

УДК 338.364

DOI: 10.52190/2073-2597_2021_4_7

ОБЗОР ПЕРЕДОВЫХ ПЛАТФОРМ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ УРОВНЯ "РАБОЧЕЕ МЕСТО"

М. А. Пирогова, канд. техн. наук; И. Е. Лешихина, канд. техн. наук
ФГБОУ ВО НИУ «Московский энергетический институт», Москва, Россия

В. А. Краюшкин, канд. техн. наук
ООО «Продуктивные технологические системы», Москва, Россия

Рассмотрены возможности эффективного промышленного применения технологии дополненной реальности для решения задач непосредственно на рабочем месте.

Ключевые слова: дополненная реальность, визуальный контент, платформы дополненной реальности, носимые устройства дополненной реальности.

Одна из задач цифровой трансформации промышленного производства — это наиболее полное внедрение передовых информационных технологий на всех этапах жизненного цикла изделия (ЖЦИ) с охватом как производственных этапов с учетом запросов непосредственно на рабочем месте, так и этапов послепродажного сопровождения, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта (ТОиР). Речь идет о как можно более глубоком внедрении передовых информационных технологий во все производственные процессы, касающиеся разработки, производства, эксплуатации и сопровождения изделий. К такого рода передовым информационным технологиям относятся и технологии дополненной реальности. В данной статье рассматриваются возможности использования дополненной реальности для задач информационного сопровождения выполнения операций и рабочих заданий на производстве и в эксплуатационно-сервисной деятельности на примере наиболее популярных AR-платформ.

Для этих технологий — augmented reality, mixed reality, assisted reality (в русскоязычной нотации все они объединяются термином "дополненная реальность"), удачно освоивших область "интертаймента" (игровые приложения, реклама, иммерсивные презентации), все чаще рассматривается возможность эффективного промышленного применения.

Рост интереса к промышленному применению технологии дополненной реальности можно объяснить как наращиванием функционала практического применения в рамках наиболее популярных платформ и сред разработки приложений дополненной реальности, так и необходимостью развивать и шире использовать для реализации производственных процессов особенности технологии дополненной реальности. Если говорить о дискретном производстве сложных современных изделий и, шире, о процессах, составляющих полный жизненный цикл изделия, то самым естественным, а потому, и самым ранним освоенным методом применения

технологии дополненной реальности явилось использование AR-приложений на ранних этапах проекта, например на этапах маркетинговых разработок, исследований рыночных потребностей и визуализации концепта конечного изделия в реальной обстановке. Раннее применение AR-платформ именно на самом первом этапе ЖЦИ облегчалось еще и тем, что аналогичное применение технологии дополненной реальности к этому времени достаточно активно использовалось в неиндустриальных рекламной и иммерсивно-презентационной областях. С небольшими доработками и изменениями те же методы и ПО, которые применялись в рекламе, могли быть использованы и на начальных этапах ЖЦИ. Однако использование инновационных визуализационных возможностей дополненной реальности на дальнейших этапах ЖЦИ существенно ограничивается тем, что в случае промышленного применения использование этой информационной технологии не может быть рассмотрено вне общего ландшафта информационных технологий современного промышленного производства, вне интеграции в контур единой информационной структуры. Тем не менее интерес к развитию индустриального освоения технологии дополненной реальности не угас. Он не угас как в отношении продвижения AR-платформ для разработки приложений дополненной реальности для промышленного использования, так и в отношении разработок носимого визуализационного оборудования ("очки дополненной реальности") для использования в реальной рабочей обстановке. Относительно оживления в секторе специализированных (носимых) индивидуальных AR-устройств стоит отметить развитие линейки Microsoft HoloLens — выпуск HoloLens 2, реинкарнацию "старого" проекта Google Glass, революционный стартап Magic Leap. В том что касается развития AR-программного обеспечения для промышленности, то окончательно оформился переход от разработок на базе "чистого" низкоуровневого ПО AR (ARKit, ARCore) в поль-

