

УДК 338.364

DOI: 10.52190/2073-2597\_2022\_2\_23

EDN: CLDVEK

## ТЕХНОЛОГИЯ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ПРИМЕНЕНИЯ ПОШАГОВЫХ РУКОВОДСТВ И ИНСТРУКЦИЙ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ

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 разработки пошаговых руководств и инструкций.*

*Ключевые слова:* дополненная реальность, пошаговые руководства, платформы дополненной реальности, носимые устройства дополненной реальности.

Предприятия дискретного производства работают в высококонкурентной, сложной, строго регулируемой среде, в условиях глобализации производства, поэтому ищут способы выполнения производственных операций быстрее, точнее, экономичнее, рациональнее. Такие способы требуют меньших затрат на разработку, внедрение и обслуживание, способствуют увеличению дохода, а также позволяют оптимизировать и улучшать основную деятельность, сводить к минимуму ошибки, время простоя, время обучения и все другие формы затрат и потерь.

Один из важных макроэкономических факторов, с которыми в этих условиях сталкиваются промышленные компании, — это растущий разрыв в квалификации работников. Одна из самых больших проблем, с которыми сталкиваются руководители производственных предприятий — это возможность стимулировать рост числа квалифицированных рабочих, находясь при этом под давлением рынка рабочей силы и в условиях оптимизации (по сути, сокращения) числа работников. Значительное число технически квалифицированных работников приближается к пенсионному возрасту, они уносят с собой незаменимый опыт рационального, отлаженного, эффективного выполнения производственных операций. Как указывается в отчете консалтинговой компании Deloitte: "В течение следующего десятилетия только в обрабатывающей промышленности США потребуются заполнить почти 3,5 миллиона рабочих мест, при этом существующий дефицит навыков приведет к тому, что 2 млн из этих рабочих мест останутся незаполненными" [1].

Увеличение сложности изделий и процессов дискретного производства, а также увеличение количества конфигураций и настроек выпускаемых изделий, выпуск изделий "под заказ" — все это означает, что требования к квалификации рабочих, занятых на такого рода производствах, как минимум не снижаются, а новым

сотрудникам, сторонним подрядчикам и перераспределенным работникам не хватает навыков и опыта, необходимых для замещения высококвалифицированных рабочих предпенсионного возраста. Ранее подготовка новых рабочих, их обучение в целях "перехвата" знаний и умений непосредственно на производстве, не в учебных заведениях, основывалась на применении "института наставничества", когда молодой рабочий на длительный период, от нескольких недель до полугода патронировался высококвалифицированным рабочим, закреплялся за ним для получения навыков выполнения сложных операций непосредственно на рабочем месте. Молодой кандидат при этом многократно копировал с той или иной степенью тщательности действия высококвалифицированного сотрудника. Такое наставничество в условиях современного производства приводит, с одной стороны, к снижению производительности труда основного работника, вынужденного отвлекаться на выполнение функций наставника дополнительно к основным функциям рабочего места. С другой стороны, время которое молодому кандидату отводится на обучение у наставника — это прямые потери использования рабочей силы предприятия, поскольку в это время обучаемый не производит никакой дополнительной продукции.

Описанная выше ситуация заставляет высокотехнологичные промышленные предприятия разрабатывать новые стратегии для повышения эффективности работы, повышения производительности труда, повышения конкурентоспособности и способности выпуска лучших или инновационных изделий, передачи знаний и умений высококвалифицированных рабочих. Основная стратегия в этом случае — это решение задачи применения информационных технологий, поскольку собственно передача знаний и навыков рационального безошибочного выполнения рабочих операций — это задача эффективной передачи полноценной производственной инфор-

мации от одного субъекта деятельности ("квалифицированный рабочий", "эксперт") другому субъекту. В условиях глобальных ограничительных мероприятий по COVID-19 при построении таких стратегий возрос интерес к применению технологии дополненной реальности (AR), позволяющей передавать информацию непосредственно для восприятия и усвоения за счет "наложения" дополнительного информационного потока на воспринимаемую реальную "картинку".

Применение технологии дополненной реальности помогает восполнять пробелы в производственных навыках и влияет на будущие работы, расширяя возможности критически важных человеческих ресурсов. Дополненная реальность заменяет устаревшие, неточные или несуществующие печатные инструкции актуальными, оцифрованными контекстуальными знаниями и инструкциями в режиме реального времени там, где они больше всего нужны, в реальном контексте повседневной рабочей среды. Специалистами ИТ для задач промышленного применения в последние полтора-два года все чаще отмечается трансформационный потенциал дополненной реальности в помощи промышленным производственным участкам за счет повышения производительности, сокращения брака и переделок, повышения безопасности и соответствия предъявляемым требованиям, а также за счет рациональной передачи знаний и умений при выполнении производственных заданий (формирование и применение базы знаний предприятия).

В [2] авторы уже частично касались проблемы применения технологии дополненной реальности для эффективной передачи знаний и формирования с использованием дополненной реальности информационных активов предприятия, однако, поскольку основная тема работы лежала в другой плоскости, ограничились лишь самым кратким упоминанием. Рассмотрим теперь более подробно состояние применимости технологии дополненной реальности (AR) для информационного сопровождения выполнения производственных операций, требующих высокой квалификации работника. Проанализируем какие наиболее освоенные методы использования AR существуют и какие системы и платформы AR, имеющиеся на рынке промышленных информационных технологий, позволяют наиболее эффективно подходить к решению задач передачи передового опыта непосредственно при осуществлении производственной деятельности.

### В центре внимания — рабочие инструкции

Информационное сопровождение выполняемых работ в технологии дополненной реальности (ДР) — это прежде всего предоставление работнику всех необходимых актуальных данных в наиболее удобном для восприятия форма-

те (изображение, звук) на каждом из шагов выполняемого им производственного процесса, рабочей операции. По сути ДР в этом случае заменяет обращение к рабочей пошаговой инструкции и/или к "советам специалистов" в случае возникающих на том или ином шаге затруднений. Сами приемы использования ДР при этом не должны требовать от пользователей никаких дополнительных знаний и умений. Интерфейс работы с дополненной реальностью должен быть максимально дружелюбен и прост, проще, чем просмотр рабочих инструкций и чтение карт пошагового выполнения операций.

Технологии ДР в дискретном производстве используют на таких этапах жизненного цикла изделия (ЖЦИ), когда важно представление изделий, разрабатываемых сложных сборок, узлов и агрегатов в виде 3D-твердотельных моделей [3]. К таким этапам ЖЦИ, где уже используют технологию AR, относят маркетинг и послепродажное сопровождение, включая ТОиР. Рабочие операции на этих этапах, выполняемые с применением визуализационных эффектов AR, существенно повышают информационную насыщенность и служат в конечном счете значительному повышению качества выполняемых действий, будь то демонстрация будущего виртуального изделия в контексте обстановки эксплуатации или AR-демонстрация валидных последовательностей сборочно—разборочных операций на базе 3D-моделей цифровых двойников в ремзонах сложных объектов. Это промышленное применение AR-технологии обусловлено тем, что в качестве главной информационной AR-компоненты контента приложения используются 3-мерные модели САПР.

Информационное сопровождение рабочих операций на этапе производства — изготовление, сборка, монтажные операции, настройка, инспекция качества изготовления и т. д., не требует обязательного наличия САПР-моделей для лучшего понимания отдельных операций. Так например, квалифицированный оператор станка с ЧПУ не нуждается в представлении 3D-модели изготавливаемой детали, эта информация уже выдана на станок. Качество получаемого изделия, скорость работы и правильность контроля режимов обработки, то есть то, что и определяет квалификацию работника не зависит от того, есть ли перед оператором 3D-модель или 2D-чертеж того, что должно получиться. Квалификация определяется следующими параметрами: умением вовремя реагировать на изменения параметров функционирования оборудования, мастерством, с которым производятся наладочные операции, умением владения установочным и вспомогательным инструментом, оптимизацией маршрутов перемещения внутри рабочей зоны и т. д. Следовательно, AR-содержание возможного информационного сопровождения производственных операций на этапе изготовления ЖЦИ состоит в том, чтобы

как можно точнее и нагляднее сохранить и передать особенности действий квалифицированного работника, специфику его манипуляций и перемещений в рабочей зоне. Именно такой контент, а не 3D-модели, составляет основу AR-пошаговых руководств и инструкций на рабочем месте, которые в будущем послужат (для многих компаний уже сейчас служат) основой эффективной подготовки квалифицированных рабочих, средством сохранения знаний и умений, элементом формирования банка знаний предприятия.

Получение такого контента предполагает аппаратуру для "захвата" особенностей выполнения производственных заданий, рациональных действий, манипуляций и перемещений, которая минимально отягощала бы исполнителя — квалифицированного рабочего/эксперта. Такая аппаратура должна иметь "на борту" средства записи видео, звука, не требующие никаких специальных знаний и умений, быть максимально приближенной к исполнителю, носимой, но при этом не затрудняющей применение, "hands free". К таким классам устройств относятся только так называемые Head Mounted Device (HMD) класса "eyewear", по-русски: "очки дополненной реальности". Ни планшеты, ни смартфоны любой степени "продвинутой" такой аппаратурой служить не могут, так как не освобождают руки исполнителя при применении им самим устройств для "захвата" особенностей своих действий, а при освобождении рук от устройства и фиксации его "где-то рядом" не позволяют получать "захват" действий в виде "от первого лица", то есть получаемая запись не соответствует именно тому, что реально видел перед собой оператор во время записи его квалифицированных действий. Контент, "захва-

ченный" в HMD, необходимо далее передать в среду редактирования и сохранения для преобразования полученного контента в виде пошаговых фрагментов, снабдить их необходимыми пояснениями, аннотациями. Квалифицированный рабочий для выполнения этих действий уже не привлекается и эти действия не сказываются на его производительности, он освобожден от дальнейших работ по созданию AR-рабочих пошаговых инструкций, среда редактирования и сохранения ("облако контента") находится при этом вне HMD работника, а в момент передачи "захваченного" контента и HMD и среда редактирования и сохранения должны быть в сети передачи данных. Для удобства работ такая сеть передачи данных подразумевается беспроводной, работающей по протоколам беспроводной цифровой связи.

После завершения редактирования AR-пошаговую инструкцию опубликовывают на адресуемом сетевом ресурсе, для доступа к которому работникам—"новичкам" уже можно использовать как HMD, так и планшеты/смартфоны.

Схематично систему разработки и распространения AR-пошаговых руководств и рабочих инструкций можно представить так, как показано на рисунке.

Как следует из приведенной схемы, в структуре AR-платформы для задач сохранения знаний и умений квалифицированных рабочих при выполнении ими операций рабочего места, важными являются три компонента:

- устройства "захвата" контента;
- облачная среда;
- программное обеспечение, реализующее связь между захватом, редактированием, публикацией и визуализацией опубликованного контента.

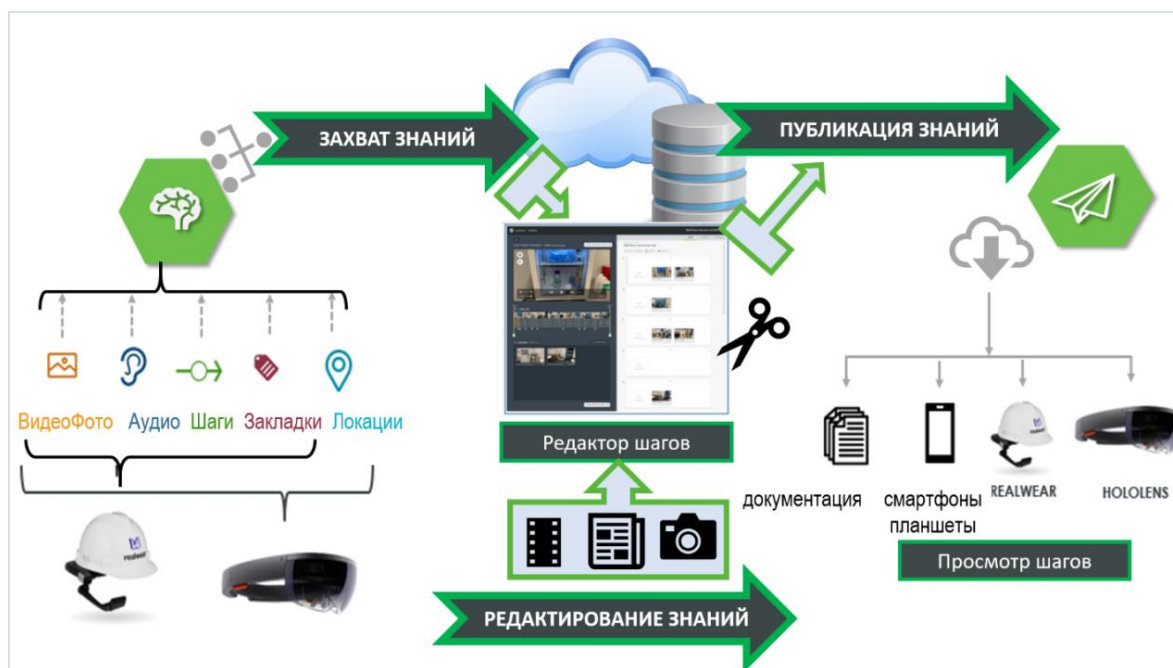


Схема разработки AR-пошаговых руководств

### Устройства захвата контента

В настоящее время существует небольшая номенклатура устройств HMD типа "eyewear", подходящих для решения поставленной задачи, а именно:

- Microsoft HoloLens;
- Microsoft HoloLens2;
- Trimble XR10;
- realwear HMT1;
- realwear HMT1Z1;
- Vuzix M300 Smart Glasses;
- EPSON Moverio Pro BT-2000.

Все перечисленные устройства имеют функцию звукозаписи и голосового управления, есть функции фотографирования и видеозаписи.

Только в Microsoft HoloLens, Microsoft HoloLens2 и Trimble XR10 встроен алгоритм точной локализации пользователя в пространстве помещения с сантиметровой точностью отслеживания, что существенно облегчает выполнение задачи трассировки перемещения пользователя.

Только Trimble XR10, realwear HMT1, realwear HMT1Z1 и EPSON Moverio Pro BT-2000 выполнены в промышленном исполнении, а realwear HMT1 и realwear HMT1Z1 сертифицированы для применения в тяжелых условиях эксплуатации, имеют промышленный класс звуко-, пыле-, влаго-защищенности. Эти модели можно применять на производственных участках, не нарушая требования ОТ и ТБ.

Realwear HMT-1 и realwear HMT1Z1 "исторически" и конструктивно (монокуляры, непрозрачные устройства, по сути — эквиваленты планшетов с монтированием в наголовный обод) не предназначались для вывода стереоскопических голограмм и, следовательно, не давали "BAU"-эффекта при визуализации 3D-объектов. Основное их предназначение — это визуализация AR-контента в виде 2D-изображений, видео-фрагментов, текста. Отсюда происходит и название subclasses AR-технологии, применяемой в realwear HMT1 и realwear HMT1Z1 — Assisted Reality, а не Augmented Reality. И сами устройства компании realwear позиционируются как устройства assisted reality.

В соответствии с классификацией, используемой компанией Microsoft, технологические решения по дополненной реальности в устройствах Microsoft HoloLens, Microsoft HoloLens2 и Trimble XR10 носят название "Mixed Reality", а по отношению к самим устройствам применяют название "очки смешанной реальности".

### Облачная среда

Облачная среда захвата и сохранения AR-информации об исполнении рабочих операций должна обеспечивать:

- разработку с использованием "облачного" ресурса пошаговых AR-инструкций и руководств по выполнению рабочих операций;
- применение специальных технических средств автоматической пошаговой фиксации выполнения рабочих операций, освобождающих оператора от необходимости дополнительных трудозатрат;
  - автоматическое сохранение аудио- и видеокментариев при фиксации выполнения рабочих операций ("AR-захват действий эксперта");
  - автоматическое сохранение информации о перемещениях в рабочем пространстве при фиксации выполнения рабочих операций ("AR-захват действий эксперта", "AR-траектории");
- доработку на облачном ресурсе — редакторе "захваченного AR-контента" полученной информации, преобразование в пошаговую AR-инструкцию;
  - возможность добавления в облачном редакторе дополнительной поясняющей текстовой, визуальной и аудиоинформации для каждого шага разрабатываемой пошаговой AR-инструкции;
  - размещение на облачном ресурсе результата — пошаговой AR-рабочей инструкции — для получения ее по сети на устройство конечного пользователя, реализующего все функциональные возможности разработки: пошаговое воспроизведение контента, трансляция комментариев, показ AR-траекторий.

### Предложения на рынке ПО для AR-пошаговых руководств и инструкций на рабочем месте

Многие компании-разработчики ПО в последние два года активизировались на рынке ПО для AR-инструкций рабочего места.

Наиболее часто упоминаются следующие "лейблы":

- Ubimax Frontline xInspect и xAssist — для работы с Vuzix M300 и Microsoft HoloLens;
- Proceedix Work instructions и Inspections and checklists — для работы с Vuzix M300 и realwear HMT1;
- DOZUKI (бывш. iFixit, Калифорнийский политехнический университет) — для работы с планшетами, без объявленной поддержки HMD;
- Parsable Connected Worker® — для работы на мобильных устройствах;
- TaqTile Manifest — для работы с HoloLens, HoloLens2;
- RE'FLEKT ONE и RE'FLEKT Remote — для работы с Microsoft HoloLens, realwear HMT1;
- UPSKILL Skylight — для работы с широкой номенклатурой HMD, включая Microsoft HoloLens, realwear HMT-1, Vuzix и EPSON Moverio;

- Vuforia Expert Capture — для работы с Microsoft HoloLens, Microsoft HoloLens2, realwear HMT1, realwear HMT1Z1, визуализация инструкций — через Vuforia View;

- Vuforia Instruct — визуализация инструкций через Vuforia Vantage;

Лидерами по присутствию на рынке AR-рабочих инструкций и пошаговых руководств являются три компании, вендоры ПО из приведенного списка:

- TeamViewer, владеющая брендом Ubimax Frontline;

- RE'FLEKT, владеющая брендами RE'FLEKT ONE и RE'FLEKT Remote;

- РТС, владеющая брендами Vuforia Expert Capture и Vuforia Instruct.

8 февраля 2022 года было объявлено о приобретении компанией РТС продуктовой линейки RE'FLEKT и группы разработчиков RE'FLEKT. За счет такого приобретения компания РТС существенно упрочила свои лидерские позиции как разработчика платформ AR и как самого крупного игрока на рынке систем разработки AR-рабочих инструкций и пошаговых руководств.

Среди самых известных и успешных компаний в Российской Федерации, которые разрабатывают AR-приложения хоть как-то соответствующие классу пошаговых рабочих AR-инструкций, по результатам 2020—2021 гг. можно назвать следующих представителей:

- Платформа XR ("Иксар") компании АО "ИнлайнГрупп". В состав платформы входят модули, позволяющие спроектировать для осваиваемого бизнес-процесса графическое пошаговое руководство для работников "в поле" и в цехе, использующих различные мобильные и HMD-устройства.

- Платформа дополненной реальности, разработанная компанией СИБУР Диджитал для предприятий группы СИБУР. Платформа "Удаленный эксперт AR" разрабатывалась как технический комплект для проведения AR-конференций и удаленного информационного AR-сопровождения выполнения инспекционных проверок оборудования для производства мономеров. В качестве носимого оборудования на рабочих местах используют Android-устройства в промышленном исполнении и допускающие применение в условиях открытых произ-

водственных площадок, низких температур — realwear HMT-1 и EPSON Moverio Pro 2000.

- Компания ООО "ИТОРУМ ЭМ АР" реализует AR-платформу собственного производства Itorum MR, на базе применения которой компанией выполнен ряд проектов производственного использования технологии AR в том числе и для разработки технологических карт выполнения рабочих производственных операций. В качестве устройств AR компания использует монокуляры assisted reality — realwear HMT1.

### Заключение

Сложилась ситуация и предпосылки для эффективного промышленного применения технологии дополненной реальности при разработке пошаговых руководств и инструкций, что позволяет уже сейчас эффективно и быстро, без сложного программирования, без использования 3D-моделей, создавать AR-пошаговые инструкции и руководства, и предоставлять эти приложения дополненной реальности непосредственно исполнителю на рабочем месте за счет мобильных устройств и специализированных носимых устройств дополненной реальности.

Наиболее полно функционал разработчика, простой пользовательский интерфейс и коммуникационные возможности представлены в составе платформ-рыночных лидеров сектора AR, к которым относятся компании РТС и TeamViewer.

### Литература

1. 2.1 Million Manufacturing Jobs Could Go Unfilled by 2030 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.themanufacturinginstitute.org/2-1-million-manufacturing-jobs-could-go-unfilled-by-2030-11330/?stream=wafco-seeks-a-child-care-solution-to-the-labor-shortage> (дата обращения: 15.02.2022).

2. Краюшкин В. А., Лешихина И. Е., Пирогова М. А. Обзор передовых платформ дополненной реальности для разработки промышленных приложений уровня "рабочее место" // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2021. № 4. С. 7—12.

3. 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.

---

**AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY AS AN EFFECTIVE TOOL  
FOR APPLYING STEP-BY-STEP GUIDES AND INSTRUCTIONS  
IN THE WORKPLACE**

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 applying step-by-step guides and instructions in the workplace.*

*Keywords:* augmented reality, step-by-step guides and instructions, AR-development platforms, head mounted device — smart glass.

---

**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 17 февраля 2022 г.*