



## ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РЕШЕНИИ КОМПЛЕКСНЫХ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ, МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА

УДК 338.364

DOI: 10.52190/2073-2597\_2022\_4\_3

EDN: ECGWKS

### ПЛАТФОРМЫ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ: РОССИЯ 2022\*

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

*В статье рассмотрены возможности использования технологии дополненной реальности для разработки промышленных приложений в России. Проанализированы проблемы внедрения данных технологий в российских промышленных компаниях.*

*Ключевые слова:* дополненная реальность, платформа разработки приложений дополненной реальности, цифровая трансформация производства, иммерсивные технологии.

Использование технологии дополненной реальности (AR) для информационного сопровождения процессов современного дискретного производства во второй декаде XXI века переходит из стадии обсуждения возможностей к стадии практического применения. В период 2015—2020 гг. наиболее успешные разработки в области промышленного применения технологии AR были связаны с маркетингом, выставочной деятельностью и рекламными компаниями, но уже с 2017 г. индустриальное использование технологии AR все чаще связывается не с маркетинговой или рекламной активностью, а с разработкой приложений дополненной реальности для информационного сопровождения сложных производственных операций, для реализации тренингов и начального обучения работников непосредственно в реальном окружении, для накопления и передачи опыта возрастных специалистов новичкам на ответственных участках производства, а также для информационного обеспечения удаленного обслуживания и ремонта сложной техники. При этом все чаще для

современного дискретного производства, т. е. для производства, находящегося в процессе цифровой трансформации, применение технологии дополненной реальности рассматривают не только как локальную задачу информационной поддержки рабочего места, рабочего участка, но и как необходимый компонент, встраиваемый в концепцию унифицированного охвата информационными потоками всей структуры дискретного производства и, в перспективе, всего жизненного цикла изделия. Именно такой подход соответствует пониманию места технологии AR в концепции Индустрии 4.0. Иными словами, несмотря на широчайшую популярность локальных AR-приложений, индустриальное использование технологии дополненной реальности должно развиваться в тесной и прямой интеграции с полноценной информационной инфраструктурой промышленного производства. В условиях цифровой трансформации производства информация становится непосредственным компонентом производительных сил, а в этом случае применение AR уже вносит свой вклад, реализуя наиболее удобным способом донесение разнотипной информации непосредственно участнику производственного процесса с учетом типа выполняемых операций на том или ином этапе жизненного цикла изделия.

\* Статья продолжает цикл обзоров авторов по технологиям дополненной реальности, опубликованных в журнале "Информационные технологии в проектировании и производстве" в 2021 году (№ 1, № 4) и в 2022 году (№ 2).

### Осознание значимости технологии AR для производства

Для использования технологии дополненной реальности в условиях цифровой трансформации дискретному промышленному производству необходимы эффективные способы разработки широкого спектра AR-приложений, ориентированных как на различные производственные участки, так и на разные условия выполнения тех или иных производственных процессов. В работах [1, 2] можно найти обоснование необходимости разработки промышленных приложений дополненной реальности на базе платформ AR и с применением промышленных AR-устройств конечного пользователя. Рынок такого рода AR-средств для задач промышленного применения достаточно изменчив, состав "игроков" в части разработки программного обеспечения и аппаратных средств динамичен, стоимости относительно высоки, а получаемые решения на основе таких средств если и вносят свой вклад в экономический эффект, то он слабо поддается начальной оценке. Все эти обстоятельства приводят к тому, что важным элементом деятельности по внедрению технологии AR становится периодическая оценка предложений со стороны вендоров платформ AR.

В России, как и во всем мире, до последнего времени были доступны обзоры и рейтинги платформ ведущих международных консалтинговых компаний *Forrester Research*, *IDC*, *AberdeenGroup*, *AMR*, *CIMdata*, *Gartner Group*, *D.H. Brown*, *Daratech* и других. Эти обзоры освещали состояние открытого для России рынка промышленных технологий дополненной реальности, среди лидеров этих рейтингов были только зарубежные компании-вендоры систем и платформ AR. Примеры успешных промышленных реализаций AR-приложений, приводимые в этих отчетах и исследованиях, информировали о зарубежном опыте, рынок предложений промышленного использования AR-технологий если и рассматривал Россию, то исключительно редко. Объясняется это слабым развитием российского рынка применения AR-технологий, практическим отсутствием собственной производственной базы как программного, так и аппаратного обеспечения AR, медленным переходом промышленных отраслей на уровень Индустрии 4.0, отношением к AR со стороны руководителей промышленности, как к экзотической технологии или как к технологии исключительно для рекламного или игрового применения.

Реальность такова, что размеры объединенного рынка виртуальной реальности (VR) и дополненной реальности в России по самым оптимистическим оценкам ТМТ Консалтинг [3] с учетом непромышленных секторов (реклама, маркетинг, медицина, торговые и складские операции) только к 2021 г. достиг уровня 25 млн долл. США, причем соотношение AR к VR при этом определялось как 1:10. В то время,

как такие же стоимостные показатели только для AR и только на рынке ЕЭС (не учитывая США и Азиатско-Тихоокеанский регион) были достигнуты уже к 2016 г. Скорее всего, именно существенная ограниченность и малый размер AR рынка в России и являются причиной отсутствия внимания к нему со стороны ведущих зарубежных экспертов по развитию технологий AR и их применению в промышленности. За период пандемии и особенно после введения антироссийских санкций ситуация не улучшилась. Однако промышленность России, особенно в лице флагманов и крупнейших госкорпораций, все же рассматривает AR как перспективную технологию — хоть и не первоочередную, но необходимую составляющую цифровой трансформации.

В отсутствии качественных регулярных информационных обзоров состояния дел в "отечественной AR" и сравнением российских AR с продуктами от зарубежных лидеров ИТ-консалтинга тему применимости технологии AR в отечественной промышленности затрагивали российские обозреватели рынка информационных технологий. В качестве наиболее квалифицированных отечественных публикаций можно привести регулярные обзоры и рейтинги промышленного применения технологии AR, размещаемые в материалах интернет-портала и аналитического агентства *TAdviser* [4], информационно-аналитического журнала *Rational Enterprise Management* [5]. Текущее состояние индустриального применения AR в России также является предметом обсуждения на конференциях и мероприятиях Ассоциации виртуальной и дополненной реальности [6], ежегодных конференциях ассоциации *MIXR* [7]. Все указанные отечественные источники в той или иной степени пишут о росте интереса к применению AR со стороны промышленности. Можно даже наблюдать тенденцию, аналогичную отмеченной ранее западной прессой, когда интерес, а следовательно, и финансирование AR-проектов в России постепенно смещаются от реклам-маркетинга и игр в сторону промышленных разработок.

Самый свежий пример — это Распоряжение Правительства Российской Федерации от 20 декабря 2021 г. № 3719-р "План мероприятий ("дорожная карта") по использованию технологической информационного моделирования при проектировании и строительстве объектов капитального строительства, а также по стимулированию применения энергоэффективных и экологичных материалов, в том числе с учетом необходимости их производства в Российской Федерации" [8], где раздел 16 и раздел 23 непосредственно предписывают рассматривать проведение мероприятий по контролю за выполнением подрядных работ с использованием дополненной реальности, для чего уже в 2022 г. необходимо разработать национальный стандарт по проведению пусконаладочных работ

и приемке результатов выполненных пусконаладочных работ с применением технологии дополненной реальности в составе исполнительной документации. Ответственными за выполнение этих разделов определены Росстандарт, Минстрой России, Министерство транспорта РФ, Минцифры России и Ростехнадзор. Уровень рассмотрения проблемы промышленного применения AR и состав задействованных организаций, зафиксированных в этой "дорожной карте", свидетельствуют об изменении роли AR в индустриальном технологическом укладе страны в будущем. Пока это изменение зафиксировано в виде документа только для отрасли капитального строительства, сама тенденция отношения к AR как к реальному фактору трансформации производственных процессов в России налицо.

### Внедрения AR на базе зарубежного ПО в российской промышленности: сложности

После введения санкций, касающихся доступа российских разработчиков к передовым информационным технологиям, поставляемым или предлагаемым к поставке, ситуация с применением AR для промышленных задач в РФ еще более усложнилась. Разработки AR-приложений традиционно ведутся либо с использованием систем программирования дополненной реальности, либо на AR-платформах. Наиболее простой и распространенный способ разработки, но требующий больших трудозатрат, — это использование платформ дополненной реальности ARKit (Apple) и ARCore (Google). Эти средства разработки приложений дополненной реальности достаточно хорошо известны, освоены и доступны в России несмотря на то, что сами эти платформы разработаны компаниями, поддерживаемыми антироссийские санкции. В России нет отечественной платформы для разработки AR-приложений такого класса, как ARCore или ARKit и, поскольку пока эти платформы не подпадают под санкции, но работа над созданием отечественного аналога не ведется. Работа с 3D-контентом поддерживается ARCore в форматах .obj (Wavefront Object), .glTF (без поддержки анимации), .fbx, .sfa (ascii-текстовый Sceneform 1.16), .sfb (двоичный, Sceneform 1.16), а ARKit — в форматах .abc (Alembic), .usd, .usda, .usdc (Universal Scene Description), .usdz (Universal Scene Description (Mobile)), .ply (Polygon), .obj (Wavefront Object) и .stl (Standard Tessellation Language).

Как видно из приведенного списка, ни одна из самых распространенных платформ для AR-приложений не работает напрямую с промышленными форматами 3D, форматами моделей сборок промышленных САПР. Конвертеры для преобразования 3D-САПР моделей в поддерживаемые ARKit или ARCore форматы — это уже коммерческие продукты с широким спектром

ограничений, обладающие узкой применимостью и не нашедшие широкого распространения. Поскольку ведение всей разработки AR-приложений в ARCore или в ARKit является задачей с высокой трудоёмкостью, то облегчение разработки в сообществе AR с применением этих платформ давно решено за счет использования игрового движка. При такой структуре решения игровой движок становится средой разработки приложения в терминах объектно-ориентированного конструирования, а компании Apple и Google — поставщиками специфических объектов и методов AR. Самым массовым игровым движком, применяемым для разработок в ARCore или ARKit, является Unity 3D.

Для начинающих разработчиков или для компаний с годовым оборотом менее 100 тыс. долл. США и в случае разработки небольшого числа некоммерческих проектов предоставляется практически бесплатный тариф Personal. Для более серьезных и коммерческих проектов, для компаний с годовым оборотом 1 млн долл. США и более, Unity поставляется за деньги, причем оплата производится в долл. США, что в случае нахождения России под санкциями невыполнимо. Применение другого популярного движка Unreal в качестве интеграционной платформы совокупно с ARCore и ARKit представляется еще более проблематичным как с учетом того, что Unreal является коммерческим подсанкционным продуктом, так и с учетом еще более строгих ограничений по использованию форматов данных САПР в Unreal по сравнению с Unity.

Для эффективной (без программирования) разработки AR-промышленного приложения комбинированные среды разработки ARCore+Unity или ARKit+Unity не используют, а применяют промышленные платформы дополненной реальности [1, 2]. Однако, после марта 2022 г. все подобные платформы-лидеры подпадают под санкции на поставку в Россию. Возможные же контракты на поставку/подписку таких платформ требуют оплаты только в долл. США или евро. На отечественных предприятиях осваивали зарубежные платформы AR для разработки контента дополненной реальности и использования его в корпоративных информационных PLM-системах. В связи с этим можно отметить две AR-платформы: Ubimax (технологический партнер Siemens, а с 2021 г. после смены собственника — TeamViewer Assist и AR-TeamViewer Frontline) и Vuforia, поглотившую в 2022 г. европейскую AR-платформу RE'FLEKT. AR-решения, разрабатываемые на этих платформах дополненной реальности, активно и напрямую использовали в 3D-моделях САПР, что не удастся реализовать, применяя ARCore или ARKit. Кроме того, как под брендом "TeamViewer", так и под брендом "Vuforia" поставлялись и другие локальные пакеты разра-

ботки AR-фрагментов: AR-мессенджеры, репозитории AR-инструкции, функционал управления потоком заданий. В случае с *Vuforia*, платформа — это собственно конгломерат из платформ разработки локальных и облачных AR-приложений, AR-мессенджера и средств разработки пошаговых инструкций с облачным доступом. В *UbiMax* (с 2021 г. — в составе ПО от *TeamViewer*) подготовку собственно инструкций часто выполняли в свободно распространяемой в России коммерческой системе *TeamViewer xMake*, а компоновка 3D-контента — вообще в условно-российской *Cortona3D (Parallel Graphics)*, интегрированной с проектными 3D- и PLM-решениями *Siemens Digital Factory* [2].