зу применения платформ дополненной реальности [1]. Среди адептов широкого внедрения AR-технологии преобладало мнение, что в течение нескольких лет каждый будет использовать не только универсальные коммуникационные устройства (смартфоны, планшеты), но и специальные гарнитуры или средства AR-просмотра для самых разных приложений (информация в реальном времени, игры, посещение виртуальных музеев, "удаленное" участие в мероприятиях и т. д.) и на этой основе естественным образом можно будет перейти к применению этих же устройств для работы с промышленными приложениями дополненной реальности. Однако скорость внедрения AR-технологий была отдаленно несопоставима с коммуникационными и визуализационными возможностями аппаратного обеспечения и задачами промышленного использования с учетом техники безопасности, информационной безопасности и эргономики рабочих процессов. В результате к 2017—2018 гг. первоначальный энтузиазм в промышленности быстро угас, особенно учитывая ограниченный коммерческий успех предложенных решений. Тем не менее к 2019—2020 гг. (особенно в условиях ограничений COVID-2019) в промышленности произошло прогнозируемое специалистами [2] возрождение интереса к этим технологиям, когда потенциальные выгоды перевесили очевидные проблемы эстетики, технологии и стоимости.

Аппаратная составляющая для использования AR-приложений

Существует несколько устройств HW для промышленного использования. К ним прежде всего относятся Android и Apple планшеты уровня Pro (10"—12" экраны, ОЗУ от 4 ГБ, возможности связи по протоколам BLE, IEEE 802.13, сертификация по влаго- и пылезащитности IP68, сертификация по механическим воздействиям IK05 и выше), а также носимые устройства, которые являются результатом развития аналогичных более ранних моделей таких AR-устройств. Практически пока единственными сертифицированными для использования в реальных условиях промышленного производства или в условиях напряженной эксплуатации изделий являются только очки-монокюляры дополненной реальности HMT-1 и HMT-1Z1. Для использования в условиях боевых действий компания Microsoft доработала свою конструкцию очков-шлема дополненной реальности MS HoloLens-2 в защищенном исполнении с планом поставки 120 000 таких устройств, но только для использования в армии США и без разрешения применения в гражданских областях (рис. 1). По состоянию на первую половину 2021 г. никаких других серийно предлагаемых на рынке носимых устройств AR, соответствующих

ющих промышленному защищенному исполнению, нет.



Рис. 1. Носимое наголовное устройство — очки дополненной реальности HoloLens в военном полевом исполнении — Integrated Visual Augmentation System (IVAS) (источник — Microsoft)

Итак, для промышленного применения с определенными оговорками из мобильных устройств дополненной реальности возможно использование смартфонов, планшетов, сертифицированных по IP68 и по IK05, а из носимых устройств — моделей MS HoloLens, MS HoloLens 2, VUZIX M400, Epson Moverio BT350 (BT 2200) и уже упомянутых полностью сертифицированных для промышленного применения очков-монокюляров дополненной реальности realwear HMT-1 и realwear HMT-1Z1 (рис. 2).



Рис. 2. Семейство очков дополненной реальности, наиболее подходящих для использования в промышленности

Платформы разработки промышленных AR-приложений

Рассмотрим состояние рынка платформ дополненной реальности, наиболее полно отвечающих на запросы промышленного применения приложений дополненной реальности. Как следует из материалов обзоров в сетевых изданиях, аналитических форумов и консалтинговых обзоров, касающихся AR-платформ промышленного применения, все больший интерес привлекают возможности разработки приложений дополненной реальности для использования их непосредственно на рабочем месте на предприятии, в цехе, в рабочей зоне. Иными словами, речь идет о непосредственном доведении технологии дополненной реальности до рабочего, техника, оператора ("connected worker", "под-

ключенного к сети передачи производственной информации рабочего”). Например, в соответствии с рейтингом PAC RADAR (октябрь 2020 г.) платформ AR, выполненным компанией TeKnowLogy Group (<https://www.teknowlogy.com/en/>) для оценки востребованности решений, полученных на этих платформах для непосредственного использования на рабочем месте, определилась тройка лидеров: компания PTC (торговая марка Vuforia), немецкая компания RE’FLECT и компания Ubimax (с 2021 г. — AR-подразделение TeamViewer для задач удаленной поддержки и обслуживания рабочих и техников), см. рис. 3.

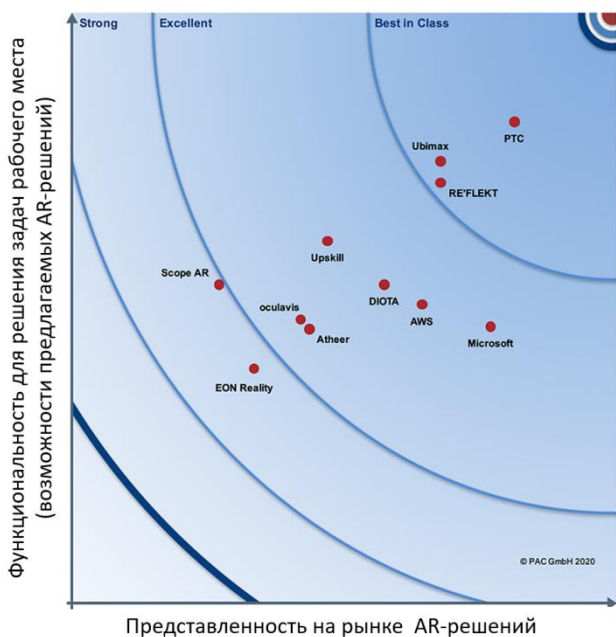


Рис. 3. Распределение в координатах "распространенность — функциональная мощность" платформ дополненной реальности для задач непосредственной поддержки на рабочем месте (по материалам европейского обзора, осень 2020, TeKnowLogy Group)

Лидер текущего рейтинга — компания PTC — предлагает для использования непосредственно на рабочем месте семейство Vuforia, состоящее из пяти сред разработки приложений дополненной реальности, предназначенных для различных промышленных применений и различных способов доступа к содержимому дополненной реальности (AR-контенту):

- Vuforia Engine — среда разработки сценариев дополненной реальности с наиболее широким среди всех AR-платформ разнообразием таргетирования (топологической привязки дополненной реальности к объектам или месту). 3D-контент — полигональные поверхностные модели без поддержки форматов промышленных САПР. Использование для любых Android-устройств (realwear HMT-1/1Z1 не поддерживаются), MS HoloLens. Результат разработки — AR-приложение — непосредственно загружается в устройство пользователя в формате приложения для этого устройства и функционирует в

дальнейшем как встроенное приложение этого устройства.

- Vuforia Studio — среда разработки сценариев дополненной реальности с широким использованием 3D-контента промышленных САПР — твердотельные параметрические модели и сборки. Разработка может вестись в трех вариантах: для Android и iOS мобильных устройств (смартфоны, планшеты), для MS HoloLens/HoloLens 2, а также для монокуляров дополненной реальности realwear HMT-1/1Z1. Разработанное приложение размещается (публикуется) в облачном хранилище Vuforia в специализированном Vuforia-формате. Для использования на оконечных устройствах необходимы загрузка на эти устройства бесплатного просмотрщика Vuforia View и наличие сетевого доступа (Интернет, TCP/IP-сеть предприятия) к облачному хранилищу Vuforia. Vuforia View доступен для Android- и iOS-устройств и MS HoloLens.

- Vuforia Expert Capture — распределенная среда разработки (фиксации) пошагового выполнения операций рабочего места в технологии дополненной реальности. Первичный контент разрабатываемого приложения — это зафиксированный в Vuforia Capture с помощью камер MS HoloLens или realware HMT-1 опыт профессионального квалифицированного рабочего по рациональному и эффективному выполнению последовательности действий на рабочем месте. Дополнительные 3D- и 2D-контенты, если они необходимы, могут быть добавлены к зафиксированным шагам в редакторе приложения — облачном Vuforia Editor. Полученный результат — AR-приложение — доступен так же, как и в случае с Vuforia Studio: конечный пользователь применяет Android- и iOS-устройства, MS HoloLens/HoloLens 2 или realwear HMT-1/1Z1 с загруженным в них Vuforia View, настроенным на доступ к результату, опубликованному в Vuforia Expert Capture.

- Vuforia Instruct — распределенная среда разработки пошагового выполнения сложных операций, включая операции визуальной проверки изделия ("инспекция"). Первичный контент аналогичен предыдущему случаю, но имеется важное расширение: за счет использования облачного САПР/PDM Onshape (<https://www.onshape.com/>) появляется возможность ввести 3D-модели промышленных САПР в состав первичного контента. Для доработки приложения также используется облачный редактор Vuforia Editor. Однако если прикладная задача включает проверку, инспекцию, выявление расхождений, то подключается аналитический модуль — портал Vuforia Insights для формирования аналитических отчетов. Получаемый результат — AR-приложение с 3D-контентом и аналитическими отчетами — доступен для просмотра конечным пользователем через просмотрщик Vuforia Vantage (загружаемый на мобильное Android или iOS-устройство, или в MS HoloLens) либо через Web-приложение

Vuforia Vantage Web (доступный playback через Vuforia Editor на Google Chrome или MS Edge).

- Vuforia Chalk — инструмент для установления и использования сессии видеосвязи с применением технологии дополненной реальности на мобильных устройствах и ПК. Установка возможна на устройствах с загруженным и установленным ПО — Vuforia Chalk, с выходом в Интернет. Для проведения сессии Vuforia Chalk оба абонента сессии должны быть зарегистрированы на облачном хостинге Vuforia Chalk — сервере, обеспечивающем по сети Интернет-поддержку сессии видеосвязи. Хостинг может быть предоставлен Заказчику компанией РТС на время подписки и в рамках оплаченной подписки или дополнительно приобретен Заказчиком для локального хостинга Vuforia Chalk.

Компания REFLECT предлагает применять непосредственно на рабочем месте семейство REFLECT, состоящее из двух сред для использования технологии дополненной реальности при оптимизации и информационного сопровождения при выполнении рабочими и техниками операций непосредственно на рабочем месте.

REFLECT ONE — среда разработки приложений дополненной реальности для пошаговых инструкций по работе со сложными устройствами, включая изготовление, сборочные и ремонтные операции.

Создание AR-контента ведется в REFLECT ONE Author — редакторе AR-сценариев. Получение пошагового анимированного 3D-контента (последовательностей сборок-разборок) на основе САПР-моделей выполняется в системе Cortona 3D и напрямую поставляется в среду редактирования REFLECT ONE Author.

Таргетирование для разрабатываемого AR-приложения выполняется в модуле REFLECT ONE Sync. Оно может быть выполнено и по метке, и по месту, и, что наиболее важно для промышленного использования, — по 3D-модели.

Разработанное и синхронизированное приложение размещается (публикуется) на облачном ресурсе, доступ к которому определяется на основе политики доступа предприятия, использующего технологию REFLECT ONE.

Просмотр опубликованного в REFLECT ONE приложения выполняется в свободно распространяемом приложении-вьюере REFLECT ONE viewer (доступен для бесплатного скачивания на Google Play Market, App Store и для Microsoft HoloLens), загружаемом на мобильные устройства пользователя.

REFLECT Remote — инструмент для установления и использования сессии видеосвязи с применением технологии дополненной реальности на мобильных устройствах и ПК. Установка возможна на устройствах, имеющих выход в Интернет, с загруженным и установленным ПО — REFLECT Remote. Для проведения сессии REFLECT Remote абоненты сессии должны находиться в зоне действия облачного хостинга REFLECT Admin Portal — сервера, обеспечивающего по сети поддержку REFLECT-сессии ви-

деосвязи. Для участия в сессии абонентам достаточно получить от REFLECT Admin Portal только Guest Access Code. Регистрация новых абонентов при присоединении к установленной сессии при этом необязательна. Поставка инструментального средства REFLECT Remote осуществляется как "White Labelled", т. е. допускает глубокую кастомизацию Заказчиком под свои стилевое оформление и корпоративное коммуникационное пространство.

Третий участник группы лидеров AR-сред для промышленного применения — компания **Ubimax** (теперь подразделение TeamViewer) — представлена на рынке AR-технологий для промышленного применения следующими двумя продуктами.

- TeamViewer Assist AR — AR-видеомессенджер, среда коммуникации между экспертом и находящимся на значительном удалении техником-рабочим, позволяющая средствами дополненной реальности сопровождать видеопоток 3D-трекингом проблемных зон обслуживаемого участка, маркированием и простым аннотированием обоими участниками обсуждаемых проблемных зон и сопровождением аннотациями этих зон при качественном трекинге. Сессия выполняется на удаленной стороне на мобильных Android- и iOS-устройствах, носимых наголовных устройствах дополненной реальности Epson Moverio, MS HoloLens, realwear HMT-1 и Vuzix. TeamViewer Assist AR представлен в двух исполнениях:

- Assist AR Lite — вариант видеомессенджера, использующий регистрацию пользователей TeamViewer для участия в сессии через стандартный SMS-протокол, применяющий OCR-распознавание текстовых меток, выполненных на основе стандартных фонов. Непосредственно ядро Assist AR Lite использует программные решения Google AR Core и Apple AR Kit. Мессенджер позволяет, кроме простых аннотаций, в случае необходимости дополнительно обеспечить передачу файлов между абонентами сессии;

- Assist AR Professional & Enterprise включает все возможности Assist AR Lite и, кроме того, предоставляет эксперту сессии возможность напрямую привлекать к участию в сессии новых пользователей по создаваемому им мгновенно персональному access-коду. Есть возможность протоколировать сессии вплоть до видеозаписи для дальнейшего использования в аналогичных случаях. В профессиональной версии Assist AR с учетом многопользовательских сессий есть возможность устанавливать во время сессии закрытые групповые чаты. Возможно использование уже имеющейся на предприятии-заказчике корпоративной системы пользовательских аккаунтов — Single Sign-On.

- TeamViewer Frontline — среда разработки и применения пошаговых инструкций рабочего места. Решение состоит из нескольких специализированных модулей, доступных на мобильных устройствах, освобождающих руки рабочих

(носимые устройства дополненной реальности Vuzix, Epson и HMT-1):

- xPick — среда разработки и доставки AR-приложений для обеспечения сопровождения в основном логистических операций. Содержит систему распознавания баркодов и RFID-меток (используется индивидуальный браслет-сканер Ubimax);

- xMake — среда разработки и доставки AR-приложений, специализированная для выполнения пошаговых сборочных операций;

- xInspect — среда разработки и доставки AR-приложений, специализированная для выполнения проверочных операций и операций контроля сборки;

- xAssist — среда разработки и доставки AR-приложений, которые обеспечивают коммуникацию между экспертами по критическим ситуациям и удаленными “полевыми” техниками-рабочими. Сессия, поддерживаемая xAssist, предоставляет видео- и текстовый контент от эксперта технику в виде пошаговых иллюстрированных инструкций.

