции с CAD/CAM/CAE промышленного уровня.

Исходя из практики применения средств разработки AR-приложений не в игровых/рекламных/медицинских, а в индустриальных проектах и учитывая возможности AR-платформ по работе с твердотельными параметрическими 3D-моделями CAD/CAM/CAE мы выделили следующие платформы разработки AR-приложений для промышленного применения: D'Fusion от компании Total Immersion, Metaio SDK от компании Apple Inc., Vuforia от компании PTC. По результатам присутствия на рынке AR эти три решения – Total Immersion, Metaio и Vuforia – вместе заняли более 80% рынка. Значимость этих компаний на рынке AR настолько высока, что в том же 2015 году Apple Inc. купило Metaio, посчитав это самым выгодным своим приобретением на то время, а компания PTC приобрела у компании Qualcomm торговую марку Vuforia и все подразделение разработчиков среды Vuforia, превратив Vuforia в составе PTC центром визуализационных решений для промышленного интернета.

Metaio SDK – платформа разработки AR-решений от немецкой компании Metaio, с мая 2015 года Metaio вместе со своими торговыми знаками перешла в собственность Apple Inc. Metaio SDK – пионерское решение в области дополненной реальности и соответствующего программного обеспечения. В начале 2000-х первым проектом Metaio по созданию среды AR для промышленного предприятия был контракт с концерном Volkswagen. Содружество компаний и возможности Metaio по интеграции CAD/CAM/CAE автоконцерна и AR-платформы привели к реализации проекта MARTA (Mobile Augmented Reality Technical Assistance) – AR-информационной поддержке сервисного обслуживания спортивного концепта VW XL1 (см. Рис.5). Платформа Metaio SDK портирована на MS Windows, iOS и Android, а базовым «движком» Metaio является Unity3D. Такая конфигурация не позволяет напрямую транслировать 3D-твердотельные модели сборок автомобиля, требуется промежуточная трансляция из 3D-формата промышленного CAD/CAM/CAE приложения в рабочий 3D-формат «движка» Unity3D: 3D Studio .3ds или Wavefront .obj. Как правило, промышленные CAD/CAM/CAE системы имеют встроенные средства конвертации в нейтральные CAD-форматы (STEP, IGES) или в формат поверхностного представления – формат стереолитографии – .stl. Такая методология предварительного конвертирования готовой 3D-модели из CAD-системы для использования результата конвертирования как входных данных для Unity3D в Metaio SDK позволило эффективно решить поставленную в проекте MARTA задачу – обеспечить

AR-инструкциями по сервисному обслуживанию топливной системы, электрооборудования и маслопроводов, предоставить пооперационные AR-комментарии для простейших операций по работе с кузовными деталями. В настоящее время пользователями Metaio SDK для разработки AR-приложений являются такие лидеры мирового машиностроения как Audi, BMW, Daimler, Ford, Honda, KIA, KUKA, MAN, Siemens, Toyota.



Рис.5. Проект MATRA: визуализация инструкций по монтажу-демонтажу светотехнического оборудования автомобиля XL1

D’Fusion Computer Vision SDK– платформа разработки AR-решений от французской компании Total Immersion. D’Fusion Computer Vision SDK– передовое и запатентованное решение в области AR, позволяющее в режиме реального времени интегрировать («подмешивать») интерактивную 3D-графику в транслируемый видеопоток. D’Fusion Computer Vision SDK для работы по «подмешиванию» 3D-моделей в видеопоток в режиме реального времени использует формат структурированного информационного представления .xml, а для импорта созданных во внешних системах 3D-моделей – форматы .obj или.pts. Также, как и большинство AR-платформ, D’Fusion Computer Vision SDK работает с «движком» Unity3D, хотя допускает окончательную

доводку сцен и сценариев отображения AR-объектов в реальном видеопотоке средствами программного интерфейса самой платформы D'Fusion Computer Vision SDK. Сильной стороной D'Fusion Computer Vision SDK является полноценная поддержка GPS-позиционирования и использования такой геолокации для выбора тех или иных вариантов AR-сценариев (язык аннотаций и комментариев, особенности территориального использования аппаратной части, распознавание взаимного расположения пользователей в случае коллективного использования и т.д.). Total Immersion предназначает свою платформу AR-разработок в промышленности прежде всего для этапов ЖЦИ, предшествующих Проектированию, для программного, проектного и портфельного менеджмента, при переходе от маркетинговых исследований к формированию концептуальных предложений. В качестве примера можно привести использование платформы Total Immersion для AR-презентации стратегических проектов компании ALSTOM – см. рис.6. Эта презентация в тех размерах и в тех условиях визуализации виртуальных объектов стала возможной только благодаря техническому и программному обеспечению от Total Immersion. В настоящее время пользователями D'Fusion компании Total Immersion для разработки промышленных AR-приложений являются такие лидеры мирового машиностроения как Volkswagen, Kia Motors, Citroën, Volvo, Alstom, Nissan Motors.



