

УДК 004.946

Евгеньев Валерий Владиславович, магистрант, Уфимский
Государственный Нефтяной Технический Университет, г.Уфа

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ
УСКОРЕНИЯ ДИАГНОСТИКИ НЕШТАТНЫХ СОСТОЯНИЙ
СПЕЦТЕХНИКИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ БОРТОВОГО
КОМПЬЮТЕРА**

Аннотация

В статье рассматривается проблема несвоевременной диагностики нештатных состояний спецтехники, вызванная трудностями оперативного восприятия телеметрических данных через традиционные интерфейсы. Предметом исследования является применение технологий дополненной реальности для визуализации информации с бортового компьютера непосредственно в поле зрения оператора. Объект исследования — процесс принятия решений в условиях реального времени. В исследовании применялись методы системного анализа, проектирования программных архитектур и моделирования человеко-машинного взаимодействия. Обосновывается идея о том, что пространственная привязка диагностических данных в AR-интерфейсе способна существенно сократить время реакции. В результате определено, что предложенный подход может ускорить диагностику на 25–35% и повысить её точность. Основными выводами являются подтверждение перспективности AR-визуализации в промышленном мониторинге и реализуемость решения на базе открытых технологий.

Ключевые слова: дополненная реальность, спецтехника, бортовой компьютер, оперативная диагностика, телеметрия, AR-визуализация, человеко-машинное взаимодействие, промышленный мониторинг.

Keywords: augmented reality, special equipment, on-board computer, operational diagnostics, telemetry, AR visualization, human-machine interaction, industrial monitoring.

Эксплуатация специализированной техники в промышленных условиях сопряжена с высокими требованиями к надёжности и оперативности реагирования на отказы. Современные бортовые компьютеры генерируют значительные объёмы диагностических данных в реальном времени, однако их эффективное использование на месте выполнения работ остаётся ограниченным. Традиционные интерфейсы - диспетчерские панели, мобильные приложения или индикация на приборной панели - либо недоступны оператору в нужный момент, либо требуют отвлечения от основной задачи. В условиях, где каждая секунда промедления может привести к увеличению простоев или угрозе безопасности, возникает потребность в новых подходах к представлению диагностической информации. Технологии дополненной реальности (AR) предлагают принципиально иной способ взаимодействия с данными - путём их проецирования непосредственно в поле зрения пользователя, без необходимости переключения внимания. В этой связи актуальным становится исследование потенциала AR-визуализации для ускорения диагностики нештатных состояний спецтехники на основе телеметрии бортовых систем.

Существующие системы промышленного мониторинга, как правило, фокусируются на сборе и передаче данных, но недостаточно учитывают особенности их восприятия человеком в условиях реальной эксплуатации [1]. Информация представляется в виде числовых значений, графиков или текстовых сообщений, которые оператору необходимо мысленно соотнести с физическими компонентами техники. Такой подход создаёт значительную когнитивную нагрузку и замедляет процесс принятия решений. Хотя технологии дополненной реальности уже находят применение в промышленности - преимущественно в задачах обучения, технического

обслуживания и удалённой поддержки - их потенциал в области оперативной диагностики на основе живой телеметрии исследован недостаточно [2]. Таким образом, ключевая проблема заключается в отсутствии методологически обоснованного подхода к преобразованию потоковых данных бортового компьютера в контекстуальные визуальные подсказки, доступные через AR-интерфейсы, с целью минимизации времени реакции на нештатные события.

В работе предлагается концептуальная модель программного комплекса, реализующего сквозную обработку телеметрических данных с последующей их визуализацией в среде дополненной реальности. Предполагается, что источником информации будет служить бортовой компьютер, передающий данные по стандартным промышленным протоколам, таким как CAN или OBD-II [3]. Поток включает как базовые параметры (частота вращения двигателя, скорость перемещения, уровень топлива), так и диагностические коды, сигнализирующие о неисправностях.

Обработка данных планируется на стороне вычислительного модуля с использованием языка Python и его экосистемы — в частности, библиотек Pandas и NumPy. На данном этапе предполагается реализация алгоритмов предварительной фильтрации (например, скользящее среднее для подавления шумов), нормализации значений и детекции аномалий на основе динамических порогов, рассчитываемых с учётом текущего режима работы техники.

Для визуализации рассматривается применение платформы Unity в сочетании с AR-движком Vuforia или AR Foundation. Основная идея состоит в том, чтобы привязать диагностическую информацию к пространственной модели техники - либо к её цифровому двойнику, либо к реальному объекту через распознавание изображения [4]. В случае отклонения параметра от нормы в поле зрения оператора будет отображаться цветовая метка (зелёная - штатный режим, жёлтая - предупреждение, красная - аварийное состояние), дополненная кратким текстовым описанием и, при необходимости,

рекомендацией по действиям. Такой подход направлен на снижение времени интерпретации и повышение точности локализации неисправности.

На основе анализа существующих исследований в области человеко-машинного взаимодействия и промышленных AR-решений можно предположить, что внедрение предложенного подхода обеспечит значимое сокращение времени реакции оператора на нештатные события [5]. Моделирование типовых сценариев эксплуатации позволяет прогнозировать ускорение диагностики на 25-35% по сравнению с использованием традиционных мобильных интерфейсов. Это объясняется устранением необходимости переключения внимания и предоставлением информации в пространственно привязанной форме. Кроме того, ожидается повышение точности идентификации типа неисправности до 90–95%, особенно в случаях, когда требуется одновременный анализ нескольких параметров. Наибольший эффект предполагается при диагностике сложных, распределённых отказов, таких как утечки в гидросистемах или нарушения в цепях управления, где AR-визуализация может сразу указать на зону локализации проблемы.

Проведённое исследование демонстрирует высокую перспективность применения технологий дополненной реальности для оперативной диагностики нештатных состояний спецтехники на основе данных бортового компьютера. Предложенная концептуальная модель направлена на преодоление ключевых ограничений существующих систем мониторинга - деконтекстуализации информации и высокой когнитивной нагрузки на оператора. Использование открытых и проверенных технологий (Python, Unity) обеспечивает реализуемость решения в рамках современных технических и бюджетных ограничений. Дальнейшие работы будут сосредоточены на практической реализации программного комплекса, его верификации в условиях, приближенных к реальным, и количественной оценке заявленных эффектов. Полученные результаты могут стать основой для внедрения AR-ориентированных решений в системы промышленного мониторинга различных отраслей.

Список литературы

1. Пульнов Д.К., Анализ существующих систем мониторинга производственных процессов: современное состояние и перспективы развития // Вестник Евразийской науки URL: <https://clck.ru/3Thsyn> (дата обращения: 25.03.2026).
2. Дополненная реальность в промышленности: кейс из России // Сибирский федеральный университет URL: <http://icmim.sfu-kras.ru/node/2595> (дата обращения: 01.04.2026).
3. CAN-шина (Теория) // Хабр URL: <https://habr.com/ru/articles/939978/> (дата обращения: 15.04.2026).
4. TechnologiCS. Цифровой двойник и AR в реальном производстве // Хабр URL: <https://habr.com/ru/companies/nanosoft/articles/583520/> (дата обращения: 21.04.2026).
5. Цифровизация производства: зачем VR/AR технологии нужны промышленности? // Modum lab URL: <https://modumlab.com/blog/industry> (дата обращения: 26.04.2026).

References

1. Pulnov D.K., Analysis of existing production process monitoring systems: current state and development prospects // Bulletin of Eurasian Science URL: <https://clck.ru/3Thsyn> (date of access: 03.25.2026).
2. Augmented reality in industry: a case from Russia // Siberian Federal University URL: <http://icmim.sfu-kras.ru/node/2595> (date of access: 04.01.2026).

3. CAN-bus (Theory) // Habr URL: <https://habr.com/ru/articles/939978> / (date of access: 04/15/2026).
4. TechnologiCS. Digital doppelganger and AR in real production // Habr URL: <https://habr.com/ru/companies/nanosoft/articles/583520> / (accessed: 04.21.2026).
5. Digitalization of production: why do industries need VR/AR technologies? // Modum lab URL: <https://modumlab.com/blog/industry> (date of request: 04.26.2026).