Технически все специализированные модули TeamViewer Frontline выполнены на основе трехзвенной структуры самой платформы TeamViewer Frontline:

- Frontline Creator — редактор AR-приложений, использующий графический интерфейс и меню виджетов. Разработанное в редакторе AR-приложение рассчитано на широкий круг мобильных устройств, включая носимые устройства дополненной реальности. Разработанное в редакторе AR-приложение, описывающее средствами дополненной реальности выполнение производственных операций, публикуется для дальнейшей его загрузки на носимые устройства пользователей. С помощью набора предварительно настроенных компонентов редактора Frontline Creator пользователи могут получить доступ к более продвинутым функциям рабочего процесса, включая преобразование речи в текст, интеграцию датчиков IoT (Интернета вещей), звонки в Skype для бизнеса, средство просмотра документов для файлов PDF;

- Frontline Command Center — веб-инструмент для контроля и оптимизации управления персоналом, занятым исполнением производственных заданий, учета и распределения мобильных оконечных устройств, задействованных в предоставлении Frontline-контента. Результат настроенной работы Frontline Command Center — аналитика эффективности выполнения производственных операций. Взаимодействие с персоналом, администрируемым через Frontline Command Center, ведется через носимые устройства дополненной реальности, в том числе Vuzix, Epson и HMT-1;

- Frontline Workplace — стандартное программное обеспечение, работающее на носимых устройствах дополненной реальности, в том числе на Vuzix, Epson и HMT-1 (при необходимости можно использовать смешанную инфра-

структуру). Frontline Workplace предоставляет информационную поддержку выполнения производственных операций для рабочих и техников непосредственно на рабочем месте. Вся информационная поддержка Frontline Workplace использует технологию AR. Контент, как правило, состоит из 2D-объектов, видеофрагментов, текста и визуализации PRD-документов.

Функциональный состав и структура AR-платформ-лидеров рынка средств разработки приложений дополненной реальности для промышленности, рассмотренных ранее, позволили многим крупным компаниям (решения от PTC: Caterpillar, Airbus, Infinity, Rockwell Automation; решения от RE’FLECT: Airbus Helicopters, Volvo, ABB, Bosch; решения от Ubimax: Mitsubishi Electric, Toyota Deutschland GmbH, Big Sun Energy) эффективно и быстро организовать AR-поддержку и информационное сопровождение производственной деятельности. Прежде всего это касалось AR-рабочих пошаговых инструкций: Vuforia Studio, REFLECT ONE, Frontline Creator. Как развитие применения этих разработок — AR-обеспечение профессиональных тренингов выполнения операций: Vuforia Studio, REFLECT ONE, Frontline Creator. Для эффективного сопровождения “полевой” работы удаленными экспертами компании удачно применяли разнообразные AR-мессенджеры: Vuforia Chalk, REFLECT Remote, TeamViewer Frontline xAssist. В последние полтора-два года выявилась еще одна область применения технологии дополненной реальности — рационализация передачи профессионального опыта от квалифицированных рабочих (сохранение рабочих знаний). Непосредственная фиксация средствами AR-платформ умелых и отточенных профессиональных действий, выполняемых квалифицированными работниками и организациями, из зафиксированных действий образцовых пошаговых операций в виде AR-приложений позволяет эффективно решать задачу передачи накопленного опыта. Такая информация, оформленная в виде AR-приложения, становится реальным активом предприятия и может использоваться и как тренинговые материалы, и как средство повышения квалификации нового сотрудника, занимающего место уходящего на пенсию высококвалифицированного рабочего. Для этих задач в 2021 г. на рынок выходят системы Vuforia Expert Capture и Vuforia Instruct, максимально ориентированные на облачное применение и выступающие как SaaS-решения.

Отечественный рынок информационных систем давно и относительно успешно осваивает AR как технологию доставки контента потребителю. Однако большинство предлагаемых решений — это решения интертайментного направления. Большинство AR-разработок для промышленного применения, выполненных в России, — это готовые решения, разработанные софтвыми компаниями по заказу промыш-

ленности [3], а не платформы разработки. Однако запросы отечественной промышленности на использование приложений дополненной реальности, в сущности, не сильно отличаются от передовых общемировых тенденций: "Промышленные AR-проекты в России сосредоточены в первую очередь на поддержке массового обучения в части выработки soft skills: тренажеры и симуляторы для обучения специалистов по оборудованию (операторов, ремонтников), пилотов, цифровые инструкции, а также дистанционной экспертизе." [4]. Относительно отечественных платформ разработчика AR-решений для промышленности, по мнению авторов, давно пристально отслеживающих состояние разработок AR, реально можно говорить о двух компаниях в Российской Федерации, которые предлагают свои услуги не столько как разработчиков, сколько как поставщиков именно сред разработки промышленных AR-решений [5]. Это компания inline group (<http://inlinegroup.ru>), предлагающая свою платформу Иксар. Как указано в пресс-релизе компании, Иксар — это программная платформа для устройств и технологий дополненной (вспомогательной) реальности, совместимая с наиболее популярными "умными" очками и другими мобильными устройствами класса AR (assisted, augmented reality). Она предназначена для проектирования и визуализации в режиме реального времени различных операций в промышленности, торговле, туризме, медицине, образовании и других сферах экономики. Вторая отечественная компания, предлагающая свою AR-платформу для промышленного применения, — Itorum MR (<http://itorum-mr.ru>). Предлагаемая компанией Itorum MR платформа AR-комплекс "Itorum MR" — это среда разработки AR-приложений для монокла дополненной реальности realwear HMT-1/1Z1. AR-комплекс "Itorum MR" позиционируется компанией-разработчиком как платформа совместной работы с техническим обо-

дованием для работы технических специалистов на производстве и удаленных экспертов через очки дополненной реальности.

Заключение

Функциональный состав и структура AR-платформ позволяют уже сейчас эффективно и быстро без сложного программирования разрабатывать AR пошаговые инструкции сложных рабочих процессов, предоставляя эти приложения дополненной реальности непосредственно исполнителю на рабочем месте за счет носимых устройств и специализированных носимых устройств дополненной реальности. Наиболее полно функционал разработчика, дружественный пользовательский интерфейс и коммуникационные возможности представлены в составе платформ рыночных лидеров сектора AR, к которым относятся компании PTS, RE'FLECT и Ubimax (TeamViewer).

Литература

1. Краюшкин В. А., Лешихина И. Е., Пирогова М. А. Обзор применимости популярных платформ дополненной реальности для задач современного дискретного производства // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2021. № 1. С. 3—7.
2. Porter M. E., Heppelmann J. E. Why Every Organization Needs an Augmented Reality Strategy // Harvard Business Review 95. 2017. № 6. P. 46—57.
3. Промышленный VR/AR: кейсы и особенности рынка [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ict.moscow/news/vr-v-promyshlennosti/> (дата обращения: 06.05.2021).
4. Российский рынок дополненной и виртуальной реальности (AR/VR) оценили [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.itweek.ru/digitalization/news-company/detail.php?ID=216884> (дата обращения: 06.05.2021).
5. База знаний VR/AR [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ict.moscow/projects/vrar/> (дата обращения: 06.05.2021).

AN OVERVIEW OF ADVANCED AUGMENTED REALITY PLATFORMS FOR DEVELOPING INDUSTRIAL WORKPLACE APPLICATIONS

M. A. Pirogova, I. E. Leshikhina

National Research University "Moscow Power Engineering Institute", Moscow, Russia

V. A. Krayushkin

LLC PTS, Moscow, Russia

The article discusses the possibility of effective industrial application of augmented reality technology for solving problems directly at the workplace.

Keywords: augmented reality, AR-content, AR-development platforms, head mounted device — smart glass.

Пирогова Марина Аркадьевна, доцент.

E-mail: PirogovaMA@mpei.ru

Лешихина Ирина Евгеньевна, доцент.

E-mail: LeshikhinaIY@mpei.ru

Краюшкин Владимир Анатольевич, руководитель проектов.

E-mail: vkray@pts-russia.com

Статья поступила в редакцию 12 мая 2021 г.