Рис.6. AR-презентация стратегических планов развития компании ALSTOM. В левом верхнем углу – реальное расположение участников на сцене, основная картинка – то же расположение плюс транслируемые презентационные AR-модели по проекту. (по видеоматериалам семинаров компании Total Immersion)

Vuforia - платформа разработки AR-решений от компании PTC (до 2015 года – от компании Qualcomm). Vuforia существует в настоящее время в двух вариантах – в варианте Vuforia SDK для разработки приложений для локальных приложений и в варианте Vuforia Studio Enterprise для разработки приложений AR, использующих банк знаний («облачное решение. Гибкая политика предложений по Vuforia позволяет применять AR-системы от PTC для предприятий любого размера и широкого диапазона отраслей. Платформа Vuforia SDK портирована на MS Windows, iOS и Android, а базовым «движком» Vuforia SDK является Unity3D. Такая конфигурация не позволяет напрямую транслировать 3D-твердотельные модели сборок автомобиля, требуется промежуточная трансляция из 3D-формата промышленного CAD/CAM/CAE приложения в рабочий 3D-формат «движка» Unity3D: 3D Studio .3ds или Wavefront .obj. Результат работы в комплексной среде Unity3D-Vuforia SDK – т.н. «опыт» применения AR («experience»)

выгружается средствами Vuforia SDK на аппаратные средства просмотра объектов дополненной реальности – HMD, HUD, очки дополненной реальности и смартфоны/планшеты – устройства, работающие под управлением MS Windows 10, iOS и Android.

Платформа Vuforia Studio Enterprise портирована на MS Windows, iOS и Android и при этом, в отличие от большинства других промышленных платформ разработки AR-приложений, использует свой собственный встроенный «движок». Vuforia Studio Enterprise работает с форматами 3D-моделей непосредственно, без промежуточной трансляции, как это имеет место в случае использования других платформ разработки AR-приложений для промышленного применения. Применение встроенного механизма разработки 3D-сцен и сценариев работы с виртуальными объектами существенно упрощает работу пользователя и позволяет обойтись без программирования, поскольку все типовые задачи создания 3D-сцен и сценариев, организация меню и связь с внешними приложениями реализована в Vuforia Studio Enterprise в виде графического меню. Результат работы – «опыт» - размещается в «облаке», программная реализация которого в настоящее время выполнена на базе IoT-решения от PTC – системе ThingWorx. Обращение для просмотра «опытов» как приложений AR возможно на любых устройствах AR, работающих под управлением iOS или Android, на которые установлено приложение Vuforia View, свободно распространяемое через Applestore или GooglePlay. С начала 2017 года в ходе ребрендинга комплекса программ Vuforia Studio были изменены торговые марки: теперь комплекс программного обеспечения Vuforia в варианте Studio Enterprise теперь называется ThingWorx Studio Suite при сохранении структуры и собственно программного обеспечения (рис.7).