С марта 2022 г. все решения *Vuforia* и пакеты *TeamViewer* стали недоступными для поставки российским потребителям, и даже, уже оплаченные лицензии и подписки на AR-платформы были отозваны до истечения срока техподдержки.

В условиях санкционного давления реально доступным зарубежным ПО для разработки промышленных AR-приложений пока остаются все те же *ARKit*, *ARCore*, а также интегрированные в базовый комплект игрового движка *Unity3D* и другие, пока свободно доступные некоммерческие средства разработки, среди которых наиболее актуальным является симбиоз *ARKit* и *ARCore* — *ARFoundation*. Стабильность присутствия данных средств разработки AR-приложений на российском рынке и отсутствие санкционного давления (по состоянию на осень 2022 г.) по этим зарубежным продуктам дают основание полагать, что отечественные разработчики AR-приложений смогут и далее применять их. При этом скудность доступных в России таких средств и невозможность использовать высокопродуктивные специализированные AR-платформы промышленного направления существенно осложняют практику их применения российскими разработчиками. Появившиеся и все более расширяющиеся лакуны могли бы быть закрыты отечественными разработками и/или отечественными аналогами зарубежного ПО, однако именно в области AR перспективы рынка отечественных разработок не внушают оптимизма.

### Сложности внедрения AR на базе отечественного ПО в российской промышленности

В области иммерсивных технологий отечественные разработчики с 10-летним лагом, повторяя пути развития мирового рынка VR/AR, получали коммерческую выгоду в основном от своих разработок в области VR. Разработка приложений AR велась для информационного сопровождения акций рекламного и маркетингового характера и максимизации Wow-эффекта. Отечественная промышленность стала обращать внимание на AR-технологии в тех производствах

и на тех предприятиях, где активно развивается цифровая трансформация гибких и настраиваемых производственных процессов ("умное" производство), а информация становится реальной производительной силой (концепция Индустрии 4.0), или там, где необходимо обеспечивать визуальный обмен информацией с привязкой к обстановке в условиях территориальной разнесенности участников (работа на выезде ремонтных и аварийных бригад, удаленный мониторинг, экспертное сопровождение удаленных работ) [4]. Создание промышленных AR-приложений для российских разработчиков — задача относительно дорогая и трудоемкая, поэтому отечественные разработчики пытаются максимально освоить мировой опыт в этой области, не изобретают "AR-велосипед" с нуля, а работают над своими AR-проектами, как правило в тех отраслях и на тех производствах, где применение средств разработки от зарубежных вендоров AR-платформ не рассматривают. Как уже указывалось, простой, хотя и не самый эффективный путь, — это разрабатывать свое собственное понимание AR-задачи производства на базе доступных *ARCore*, *ARKit* и движка *Unity*. Однако на практике такой подход оправдан в случае разработки небольших AR-приложений.

Для крупных разработок требуется наличие коллектива высококвалифицированных AR-дизайнеров и кодеров, а также значительное время, подчас превышающее время самого проекта. Разработки до введения антироссийских санкций, как правило, выполнялись на зарубежных промышленных AR-платформах. Но в условиях санкционного давления они в России более недоступны. В связи с этим существенно повысился интерес к разработке отечественных AR-платформ.

Позволить себе создание собственных платформ могут только крупные промышленные компании и привлекаемые ими для этого ИТ-компании (хотя бы и на уровне стартапов). Прежде всего стоит отметить ПАО "Газпром нефть". Для цифровой трансформации критически важных бизнес-задач в компании "Газпром нефть" разрабатывают AR-платформу на базе отечественного программного обеспечения "ИКСАР" от российской компании АО "Инлайн групп" с использованием промышленных AR-очков. AR-платформа предназначена для AR-сопровождения шеф-монтажных работ, выполняемых по стандартам и технологическим условиям ПАО "Газпром нефть" (рис. 1) на предприятиях, входящих в состав компании [9]. Особенности такой платформы является то, что это, скорее всего, платформа вспомогательной реальности (*Assisted Reality*), а не AR-платформа. То есть информацию (тексты, планы, пояснения к локациям и аннотированные указания, привязанные к топологии рабочего участка) выводят на оконечное устройство пользователя — AR-очки. По расчетам специалистов ПАО "Газпром нефть", до 2023 г. продукт будет тиражирован более чем на 100 площадок внутри ком-

пани, что позволит в несколько раз сократить время на проведение шеф-монтажных работ икратно сократить затраты на логистику, как это было указано в рамках VII Федерального ИТ-форума нефтегазовой отрасли России *Smart Oil&Gas*, прошедшего в конце сентября 2021 г. Предполагаем, что до 2023 г. ПАО "Газпром нефть" не будет предлагать свою AR-платформу в качестве альтернативы зарубежным AR-решениям. Необходимо отметить, что АО "Инлайн групп" разработало и позиционирует "ИКСАР", как AR-платформу для широкого применения, но для ПАО "Газпром нефть" это решение, созданное заказчиком при самом активном участии АО "Инлайн групп", т. е. это случай совместной разработки ПО под задачи заказчика, а не варианта применения универсального ПО.



**Рис. 1.** Шеф-монтаж вакуумных колонн в ПАО "Газпром нефть" с применением монокуляра дополненной реальности *realwear НМТ-1* в условиях пониженных температур и без устойчивой сетевой связи

Применение платформы "ИКСАР" на предприятии АО "Газпромнефть — МНПЗ" (рис. 2) позволило осуществить информационную интеграцию роботизированного складского оборудования и операторов.



**Рис. 2.** Использование AR-монокуляра *realwear НМТ-1* в реальных производственных условиях на предприятии АО "Газпромнефть — МНПЗ"

Всю разработку вели сотрудники АО "Инлайн групп", т. е. платформа вспомогательной реальности в этом случае является средством разработчика, которое требует найма группы

квалифицированных специалистов для каждого варианта AR-трансформации рабочего процесса компании-заказчика и, следовательно, отвлечения их от основной деятельности в компании-разработчике [9].

Другой практический пример применения отечественной AR-платформы — это деятельность созданного в 2017 г. предприятия ООО "Мотив НТ", связанная с обработкой программно-аппаратных систем для автоматического визуального контроля качества продукции и действий персонала и др., а также с разработкой и производством первого в России нейроморфного чипа — процессора для аппаратного исполнения нейронных сетей. Во взаимодействии с АО "НПО Энергомаш" Госкорпорации "Роскосмос" и ФГУП "ВНИИА" Госкорпорация "Росэнергоатом" специалисты ООО "Мотив НТ" дооснастили свой программно-аппаратный комплекс (пока без отечественного чипа) системой распознавания и контроля сборочных операций (рис. 3).



**Рис. 3.** AR-технология контроля ручных операций по видеоизображению от ООО "Мотив НТ", АО "НПО Энергомаш" и ФГУП "ВНИИА"

Летом 2022 г. часть активов ООО "Мотив НТ" была приобретена в собственность "Лабораторией Касперского", что свидетельствует об интересе лидеров по созданию отечественного и мирового ПО, к передовым ИТ-разработкам, имеющим перспективы промышленного применения. Вариант применения AR-технологии для контроля ручных операций по видеоизображению подразумевает анализ видеоизображения и показ результата этого анализа на экране. В классическом понимании AR-технологии подразумевается также использование конечного устройства пользователя — носимого (шлема, очков) или в виде смартфона/планшета. В сентябре 2022 г. в открытых источниках появилось сообщение об успешном применении совместной разработки компаний ООО "Мотив НТ", НПО "Энергомаш" и ФГУП "ВНИИА" для AR-приложений по заказу Роскосмоса в рамках проекта "Интеллектуальная технология контроля ручных операций по видеоизображению" (рис. 4).



Рис. 4. Тестирование системы дополненной реальности [10]

В этой разработке AR-приложение использует прототип AR-очков — искусственный интеллект распознаёт детали устройств, располагаемых в зоне операции, а на экран очков в технологии *Assisted Reality* выводится информация о просматриваемых деталях и "подсказки" по выполняемым действиям. В чистом виде эти совместные разработки также не претендуют пока на уровень AR-платформы, разработка ведется по проектному принципу. И этот проект вряд ли скоро (даже при поддержке "Лаборатории Касперского), станет рыночным продуктом из-за нерешенных проблем доступа к подсанкционному технологиям производства элементной оптоэлектронной базы AR и отсутствием у разработчика универсального платформонезависимого ПО.

Пример именно AR-разработки, где элементами дополненной реальности являются не только текстовые аннотации, топологические указатели, а еще и 3D-модели изделий — это работы, которые ведутся в управлении ИТ Филиала ПАО "ОАК" — КнААЗ по применению AR-технологии для информационного сопровождения выполнения операций на рабочем месте (рис. 5) [11].



Рис. 5. Информационное сопровождение выполнения операций на рабочем месте. Постоянный контроль по 3D-модели и интерактивное выполнение пооперационных инструкций

Эти разработки не являются AR-платформами, оставаясь на уровне AR-разработок под конкретный заказ, но в данном случае разработчиком является не сторонняя компания, а

подразделение самого предприятия. В отличие от предыдущих рассмотренных в данной статье отечественных AR-разработок, приложения дополненной реальности КнААЗ — это полноценный проект применения AR-технологии в соответствии с концепцией Индустрии 4.0, так как используются все AR-типы контента, включая 3D-модели технологических сборок, есть интеграция в информационные потоки корпоративной системы *PLM*, ведется контроль последовательности предоставления AR-приложений в соответствии с ролью исполнителя и этапом работ [9].

"AR-ядром" разработок является *AR vision* — ПО собственной разработки Управления ИТ КнААЗ. Сценарий прорабатывался в *Unity*, а с 2021 г. ведутся работы по применению для этой цели *Unreal*. Следует обратить внимание на очень важный момент. Как указывалось выше, вызов и контентное наполнение AR-приложений управляется системой *PLM*. На КнААЗ системой *PLM* предприятия в соответствии со стандартами ОАК является *TeamCenter* от компании *Siemens Digital Industries Software*. В качестве конечных устройств используются мобильные iOS-устройства (*iPAD*) и Android-устройства, а для особо ответственных операций — шлемы дополненной реальности *Microsoft HoloLens*. Уязвимость с технической точки зрения здесь кроется в том, что компания *Siemens* может отказать в техническом сопровождении *TeamCenter*, а *Microsoft* — в продажах *MS HoloLens/HoloLens2* и техподдержке *Microsoft Holographics* для подсанкционных российских предприятий.

Среди самых успешных работ по применению AR в производстве необходимо упомянуть подсистему "Удаленный эксперт AR", разработанную в специально созданной для продвижения инновационных информационных технологий в ПАО "СИБУР Холдинг" компании ООО "СИБУР Диджитал" [12]. Однако, если судить по в открытым источникам, новых AR-решений, тем более на уровне платформ, со времени публикации [12] не появилось. Судя по всему, ООО "СИБУР Диджитал" и новое предприятие ООО "СИБУР Коннект" сосредоточились на не менее важных технологиях "умного" производства — Интернете вещей (*IoT*) и *Big Data, Data Analysis*. Что касается аппаратной составляющей AR-устройств пользователя, то тут, как и прежде, для AR-поддержки операций контроля производства мономеров используют монокуляр вспомогательной реальности *realwear HMT-1* и очки *EPSON Moverio*. В условиях санкционного давления поставки новых устройств *realwear* и *EPSON* становятся проблематичными, и если и исполняются, то только в каналах параллельного импорта со всеми вытекающими отрицательными последствиями.

Компания ООО "Иторум", также упомянутая в [12], предлагает свои услуги по подготовке

AR-решений типа *Assisted Reality* для промышленных задач информационного сопровождения выполнения операций. Компания применяет оригинальное программное обеспечение *Itorum MR* собственной разработки [13], и в условиях ухода с рынка зарубежных AR-платформ шансы на его распространение в отечественном промышленном секторе повышаются. Но также есть опасения, связанные с неясной ситуацией с поставками *realwear HMT* — базового устройства пользователя для работы с *Itorum MR*.

*ServiceVizor* — AR-решение, разработанное в АО "Моделирование и цифровые двойники" и предназначенное для сервисного обслуживания установленного оборудования и основных активов [14]. *ServiceVizor* относится к классу систем технического обслуживания и ремонта (ТОиР), позволяет планировать и выполнять техническое обслуживание на основе объективных данных, а также информации из базы инженерных знаний ТОиР (рис. 6).



Рис. 6. Применение *ServiceVizor*: AR для ТОиР электродвигателя

Решение представляет собой набор функциональных AR/IIoT-приложений (IIoT — промышленный Интернет вещей), обеспечивающих мониторинг оборудования. *ServiceVizor* предоставляет инструменты создания цифровых AR-руководств для выполнения сервисных и контрольных операций, автоматизирует выпуск сменных заданий полевому персоналу с AR-контентом, обеспечивает помощь удаленного эксперта при выполнении работ в технологии AR-мессенджера.

*Servicevizor* разработан с помощью платформы промышленного Интернета вещей PTC *ThingWorx* и платформы дополненной реальности *Vuforia*, поддерживает большой набор функций — от базовых возможностей формирования заявок на выполнение работ и планирование всех видов обслуживания до специализированных функций выполнения операций ТОиР в режиме AR, управления электронной структу-

рой актива, разработки 2D/3D-контента и интеграции со смежными производственными системами. Предоставление AR-контента пользователю может быть выполнено на любом типе мобильных *Android*- или *iOS*-устройств, в очки дополненной реальности *EPSON*, *Vuzix*, *realwear HMT* и в *MS HoloLens*. С точки зрения реализации концепции AR-технологии *ServiceVizor* является наиболее полноценной средой для промышленной разработки среди приведенных отечественных примеров, причем *ServiceVizor* имеет историю успешного применения как для компаний дискретного производства, так и для предприятий непрерывного цикла. Риски связаны с тем, что технологическими основами решения являются подсанкционные с марта 2022 г. IoT-сервер *ThingWorx* и AR-платформа *Vuforia*. Существующие легальные инсталляции *ThingWorx* и *Vuforia* в России ограничены длительностью лицензионной подписки и отсутствием легального сопровождения от PTC. Это означает наступление критических сроков для успешно функционирующих *ServiceVizor* уже в первом полугодии 2023 г.

### Заключение

В настоящее время в России сложилась уникальная ситуация: промышленности требуется "накачка" информационными технологиями для того, чтобы не отставать от мирового уровня промышленного развития. Одной из таких значимых технологий является технология дополненной реальности, уровень применения которой в рамках мировой промышленной культуры весьма высок. Но освоение AR отечественной промышленностью сталкивается в 2022 г. с почти непреодолимыми трудностями из-за того, что для российских пользователей недоступны наиболее технически продвинутые современные инструментальные средства AR-разработок. В такой ситуации можно рассчитывать на немногочисленные отечественные компании, которые способны предлагать на российском рынке ИТ-решений достойные разработки в области дополненной реальности. Если в области программного обеспечения есть и AR-разработки, и группы AR-разработчиков, освоивших базовые средства разработок дополненной реальности, то в области аппаратного обеспечения AR-приложений пока рассчитывать приходится исключительно на зарубежное, как правило, подсанкционное оборудование. При этом обязательным условием для реализации национальных промышленных AR-инициатив является гарантированная господдержка и комплексные государственные программы создания индустриальной информационной инфраструктуры. Интеллектуальных и финансовых ресурсов даже таких крупных компаний отраслевого уровня, как ПАО "СИБУР Холдинг", ПАО "Газпром нефть" при внедрении отечественных AR-разработок

иногда недостаточно. Рынок передовых западных AR/IIoT-технологий после февраля 2022 г. стал фактически недоступен в России, и это привело к тому, что Росстандарт, Минстрой России, Министерство транспорта РФ, Минцифры России и Ростехнадзор в виде распоряжений и дорожных карт наметили сроки и уровень государственного участия в процессах внедрения AR-технологий в ряд отечественных промышленных отраслей. Вместе с тем, AR разработки как часть цифровой трансформации производства России, требует соответствующей подготовки квалифицированных кадров, и было бы хорошо Министерству науки и высшего образования РФ и Минпросвещения России присоединиться к этим процессам.

### Литература

1. Пирогова М. А., Лешихина И. Е., Краюшкин В. А. Обзор передовых платформ дополненной реальности для разработки промышленных приложений уровня "рабочее место" // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2021. № 4. С. 7—12.
2. Пирогова М. А., Лешихина И. Е., Краюшкин В. А. Обзор применимости популярных платформ дополненной реальности для задач современного дискретного производства // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2021. № 1. С. 3—7.
3. Исследование Huawei: рынок AR/VR в России достигнет 7 млрд руб. к 2025 году [Электронный ресурс]. URL: [https://www.cnews.ru/news/line/2021-02-19\\_issledovanie\\_huawei\\_rynok\\_arvr](https://www.cnews.ru/news/line/2021-02-19_issledovanie_huawei_rynok_arvr) (дата обращения: 28.09.2022).
4. Рынок промышленных VR/AR-решений в России. Исследование TAdviser [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tadviser.ru/index.php/> Статья: Рынок промышленных VR/AR-решений в России (исследование TAdviser) (дата обращения: 28.09.2022).
5. Компоненты Индустрии 4.0: AR/VR-технологии [Электронный ресурс]. URL: [http://remmag.ru/upload\\_data/files/2018-01/RT.pdf](http://remmag.ru/upload_data/files/2018-01/RT.pdf) (дата обращения: 28.09.2022).
6. AVRA Days [Электронный ресурс]. URL: <https://arvrassociation.timepad.ru/event/1562803> (дата обращения: 28.09.2022).
7. Конференция для Metaverse и AR\VR профессионалов [Электронный ресурс]. URL: <https://mixrconf.ru/> (дата обращения: 28.09.2022).
8. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 20 декабря 2021 г. № 3719-р [Электронный ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/files/jmFWAlUfdHZMmSMYdqfFRkvsqye7UYF.pdf> (дата обращения: 28.09.2022).
9. "ИКСАР" ("XR") — Программная платформа решений для устройств и технологий вспомогательной и дополненной реальности [Электронный ресурс]. URL: <https://inlinegroup-c.ru/about/patenty/platformareshenij-po-dopolnenoj-realnosti-xr> (дата обращения: 28.09.2022).
10. Telegram-канал Госкорпорация "Роскосмос" [Электронный ресурс]. URL: [https://t.me/roscosmos\\_gk/6707](https://t.me/roscosmos_gk/6707) (дата обращения: 28.09.2022).
11. Пирогова М. А., Лешихина И. Е., Краюшкин В. А. Технология дополненной реальности как эффективный инструмент применения пошаговых руководств и инструкций на рабочем месте // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2022. № 2. С. 23—28.
12. Тимохин В. С., Шнак Д. А. Внедрение дополненной реальности в производственные процессы авиационного завода [Электронный ресурс]. URL: [https://www.aviationunion.ru/upload/medialibrary/64d/Nom\\_1\\_Syhoj\\_K\\_na\\_A.pdf](https://www.aviationunion.ru/upload/medialibrary/64d/Nom_1_Syhoj_K_na_A.pdf) (дата обращения: 28.09.2022).
13. ITORUM MR — платформа совместной работы с техническим оборудованием [Электронный ресурс]. URL: <https://itorummr.ru/> (дата обращения: 28.09.2022).
14. ServiceVizor объединит технологии AR, IIoT и комплексных цифровых двойников для мониторинга и технического обслуживания // CAD/CAM/CAE Observer. 2021. С. 52—55.

## AUGMENTED REALITY PLATFORMS FOR INDUSTRIAL APPLICATIONS: RUSSIA 2022

M. A. Pirogova, I. E. Leshikhina

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

V. A. Krayushkin

LLC "PTS", Moscow, Russia

*The article continues the series of authors' reviews on augmented reality technologies published in the journal "Information technology of CAD/CAM/CAE" in 2021 (№ 1, № 4) and in 2022 (№ 2). The article discusses the possibilities of using augmented reality technology for the development of industrial applications in Russia. The problems of introducing these technologies in Russian industrial companies are analyzed.*

*Keywords:* augmented reality, AR-development platforms, digital transformation, immersive experience technologies.

Пирогова Марина Аркадьевна, доцент.

E-mail: PirogovaMA@mpei.ru

Лешихина Ирина Евгеньевна, доцент.

E-mail: liy56@mail.ru

Краюшкин Владимир Анатольевич, руководитель проектов.

E-mail: vkray@pts-russia.com

Статья поступила в редакцию 30 сентября 2022 г.