

и управлению активами. Во-вторых, на предприятиях наблюдается низкая эффективность использования систем *EAM* (*Enterprise Asset Management*), *ERP* (*Enterprise Resource Planning*) и *MES* (*Manufacturing Execution System*). Данные о текущем состоянии оборудования либо не вводятся в системы управления, либо вводятся с задержкой в ручном режиме – без системной интеграции. Это препятствует формированию полной стратегии обслуживания оборудования. Среди других сложностей – устаревающий подход к планово-предупредительным ремонтам, а также нехватка квалифицированных кадров и снижение уровня подготовки персонала. Всё это приводит к росту аварийности на предприятиях, увеличению затрат на операции ТОиР и снижению производительности труда. Становится очевидной необходимость автоматизации ТОиР и создания базы инженерных знаний по каждому активу производства.

Средства дополненной реальности позволяют решать эти задачи, повышая качество и эффективность операций технического обслуживания и ремонта. С их помощью можно разместить комплекс сигнальных устройств, изображений оборудования и его внутренних связей (мнемосхему) в режиме наложения на контролируемом реальном объекте. Они также позволяют создавать анимированные сцены сборочно-разборочных операций элементов конструкции, тем самым снижая количество отказов оборудования по вине персонала. Кроме того, с помощью *AR* можно оперативно решать сложные задачи путем проведения онлайн-сессии с удаленным экспертом, можно управлять оборудованием и фиксировать отчеты.

Возможности дополненной реальности лежат в основе ***ServiceVizor*** – решения на основе *AR* и *IIoT* для автоматизации технического обслуживания и ремонта оборудования. Решение используется для визуализации комплексного цифрового двойника оборудования, который представляет собой совокупность всех доступных технологий подключения, моделирования, анализа, управления

и визуализации данных. Это позволяет решать задачи предсказательного сервиса активов, обеспечения качества продукции, а также выбора оптимальных режимов эксплуатации оборудования. Средства дополненной реальности применяются для визуализации предварительно собранных данных, включая данные цифровых двойников. Платформа промышленного интернета используется как хранилище бизнес-логики и для трансфера полевых данных от периферийного и контрольно-измерительного оборудования.

Алгоритм работы средств дополненной реальности и комплексного цифрового двойника выглядит следующим образом:

- *AR*-устройство анализирует видеопоток и распознаёт физический объект по контуру или *QR*-коду.
- С помощью *IIoT*-платформы происходит подключение к виртуальным моделям комплексного цифрового двойника актива.
- Данные физических датчиков актива передаются цифровому двойнику и дополняются с помощью смежных ИТ/ОТ-систем.
- *IIoT*-платформа собирает информацию о состоянии актива и действиях по его обслуживанию из цифрового двойника.
- Пользователь взаимодействует через *AR*-устройство с активом или экспертом, выполняя действия и фиксируя их выполнение.
- Текущие значения контролируемых параметров, ход выполнения операций и команд управления попадают в систему *ServiceVizor*.

Таким образом, с помощью *AR*-технологии можно уменьшить объем сборочно-разборочных операций, предоставить объективные и достоверные данные персоналу, ускорить реагирование на поломку. Средства дополненной реальности также позволяют сократить продолжительность простоя оборудования. При необходимости оперативно принимать решение в аварийных ситуациях на производстве, помощь и подсказка в режиме *AR* повышает скорость и уверенность действий персонала. 🧐