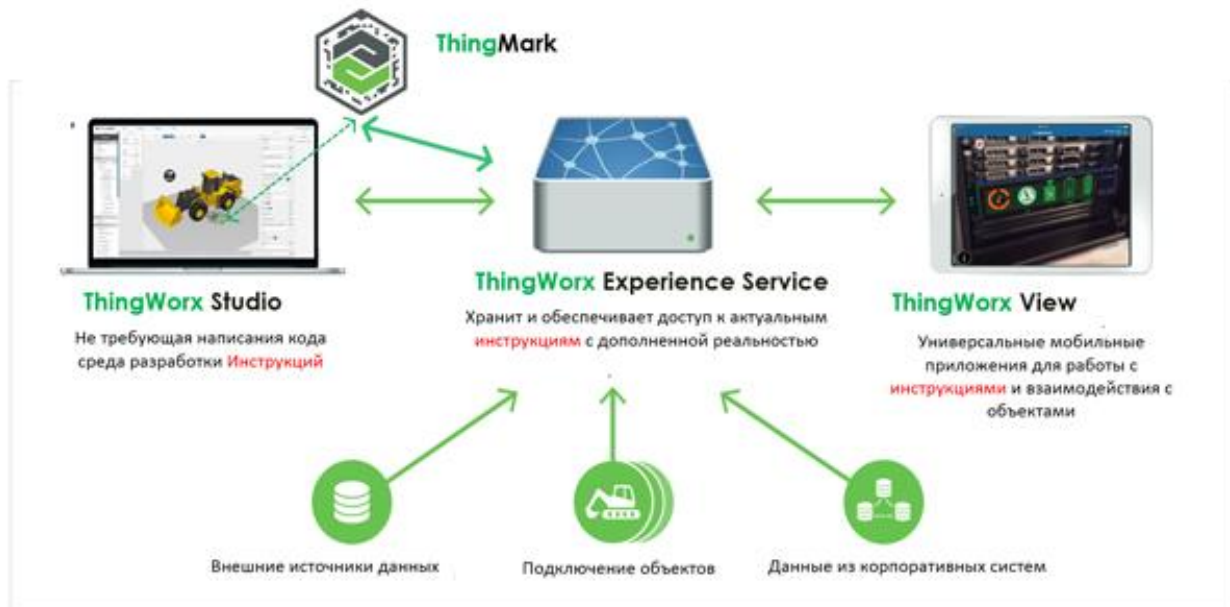


Рис.7. Модульная структура ThingWorx Studio Suite: ThingWorx Studio (ранее - Vuforia Studio Enterprise) – разработка пространственного расположения и поведения виртуального 3D-объекта; ThingWorx View (ранее - Vuforia View)– универсальное приложение для мобильных устройств iOS и Android для визуализации дополненной реальности; ThingWorx Experience Service (ранее - ThingWorx Service)– (облачная) среда хранения и доступа к накопленному «опыту».

Изменение названия и сам ребрендинг вызван стратегией компании PTC, по которой разработка и применение AR-решений теперь становятся в портфеле предложений PTC подчинёнными задачами IoT/IIoT (промышленное применение) и будут использоваться всё более и более плотно для всех этапов ЖЦИ. Применение Vuforia на рынке «игр» и рекламных презентаций перестаёт компанией рассматриваться как коммерчески-оправданное и все силы разработчиков PTC будет сосредотачивать на «встраивании» AR, IoT/IIoT в состав интегрированного программного обеспечения управления ЖЦИ на всём протяжении жизненного цикла, включая этапы эксплуатации, сервиса и ТОиР. В настоящее время пользователями Vuforia SDK/ThingWorx Studio Suite для разработки AR-приложений являются такие лидеры мирового машиностроения как

General Electric, Airbus, Caterpillar, Harley-Davidson, KTM, National Instruments, Hewlett-Packard (HPE), FlowServe.

Интерес лидеров современного промышленного производства к применению технологий AR для выполнения бизнес-процессов на всех этапах жизненного цикла изделия несомненен и более того - возрастает при переходе к новым принципам информационного сопровождения расширенного производства и выпуску «умных» изделий, IoT/IIoT. Технологии AR берутся на вооружение ведущими промышленными машиностроительными гигантами не только, как это практиковалось и ранее, для маркетинговых мероприятий и рекламных компаний по новым изделиям, но и при организации эффективного послепродажной поддержки сложных изделий, поставке электронной технической документации для задач сервисного сопровождения и ТОиР.

1. MBE Overview /URL: <http://23.96.237.142/index.php/overview/model-based-enterprise/> (дата обращения 11.01.2017)
2. Система PLM - корпоративная информационная среда предприятия по автоматизации совокупности процессов проектирования, изготовления, сопровождения и утилизации изделий / Краюшкин В. А., Лешихина И. Е., Пирогова М. А. // Информационные технологии в проектировании и производстве. - 2010. - № 1. - С. 3-22.
3. Social Compare. Collaborative Comparison engine / Social Compare SARL 294, RD37 83440 Montauroux France / URL; <http://socialcompare.com/en/comparison/augmented-reality-sdks> (дата обращения 11.01.2017)
4. List of augmented reality software of augmented reality software / Wikipedia/ URL: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_augmented_reality_software (дата обращения 11.01.2017)

Augmented Reality: Application for The Product Lifecycle

V.A.Krayushkin (vkray@pts-russia.com) LLC “PTS”, Moscow, Russia, M.A.Pirogova (pirogovama@mpei.ru) National Research University “MPEI”, Moscow, Russia, I.E.Leshilkhina (liy56@mail.ru) National Research University “MPEI”,

Abstract. Augmented Reality (AR) a real tool for increasing the effectiveness of the typical problems at many stages of the product lifecycle, including service support and MRO. Effective implementation of AR is impossible without the use of a development platform. The article deals with the companies - the leaders of the market of AR development platforms.

Keywords: Augmented Reality (AR), Virtual Reality (VR), 3D-model, AR development platform

Краюшкин Владимир Анатольевич (vkray@pts-russia.com) – к.т.н., руководитель проектов ООО «ПТС»,

Пирогова Марина Аркадьевна (pirogovama@mpei.ru) – к.т.н., доцент кафедры Вычислительной техники ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ»

Лешихина Ирина Евгеньевна (liy56@mail.ru) -- к.т.н., доцент кафедры Вычислительной техники ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ»