

Рубрика 3. ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

<https://doi.org/10.17816/transsyst689333>

Труды I Международной научно-практической конференции
«Экономика высоких скоростей: технологии будущего»

© А.Е. Федоров^{1,2}

¹ Отраслевой центр разработки и внедрения информационных систем
(Москва, Россия)

² Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I
(Санкт-Петербург, Россия)

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МОНИТОРИНГА И ПРЕДИКТИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ, КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Цель. Оценка влияния цифровых технологий мониторинга и предиктивной диагностики на российские стандарты, отраслевые нормативные документы по вопросам управления жизненным циклом активов, на практики внедрения цифровых проектов в области технологий мониторинга и предиктивной диагностики на железнодорожном транспорте.

Результаты. Систематизированы методические подходы к управлению жизненным циклом подвижного состава и дана оценка состояния нормативной базы железнодорожной отрасли в этой области, а также особенности использования предиктивного подхода в управлении жизненным циклом подвижного состава. Уточнен механизм воздействия цифровых технологий мониторинга и предиктивной аналитики на управление жизненным циклом, выделены ключевые драйверы возникающих эффектов. Раскрыты преимущества формирования доверенной среды информационного взаимодействия для различных стейкхолдеров – участников жизненного цикла грузовых вагонов.

Заключение. Результаты исследования позволят оценить влияние технологий мониторинга и предиктивной аналитики на управление жизненным циклом железнодорожного подвижного состава, полученные выводы будут полезны при планировании и выполнении проектов цифровизации в этой области, а также при проведении научных исследований и разработке отраслевой нормативной документации.

Ключевые слова: управление жизненным циклом активов; техническое обслуживание и ремонт; PLM; предиктивное обслуживание; цифровизация.

Как цитировать:

Федоров А.Е. Цифровые технологии мониторинга и предиктивной диагностики, как инструмент управления жизненным циклом подвижного состава // Инновационные транспортные системы и технологии. 2025. Т. 11, № 3. С. 509–521. doi: 10.17816/transsyst689333

Section 3. TRANSPORT ECONOMICS

© A.E. Fedorov^{1,2}

¹ Industry Center for Development and Information Systems
(Moscow, Russia)

² Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University
(St. Petersburg, Russia)

DIGITAL MONITORING AND PREDICTIVE TEST TECHNOLOGIES AS A ROLLING STOCK LIFE CYCLE MANAGEMENT TOOL

AIM: The work aimed to assess the effect of digital monitoring and predictive test technologies on Russian standards, industry regulations on asset life cycle management, and the implementation of digital monitoring and predictive test projects in the railway transport sector.

RESULTS: The study arranges the rolling stock life cycle management methods and assesses the state of the railway industry regulatory framework in this area and special aspects of using a predictive approach to manage the life cycle of rolling stock. The study updates the understanding of how digital monitoring and predictive analytics technologies influence life cycle management and identifies key drivers of the resulting effects. In addition, it reveals the benefits of a trusted communication environment for various stakeholders involved in the life cycle of freight cars.

CONCLUSION: The study will allow for assessing the impact of monitoring and predictive analytics technologies on the life cycle management of railway rolling stock; the findings will be useful for planning and implementing digital transformation projects in this area, research, and development of the industry regulations.

Keywords: asset life cycle management; maintenance and repair; product lifecycle management; predictive maintenance; digital transformation.

To cite this article:

Fedorov AE. Digital monitoring and predictive test technologies as a rolling stock life cycle management tool. *Modern Transportation Systems and Technologies*. 2025;11(3):509–521. doi: 10.17816/transsyst689333

ВВЕДЕНИЕ

Развитие высокоскоростных железных дорог – ключевой фактор модернизации транспортной системы Российской Федерации, повышающий мобильность населения и экономическую связанность регионов. Однако эксплуатация подвижного состава на скоростях свыше 250 км/ч требует принципиально новых подходов к обеспечению безопасности и надежности. Цифровые технологии мониторинга и предиктивной диагностики помогают решать эту важную задачу.

В условиях санкционного давления и курса на технологический суверенитет разработка отечественных решений в этой области приобретает стратегическое значение. Таким образом, исследование влияния указанных цифровых технологий на управление жизненным циклом подвижного состава железнодорожного транспорта не только отвечает запросам отрасли, но и вносит вклад в формирование конкурентоспособной и эффективной цифровой экономики России.

Экономические аспекты управления активами и их жизненным циклом, внедрения цифровых технологий и цифровых платформ исследовались в ряде работ. Например, Н.А. Журавлевой проведен анализ направлений повышения эффективности транспортных систем и создания новых бизнес-моделей на основе внедрения передовых цифровых технологий [1]. В работах Е.М. Волковой выделяются положительные эффекты использования цифровых технологий в городских транспортных системах [2]. Анализу экономической природы цифровых платформ посвящены исследования В.П. Третьяка и М.А. Лякиной [3]. Цифровые решения в секторе производства железнодорожного подвижного состава и технологии интернета вещей (IoT – Internet of Things) в транспортном комплексе изучались И.М. Гулым [4, 5]. Вопросы разработки интеллектуальных систем поддержки принятия решений и предиктивной диагностики подвижного состава на ходу поезда рассматривались А.С. Ададуновым и А.С. Семеновым [6]. С. Панов и А. Николов анализировали системы и методы предиктивного технического обслуживания промышленного оборудования [7].

Вместе с тем вопросы влияния цифровых технологий мониторинга и предиктивной диагностики на жизненный цикл активов железнодорожного транспорта, с учетом опыта практического внедрения этих технологий требуют более детального анализа. Цель данной статьи – оценить влияние цифровых технологий мониторинга и предиктивной диагностики на управление жизненным циклом грузовых вагонов.

ТРАНСФОРМАЦИЯ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К УПРАВЛЕНИЮ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ АКТИВОВ

Для целей исследования важно проанализировать эволюцию методических подходов к управлению жизненным циклом активов. Жизненный цикл изделия – это совокупность явлений и процессов, повторяющаяся с периодичностью, определяемой временем существования изделия от его проектирования и производства до утилизации [8]. Классический подход к управлению жизненным циклом предполагает поддержку концепции PLM (Product lifecycle management).

Концепция PLM стала эффективным подходом к управлению жизненным циклом в случае, если все его этапы от начала до утилизации находились внутри одной компании. В реальной практике зачастую роли участников разделены между разными юридическими лицами (изготовитель / владелец / эксплуатирующая компания), поэтому возникали сложности с комплексным управлением жизненным циклом актива. Каждый из участников обладает лишь определенной информацией об объекте. Как результат, возникают ошибки при передаче документации, несоответствие запчастей при ремонте, неполная информация об отказах и прогнозе износа, задержки в принятии решений, что приводит к удорожанию стоимости всего жизненного цикла актива.

С развитием информационных технологий произошла трансформация подхода с акцентом на возможность управления жизненным циклом в интегрированной информационной среде. Эта идея стала базовой при выработке концепции CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support) – непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла. CALS объединила принципы и технологические возможности информационной поддержки жизненного цикла актива для всех участников процесса: производителей, заказчиков, эксплуатационных и ремонтных компаний, государственных органов.

Современные передовые практики основаны на концепции проактивного управления жизненным циклом изделий Proactive PLM (Proactive Product lifecycle management). Эта концепция предполагает непрерывное электронное описание, преобразование и использование информации всеми специалистами, сопровождающими изделие на протяжении всего жизненного цикла. Цель проактивного управления – заранее предотвращать предпосылки возникновения нештатных ситуаций, минимизировать будущие проблемы, улучшать следующие поколения продукции.

Важно отметить, что Proactive PLM – стратегический инструмент, который влияет на проектирование и производство объекта. А Predictive Maintenance (предиктивное обслуживание) – тактический инструмент, который помогает избежать поломок во время эксплуатации и оптимизировать затраты.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЕДИКТИВНОГО ПОДХОДА В УПРАВЛЕНИИ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Российским стандартом в рассматриваемой области является ГОСТ 31539-2012 «Цикл жизненный железнодорожного подвижного состава. Термины и определения». Управление жизненным циклом здесь включает классические этапы: Проектирование → Строительство → Эксплуатация → Ремонт → Утилизация. Для управления жизненным циклом грузовых вагонов определяющим документом является ГОСТ Р 71141-2023 «Вагоны грузовые. Установление назначенных межремонтных нормативов. Общие положения», который устанавливает регламенты для определения сроков проведения деповского и капитального ремонтов, а также критерии списания вагонов (износ, аварийные

повреждения). Его дополняют РД 32 ЦВ 168-2017 «Руководство по капитальному ремонту грузовых вагонов», РД 32 ЦВ 169-2017 «Грузовые вагоны железных дорог колеи 1520 мм. Руководство по деповскому ремонту». Система технического обслуживания и ремонта здесь основана на планово-предупредительном ремонте (ППР) с регламентными работами по фиксированному графику. При этом не учитывается реальный износ, а, значит, возможен перерасход ресурсов, избыточные затраты, дополнительные простои, недостоверность данных. Кроме того, в отраслевых стандартах слабо регламентированы цифровизация и использование общих данных о полной истории жизненного цикла объекта. Все это является существенным ограничением для достижения эффективности при применении рассматриваемой системы технического обслуживания и ремонта.

Следует отметить, что в ОАО «РЖД» для управления надёжностью, безопасностью, рисками, затратами с учётом аспектов долговечности и человеческого фактора разработана отечественная методология **«Управление ресурсами, рисками на всех этапах жизненного цикла объектов и техники на основе анализа надёжности» – УРРАН** [12]. Она ориентирована на оценку и обеспечение надёжности и безопасности перевозочного процесса. В основе лежит RAMS-подход, необходимый для оценки вероятности отказов, времени восстановления и безопасности. В рамках данной методологии управление инвестициями осуществляется с учётом стоимости жизненного цикла объектов железнодорожного транспорта, их долговечности, возможности технического обслуживания по фактическому состоянию, а также оценки имеющихся рисков.

В последние годы в ОАО «РЖД» используются и элементы походов Proactive PLM и Predictive Maintenance. Однако комплексной методики, фиксирующей эти принципы во всей их полноте и взаимосвязи с цифровыми технологиями, нет.

Для эффективного применения принципов Proactive PLM и Predictive Maintenance необходимо:

- 1) Обеспечение требуемого массива данных для мониторинга и диагностики состояния объектов в оперативном режиме.
- 2) Разработка алгоритмов контроля данных, модели прогнозной аналитики по состоянию объектов.
- 3) Формирование общей интегрированной информационной среды для всех участников жизненного цикла.

Сделать это можно, сочетая ряд «сквозных» цифровых технологий, приведенных в Табл. 1.

В «Стратегии цифровой трансформации ОАО «РЖД» до 2025 года определены направления внедрения цифровых технологий в рамках цифровых платформ [13]. В качестве основного подхода рассматривается внедрение нескольких сквозных цифровых технологий в составе комплексного решения, закрывающего бизнес-задачу.

В частности, цифровизация процессов мониторинга и предиктивной диагностики объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта и подвижного состава выполняется в рамках **платформы «Оператор линейной**

Таблица 1. Цифровые технологии для мониторинга и предиктивной диагностики**Table 1.** Digital monitoring and predictive test technologies

№	Цифровая технология	Назначение
1	Интернет вещей (IoT)	обеспечивает непрерывный или периодический сбор данных о состоянии объектов с помощью датчиков и IoT-устройств
2	Высокоскоростная передача данных (сети 5G)	передача данных без задержек для мониторинга в реальном времени
3	Цифровые двойники (Digital Twins)	виртуальные копии реальных объектов, которые позволяют моделировать различные сценарии работы.
4	Аналитика больших данных (Big Data)	обработка больших массивов информации для выявления закономерностей и отклонений.
5	Машинное обучение (ML) и искусственный интеллект (AI)	анализ данных с целью предсказания будущих неисправностей.
6	Облачные вычисления и платформы (Cloud Computing)	технологии для хранения и обработки данных с возможностью удаленного доступа.
7	Распределенные реестры (Blockchain)	обеспечение защищенного обмена данными об истории жизненного цикла
8	Роботизация и автоматизация (Robotics)	промышленные роботы и автономные ремонтные системы, программные роботы для автоматизации процессов диагностики и ремонта
9	Виртуальная и дополненная реальность (AR/VR)	поддержка диагностики оборудования и удаленной экспертизы

инфраструктуры» [14]. Примером практической реализации здесь является ряд цифровых проектов, направленных на разработку BIM-системы управления жизненным циклом объектов инфраструктуры, цифровое моделирование, предиктивную аналитику и прогнозирование технического состояния путей, управление жизненным циклом путевых машин и механизмов, предиктивный анализ и диагностику технического состояния грузовых вагонов по ходу поезда.

Рассмотрим более подробно последнее направление и попытаемся оценить влияние цифровых технологий мониторинга и предиктивной диагностики на управление жизненным циклом грузовых вагонов

АНАЛИЗ ПРАКТИКИ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ МОНИТОРИНГА И ПРЕДИКТИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

Развитие системы диагностики, основанной на автоматизированном мониторинге и прогнозировании неисправностей, позволяющей максимально исключить влияние человеческого фактора, является приоритетной задачей, в том числе для ЦДИ РЖД [15].

Цифровое решение основано на обработке информации, считываемой на постах автоматизированного приема и диагностики подвижного состава (ППСС). Датчики фиксируют отклонение параметров узла вагона, например рост температуры баксы выше критического уровня. На основании этих данных алгоритм искусственного интеллекта определяет риск отказа узла (заклинивания подшипника через N км пробега) и помогает диспетчеру оперативно принять решение о направлении вагона на внеплановый отцепочный ремонт до отказа. Схема работы цифрового решения приведена на Рис. 1.

Информация об отказах накапливается в общей интегрированной информационной среде (распределенной базе данных на blockchain) и может быть доступна не только эксплуатирующей организации, но и другим участникам жизненного цикла: производителю детали для усовершенствования конструкции и анализа ситуации по конкретному объекту, владельцу вагона – для планирования затрат на ремонты.

В Табл. 2 представлены направления воздействия цифровых технологий, возникающие на каждом из этапов жизненного цикла вагонов, и сделана попытка определить степень их значимости.

Как видно из данных, представленных в таблице, цифровые технологии меняют технологические процессы (сбор данных, планирование, выполнение работ, закупки), трансформируют подход к ТОиР от реактивного к проактивному управлению активами, оказывая влияние на все этапы жизненного цикла.

Систематизируя влияние технологий мониторинга и предиктивной диагностики на жизненный цикл вагона, можно отметить, что самое значимое воздействие направлено на этап эксплуатации. Основные драйверы возникающих при этом эффектов следующие:

Изменение технологии работы за счет внедрения автоматизированных систем диагностики (например, ППСС на сортировочных станциях вместо осмотрщиков вагонов). Повышение эффективности планирования, контроля, выполнения и анализа операций технического и коммерческого осмотра грузовых

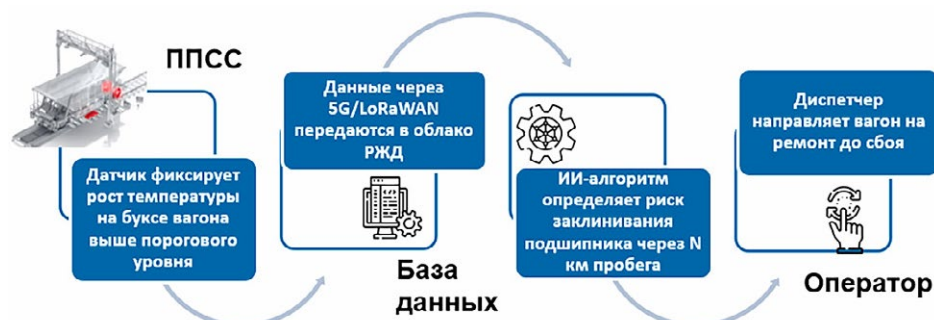


Рис. 1. Схема работы цифровой технологии мониторинга и предиктивной диагностики узлов грузовых вагонов

Fig. 1. Flow chart of digital monitoring and predictive testing of freight car units

Таблица 2. Влияние цифровых технологий мониторинга и предиктивной диагностики на жизненный цикл грузовых вагонов**Table 2.** Impact of digital monitoring and predictive test technologies on the life cycle of freight cars

Этап жизненного цикла	Влияние	Значимость
Проектирование	Использование данных с датчиков эксплуатируемых вагонов для улучшения новых моделей. Прогнозирование уязвимых узлов для совершенствования конструкции на основе исторических данных отказов.	++
Приобретение/ Производство	Контроль качества сборочной линии с цифровой моделью спроектированного объекта. Прогнозный анализ надежности комплектующих.	+
Эксплуатация и Обслуживание	Непрерывный мониторинг состояния узлов (подшипники, колесные пары, тормоза). Прогнозирование остаточного ресурса деталей. Оптимизация графиков ТО и ремонтов. Переход от планово-предупредительного к ремонту по фактическому состоянию. Автоматическое формирование заявок на ремонт. Оптимизация запасов запчастей.	++++
Модернизация	Обоснование экономической эффективности модернизации. Выбор оптимальных решений для апгрейда.	+
Утилизация	Точное определение остаточного ресурса вагона Оптимизация сроков списания. Контроль экологических показателей.	+

вагонов (за счет автоматического мониторинга, текущего или прогнозного технического состояния грузовых вагонов, плановых и неплановых ремонтов). Прогнозирование момента наступления функционального отказа узла вагона и выявление отказов на ранней стадии.

Как результат, сокращаются затраты на технический и коммерческий осмотр грузового вагона на станции за счет снижения численности осмотрщиков вагонов и приемщиков поездов; затраты на отцепки вагонов и простой грузового поезда после его формирования, на маневровую работу при уменьшении количества отцепок.

Вместе с этим цифровые технологии предиктивной диагностики, влияют на всю модель **управления жизненным циклом вагонов**. В процессе эксплуатации накапливается большой объем информации о состоянии вагона и его узлов. При этом на каждом этапе участники дополняет общую картину своей информацией. Разрозненные между участниками жизненного цикла грузового вагона данные объединяются на общей цифровой платформе для всех заинтересованных сторон. Организованная таким образом **доверенная**

среда позволяет построить систему информационного взаимодействия между участниками, сокращая их транзакционные издержки за счет прозрачности, скорости доступа к данным, достоверности и автоматизации процессов.

В Табл. 3 выделены основные факторы, обеспечивающие преимущества построения такой доверенной среды.

Таблица 3. *Преимущества доверенной среды информационного взаимодействия*

Table 3. *Benefits of a trusted communication environment*

№	Фактор	Характеристика
1	Контроль жизненного цикла объектов	Технология позволяет обеспечить сквозной процесс контроля жизненного цикла вагонов и их деталей. При этом создаются условия для контроля легальности объектов, проверка гарантий качества, прозрачности истории на основе цифрового паспорта объекта.
2	Анализ на достоверных исторических данных	В процессе внедрения с накоплением объёма информации нарастают возможности анализа характеристик объектов и данных о состоянии и эксплуатации. Информация поступает из единого достоверного источника всем заинтересованным сторонам.
3	Сквозной расчет стоимости жизненного цикла	Появляется возможность выполнить сквозной автоматизированный расчет стоимости жизненного цикла объекта с динамическим обновлением данных, быстрым пересчетом при изменении условий эксплуатации и доступом к этой информации для всех участников.
4	Сокращение транзакционных затрат	Формируется платформа отраслевого взаимодействия, которая обеспечивает ускорение процессов обмена информацией и оптимизации транзакционных затрат в целом.
5	Преимущества платформенного подхода	Предоставляется возможность работы заинтересованных участников на торговой площадке с механизмами купли/продажи объектов с прозрачной, подтвержденной электронным цифровым паспортом историей. С ростом количества участников сетевые эффекты повышают ценность платформы.

При данном подходе каждый участник жизненного цикла имеет возможность сфокусироваться на важных для него преимуществах в соответствии со своими бизнес-интересами. Карта интересов стейкхолдеров приведена на Рис. 2.

Важно отметить, что цифровая технология здесь не просто меняет процессы обработки информации, изменяется сама система отношений хозяйствующих субъектов в единой цифровой платформе. Построение такой доверенной среды обеспечивает выгоду и снижение затрат для всех заинтересованных сторон.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье проведен анализ трансформации методических подходов к управлению жизненным циклом активов. Отмечен переход от классического PLM с фокусом на процессы в рамках одной компании к интегрированному подходу

на основе Proactive PLM с изменением принципов технического обслуживания и ремонта (ТОиР) от реактивного и профилактического к предиктивному обслуживанию по состоянию объектов. Это существенно снижает затраты на этапе эксплуатации изделия.



Рис. 2. Карта интересов стейкхолдеров – участников жизненного цикла

Fig 2. Map of stakeholder (life cycle participants) interests

Выявлена необходимость создания общей информационной среды для расчета и управления полной стоимостью жизненного цикла актива, а также доступа к данным для всех участников процесса управления жизненным циклом.

Проведена оценка текущего состояния отраслевой нормативной базы и преимуществ использования предиктивного подхода в управлении жизненным циклом активов железнодорожного транспорта. Выявлено, что отраслевые методики построены на походе к ТОиР на основе ППР и сфокусированы прежде всего на процессах управления рисками и безопасностью при эксплуатации объектов. Отмечено, что мировой опыт и подходы Proactive PLM внедряются недостаточно масштабно. В качестве сдерживающих факторов выделены технические ограничения, отсутствие полной интегрированной информационной среды для улучшения возможностей обмена и доступа к данным, недостаточный существующий уровень цифровой зрелости, а также состояние развития нормативной базы, в основном выстроенной на принципах классических PLM-подходов. Отмечено, что в последние годы подходы Proactive PLM и Predictive Maintenance все больше становятся основой целевой модели управления активами на железнодорожном транспорте. Это подтверждается внедрением целого ряда цифровых проектов.

В рамках анализа внедрения этих проектов проведен отбор технологий для мониторинга и предиктивной диагностики из числа «сквозных» цифровых технологий. Определены эффекты по этапам жизненного цикла грузовых вагонов.

Проведен анализ влияния на участников жизненного цикла грузовых вагонов формирования доверенной среды информационного взаимодействия. Разработана карта интересов стейк-холдеров – участников жизненного цикла, подтверждающая, что построение такой доверенной среды обеспечивает выгоду и снижение затрат для всех заинтересованных сторон.

Автор заявляет, что настоящая статья не содержит каких-либо исследований с участием людей в качестве объектов исследований.

The author declare that this article does not contain any studies involving human subjects.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Журавлева Н.А. Проблемы внедрения цифровых технологий на транспорте // Транспорт Российской Федерации. 2019. № 3(82). С. 19–22. EDN: JKHHBW
2. Волкова Е.М. Проблемы оценки экономических эффектов от использования цифровых технологий в городских транспортных системах // Бюллетень результатов научных исследований. 2019. № 1. С. 59–68. doi: 10.20295/2223-9987-2019-1-59-68 EDN: ZAJPBZ
3. