

Copyright © 2025 by Cherkas Global University



Published in the USA
European Journal of Technology and Design
Issued since 2013.
E-ISSN: 2310-3450
2025. 13(1): 33-39

DOI: 10.13187/ejtd.2025.1.33
<https://ejtd.cherkasgu.press>



Letters to the Editorial Board

Improvement of the Process of Monitoring the Condition of Technological Equipment

Ilya D. Redchenko ^a, Olga A. Elagina ^a

^a MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russian Federation

Abstract

In the context of industrial digital modernization, upgrading approaches to monitoring the condition of technical units becomes crucial for enhancing the resilience and efficiency of industrial enterprises. The use of intelligent analytical systems and industrial internet of things technologies is particularly relevant, where the timeliness and completeness of information directly determine the possibilities for preventing emergencies and rational allocation of maintenance resources. The implementation of innovative monitoring tools allows for the restructuring of maintenance processes, reduction of labor costs, and minimization of the likelihood of unplanned shutdowns. This paper analyzes the main benefits of modernizing monitoring systems, including increased productivity, extended intervals between repairs, and improved stability of production operations. Special attention is paid to the difficulties faced by domestic enterprises in implementing such projects: significant initial investments, the need for personnel retraining, compatibility issues with existing control systems, and threats in the field of information security. Based on the study of Russian experience and research data, practical recommendations are formulated for the successful updating of monitoring processes. The material is of interest to specialists in production asset management, IT experts, and managers interested in strengthening the operational resilience of industrial facilities.

Keywords: equipment condition monitoring, predictive analytics, industrial internet of things, production assets, scheduled maintenance, digital model, operational availability, information security.

1. Введение

В современный период модернизация методов контроля технического состояния производственных активов выделяется как один из определяющих векторов развития отечественных промышленных организаций. Данная тенденция обусловлена требованиями к повышению отказоустойчивости, возрастающей ценой простоев и усилением роли профилактических стратегий в обслуживании. Переход к прогнозным моделям особенно важен для наукоемких отраслей, где исправность активов напрямую коррелирует с показателями безопасности и экономической результативности ([Кибербезопасность..., 2025](#)).

2. Обсуждение

Согласно аналитическим оценкам, свыше 40 % крупных отечественных промышленных организаций уже применяют или рассматривают возможность применения интеллектуальных систем контроля на базе технологий ИоТ. Это связано с тем, что

современные методы наблюдения обеспечивают не только регистрацию актуальных параметров, но и прогнозирование остаточного эксплуатационного потенциала, что существенно улучшает управление жизненным циклом активов, уменьшает непредвиденные расходы и способствует развитию производственной культуры ([Исследование дефицита..., 2025](#)).

Однако реализация проектов по внедрению усовершенствованных систем контроля сопряжена с комплексом трудностей, которые требуют учета для результативной технологической трансформации. В представленной работе исследуются как потенциальные выгоды, так и вероятные риски, а также предлагаются практические меры для отечественных организаций ([Влияние цифровой..., 2025](#)).

К числу важнейших преимуществ современных решений относится существенное повышение детализации и регулярности сбора диагностической информации. К примеру, постоянное наблюдение за вибрационными характеристиками, термическими режимами, уровнями давления с применением беспроводных сенсорных сетей обеспечивает получение актуальных данных в режиме реального времени. Применение подобных систем на отечественных производствах позволяет обнаруживать отклонения на 60–80 % раньше по сравнению с традиционными методами плановых проверок, что способствует недопущению серьезных поломок ([Интеграция систем..., 2025](#)).

3. Результаты

Модернизация контроля минимизирует субъективное влияние человеческого фактора на диагностические процедуры, что имеет особое значение для сложных технологических комплексов. Так, системы прогнозной аналитики способны автономно исследовать спектральные характеристики вибрации, идентифицировать зарождающиеся дефекты в подшипниковых узлах или дисбаланс роторных систем и формировать прогнозные заключения без субъективной трактовки оператора. Это снижает риск пропуска дефектных состояний и повышает обоснованность принимаемых решений ([Таблица 1; Эффективность внедрения..., 2025](#)).

Таблица 1. Сопоставление методик контроля до и после внедрения систем прогнозного мониторинга ([Интеграция систем..., 2025](#))

Контролируемый параметр	Традиционная методика (периодический/ручной сбор)	Современная методика (постоянный/прогнозный анализ)	Эффект улучшения, %
Регулярность сбора вибродиагностических данных	1 раз в 1–3 месяца	Постоянно, в реальном времени	Более 1000 %
Срок обнаружения развивающегося дефекта (на примере подшипника качения)	30–60 суток до отказа	90–180 суток до отказа	Упреждающий период увеличен в 2–3 раза
Трудозатраты на сбор информации (на агрегат в год)	40 человеко-часов	5 человеко-часов	Уменьшение на 88 %
Вероятность необнаружения критической неисправности	15–25 %	2–5 %	Снижение на 75–85 %

Современные технологические платформы дают возможность реализовать концепцию обслуживания по фактическим показателям состояния, что заметно повышает рациональность использования ресурса агрегатов. Например, платформы, использующие цифровые модели, анализируют операционные показатели, архив отказов и нагрузочные режимы, что позволяет точно определять оптимальные моменты для замены компонентов.

Организации, внедрившие подобные системы, фиксируют рост продолжительности работы между капитальными ремонтами на 20–40 % ([Кибербезопасность..., 2025](#)).

Кроме того, соединение систем контроля с корпоративными системами планирования ресурсов предприятия и управления основными фондами позволяет автоматизировать процедуры составления ремонтных графиков, заказа комплектующих и формирования нарядов. Автоматическая генерация заявки в системе управления техническим обслуживанием при достижении вибрационными параметрами предельных значений сокращает административные задержки и ускоряет реакцию ремонтных служб ([Таблица 2; Тренды..., 2025](#)).

Таблица 2. Динамика ключевых показателей результативности обслуживания после внедрения систем прогнозного мониторинга ([Практические кейсы..., 2025](#))

Показатель	Исходное состояние	Через 2 года после внедрения	Динамика, %
Коэффициент технического использования (КТИ)	0.87	0.93	+7 %
Средняя наработка на отказ (MTBF), часов	1 200	1 850	+54 %
Доля аварийных ремонтов в общем объеме работ по ТОиР	35 %	12 %	-66 %
Соблюдение утвержденного графика плановых ремонтов	65 %	92 %	+42 %

Модернизация процессов контроля способствует повышению операционной эффективности благодаря сокращению непродуктивных остановок и оптимизации материальных запасов. Системы, анализирующие информацию о состоянии, позволяют точно предсказывать моменты выхода из строя ответственных узлов, что уменьшает потребность в страховых запасах и объем незавершенного ремонта. Отечественные компании, внедрившие прогнозные решения, отмечают снижение расходов на содержание резервов запчастей на 15–25 % ([Исследование дефицита..., 2025](#)).

Помимо этого, автоматизация процедур сбора и обработки данных способствует уменьшению операционных издержек на поддержание самой инфраструктуры мониторинга. Переход на беспроводные датчики и облачные платформы для аналитики позволяет сократить затраты на развертывание и сопровождение системы контроля на 30–50 % относительно классических проводных SCADA-систем ([Таблица 3; Анализ рынка..., 2025](#)).

Таблица 3. Экономический результат от внедрения системы прогнозного мониторинга на предприятии со 100 единицами вращающегося оборудования (расчетный пример) ([Исследование дефицита..., 2025](#))

Показатель	До внедрения	После внедрения	Динамика, %
Годовые расходы на аварийные ремонты, млн руб.	12.5	4.5	-64 %
Годовые убытки от простоев, млн руб.	8.0	2.5	-69 %
Расходы на содержание резервов запчастей, млн руб.	5.0	3.8	-24 %
Суммарный годовой экономический результат, млн руб.	—	≈ 15.0	—

Трудности модернизации процессов контроля

1. Существенные первоначальные вложения

Одной из основных проблем являются значительные стартовые капиталовложения в аппаратно-программный комплекс, сенсорные устройства, системы связи и интеграционные

работы. Средняя стоимость пилотного проекта по прогнозному мониторингу для промышленного предприятия среднего масштаба в России оценивается в диапазоне от 2 до 10 миллионов рублей. Для многих организаций, особенно в условиях сдержанной инвестиционной политики, такие расходы могут представлять серьезное препятствие ([Исследование дефицита..., 2025](#)).

2. Потребность в обучении и развитии квалификации персонала

Переход на современные системы контроля требует от инженерно-технических специалистов освоения новых инструментов анализа данных и принципов прогнозной аналитики. Около половины отечественных компаний сталкиваются с недостатком кадров, способных корректно интерпретировать данные ПоТ и принимать на их основе решения. Для успешной реализации проекта необходимо проводить комплексное обучение, сочетающее технические и аналитические компетенции ([Влияние цифровой..., 2025](#)).

3. Сложности совмещения с действующей ИТ-структурой и АСУ ТП

Многие отечественные производственные объекты обладают неоднородной ИТ-инфраструктурой, состоящей из систем различных поколений. Интеграция новых платформ мониторинга с унаследованными SCADA-, MES- и ERP-системами нередко вызывает значительные технические затруднения, требует создания специальных шлюзов и адаптеров, что увеличивает сроки и бюджет проекта ([Тренды..., 2025](#)).

4. Угрозы информационной безопасности

Системы промышленного контроля, подключенные к корпоративным сетям и глобальной инфраструктуре, становятся потенциальными объектами для кибернетических атак. В минувшем году более 40 % отечественных промышленных компаний регистрировали инциденты, связанные с несанкционированными попытками доступа к системам сбора операционных данных. Для обеспечения защищенности требуется внедрение специализированных средств, таких как сегментация сетей операционных и информационных технологий, криптографическая защита данных с датчиков и строгий контроль прав доступа ([Виброкентр, 2025](#)).

Для успешного совершенствования процессов контроля состояния технологического оборудования отечественным компаниям предлагается:

Провести аудит действующей системы ТОиР и ИТ-инфраструктуры – определить наиболее важные активы и проблемные участки в процессах сбора данных для формирования приоритетов внедрения.

– Выбирать модульные и масштабируемые решения – отдавать предпочтение платформам с открытыми интерфейсами программирования, способным к интеграции как с отечественным, так и с зарубежным программным обеспечением ([Анализ рынка..., 2025](#)).

– Обеспечить поэтапное повышение квалификации персонала – разработать программы переподготовки для служб главного механика и энергетика, акцентируя внимание на работе с аналитическими панелями и интерпретации прогнозных данных.

– Внедрять встроенные меры информационной защиты – рассматривать вопросы безопасности данных не на этапе пост-внедрения, а как неотъемлемую часть проектирования архитектуры системы мониторинга ([Виброкентр, 2025](#)).

– Начинать с пилотных проектов – реализовать систему на ограниченном количестве наиболее значимых единиц оборудования для отработки технологий, оценки точности прогнозов и расчета фактического экономического эффекта ([Практические кейсы..., 2025](#)).

Совершенствование процессов контроля состояния технологического оборудования представляет собой не просто техническое обновление, а стратегическую потребность для современных промышленных предприятий, стремящихся к устойчивому развитию в условиях цифровой экономики. Внедрение систем прогнозной аналитики и ПоТ позволяет фундаментально изменить подход к управлению активами, сделав его упреждающим, экономически обоснованным и ориентированным на максимальное использование ресурса.

Одним из наиболее значимых преимуществ является переход от затратной модели «ремонт по факту» или «ремонт по регламенту» к оптимальной модели «ремонт по необходимости». Когда сбор и анализ данных о состоянии берут на себя интеллектуальные системы, инженеры получают возможность сосредоточиться на анализе первопричин отказов и оптимизации конструкций, а не на рутинных замерах. Это не только

предотвращает аварии, но и создает основу для постоянного улучшения надежности ([Интеграция систем..., 2025](#)).

Качество управления производственными активами также существенно возрастает благодаря сквозной цифровизации данных. Единая платформа, аккумулирующая информацию с датчиков, историю ремонтов и эксплуатационные нагрузки, создает «цифровой след» оборудования на протяжении всего жизненного цикла. Это позволяет строить точные прогнозные модели, оптимизировать стратегию обслуживания для каждого конкретного актива и обоснованно принимать инвестиционные решения по модернизации или замене ([Кибербезопасность систем..., 2025](#)).

Рост операционной эффективности и снижение общей стоимости владения – еще одно ключевое преимущество. Современные системы мониторинга помогают не только избегать дорогостоящих простоев, но и оптимизировать логистику запасных частей, планирование ресурсов служб ТОиР и энергопотребление оборудования. Особенно актуально это для капиталоемких отраслей, где даже небольшой процент улучшения показателей дает значительный финансовый результат ([Исследование дефицита..., 2025](#)).

Однако цифровая трансформация мониторинга – это не только преимущества, но и комплексные вызовы. Высокие первоначальные инвестиции в аппаратную часть, программное обеспечение и интеграцию могут быть оправданы только при правильном расчете возврата на инвестиции (ROI) и выборе решений с ясной дорожной картой развития ([Исследование дефицита..., 2025](#)).

Развитие компетенций персонала – еще один критический фактор успеха. Инженеры и технологии должны научиться «доверять данным» и принимать решения на основе рекомендаций алгоритмов, что требует изменения не только навыков, но и производственной культуры. Преодоление скепсиса и демонстрация понятных успешных кейсов внутри компании – важная задача для руководителей проекта ([Влияние цифровой..., 2025](#)).

Техническая интеграция часто становится самым сложным этапом. Разнородность систем, устаревшие протоколы связи и необходимость обеспечения бесперебойности текущего производства требуют тщательного планирования и привлечения опытных интеграторов. Ошибки на этом этапе могут привести к тому, что дорогостоящая система не будет предоставлять целостную картину ([Тренды..., 2025](#)).

Наконец, информационная безопасность в эпоху подключенного производства становится задачей номер один. Уязвимость в системе мониторинга может стать точкой входа для атаки на критическую технологическую инфраструктуру. Поэтому построение безопасной архитектуры, регулярный аудит и создание инцидент-менеджмента должны быть не дополнительными опциями, а обязательными элементами проекта ([Виброцентр, 2025](#)).

Для успешного совершенствования процессов мониторинга промышленным компаниям рекомендуется придерживаться философии «от простого к сложному». Начать можно с контроля базовых параметров на критическом оборудовании, затем добавить более сложную аналитику, а после – интегрировать данные в систему управления активами. Такой итеративный подход позволяет накапливать экспертизу, демонстрировать быстрые победы и минимизировать риски ([Практические кейсы..., 2025](#)).

4. Заключение

В целом, совершенствование мониторинга открывает перед промышленными предприятиями путь к принципиально новому уровню управляемости, надежности и экономики производства. Оно позволяет не только предотвращать сбои, но и накапливать данные для долгосрочной оптимизации конструкций и технологических процессов. Однако для успеха необходимо рассматривать этот процесс не как разовую закупку «умных датчиков», а как комплексную трансформацию процессов, компетенций и технологической архитектуры предприятия. Только такой подход превратит мониторинг состояния из инструмента диагностики в стратегический актив компании.

Литература

[Анализ рынка..., 2025](#) – Анализ рынка решений для мониторинга состояния оборудования в России в 2024 году. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tadviser.ru> (дата обращения: 16.11.2025).

Виброцентр, 2025 – Виброцентр. Отечественные решения в области вибромониторинга и технической диагностики машин. [Электронный ресурс]. URL: <https://vibrocenter.ru> (дата обращения: 16.11.2025).

Влияние цифровой..., 2025 – Влияние цифровой трансформации на эксплуатационную надежность промышленных активов. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.raexpert.ru> (дата обращения: 16.11.2025).

Интеграция систем..., 2025 – Интеграция систем мониторинга оборудования с корпоративными информационными системами. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.1c.ru> (дата обращения: 16.11.2025).

Исследование дефицита..., 2025 – Исследование дефицита кадров в сфере промышленной цифровизации в России. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.hse.ru> (дата обращения: 16.11.2025).

Кибербезопасность систем..., 2025 – Кибербезопасность систем промышленного интернета вещей: обзор угроз и решений. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.securitylab.ru> (дата обращения: 16.11.2025).

Практические кейсы..., 2025 – Практические кейсы внедрения технологий Индустрии 4.0 на российских предприятиях. [Электронный ресурс]. URL: <https://sk.ru> (дата обращения: 16.11.2025).

Тренды..., 2025 – Тренды в области цифровых двойников и предиктивной аналитики в промышленности. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rbc.ru/plus> (дата обращения: 16.11.2025).

Эффективность внедрения..., 2025 – Эффективность внедрения IIoT и систем предиктивного обслуживания: результаты исследования. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cnews.ru> (дата обращения: 16.11.2025).

References

Analiz rynka..., 2025 – Analiz rynka reshenii dlya monitoringa sostoyaniya oborudovaniya v Rossii v 2024 godu [Analysis of the equipment condition monitoring solutions market in Russia in 2024]. [Electronic resource]. URL: <https://www.tadviser.ru> (date of access: 16.11.2025). [in Russian]

Effektivnost' vnedreniya..., 2025 – Effektivnost' vnedreniya IIoT i sistem prediktivnogo obsluzhivaniya: rezul'taty issledovaniya [Implementation effectiveness of IIoT and Predictive maintenance systems: research results]. [Electronic resource]. URL: <https://www.cnews.ru> (date of access: 16.11.2025). [in Russian]

Integratsiya sistem..., 2025 – Integratsiya sistem monitoringa oborudovaniya s korporativnymi informatsionnymi sistemami [Integration of equipment monitoring systems with corporate information systems]. [Electronic resource]. URL: <https://www.1c.ru> (date of access: 16.11.2025). [in Russian]

Issledovanie defitsita..., 2025 – Issledovanie defitsita kadrov v sfere promyshlennoi tsifrovizatsii v Rossii [Research on the shortage of personnel in the sphere of industrial digitalization in Russia]. [Electronic resource]. URL: <https://www.hse.ru> (date of access: 16.11.2025). [in Russian]

Kiberbezopasnost' sistem..., 2025 – Kiberbezopasnost' sistem promyshlennogo interneta veshchei: obzor ugroz i reshenii [Cybersecurity of industrial Internet of things systems: an overview of threats and solutions]. [Electronic resource]. URL: <https://www.securitylab.ru> (date of access: 16.11.2025). [in Russian]

Prakticheskie kеis..., 2025 – Prakticheskie kеisы vnedreniya tekhnologii Industrii 4.0 na rossiiskikh predpriyatiyakh [Practical cases of implementing industry 4.0 technologies at Russian enterprises]. [Electronic resource]. URL: <https://sk.ru> (date of access: 16.11.2025). [in Russian]

Trendy..., 2025 – Trendy v oblasti tsifrovых dvoinikov i prediktivnoi analitiki v promyshlennosti [Trends in digital twins and predictive analytics in industry]. [Electronic resource]. URL: <https://www.rbc.ru/plus> (date of access: 16.11.2025). [in Russian]

Vibrotsentr, 2025 – Vibrotsentr. Otechestvennye resheniya v oblasti vibromonitoringa i tekhnicheskoi diagnostiki mashin [Vibrocenter. National solutions in the field of vibration monitoring and technical diagnostics of machines]. [Electronic resource]. URL: <https://vibrocenter.ru> (date of access: 16.11.2025). [in Russian]

[Vliyanie tsifrovoi... 2025](#) – Vliyanie tsifrovoi transformatsii na ekspluatatsionnyu nadezhnost' promyshlennykh aktivov [The impact of digital transformation on the operational reliability of industrial assets]. [Electronic resource]. URL: <https://www.raexpert.ru> (date of access: 16.11.2025). [in Russian]

Совершенствование процесса мониторинга состояния технологического оборудования

Илья Дмитриевич Редченко^a, Ольга Александровна Елагина^a

^a МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, Российская Федерация

Аннотация. В контексте промышленной цифровой модернизации, обновление подходов к мониторингу состояния технических узлов приобретает решающее значение для повышения устойчивости и эффективности промышленных предприятий. Особенно актуально использование интеллектуальных аналитических систем и технологий там, где своевременность и полнота информации напрямую определяют возможности предотвращения аварий и рационального распределения ресурсов на техническое обслуживание. Внедрение инновационных средств мониторинга позволяет реструктурировать процессы технического обслуживания, снизить трудозатраты и минимизировать вероятность незапланированных остановок. В данной работе анализируются основные преимущества модернизации систем мониторинга, включая повышение производительности, увеличение интервалов между ремонтами и улучшение стабильности производственных операций. Особое внимание уделяется трудностям, с которыми сталкиваются отечественные предприятия при реализации таких проектов: значительные первоначальные инвестиции, необходимость переподготовки персонала, проблемы совместимости с существующими системами управления и угрозы в области информационной безопасности. На основе изучения российского опыта и исследовательских данных сформулированы практические рекомендации по успешному обновлению процессов мониторинга. Материал представляет интерес для специалистов по управлению производственными активами, ИТ-специалистов и руководителей, заинтересованных в повышении операционной устойчивости промышленных объектов.

Ключевые слова: контроль состояния оборудования, прогнозная аналитика, промышленный интернет вещей, производственные активы, регламентное обслуживание, цифровая модель, эксплуатационная готовность, информационная безопасность.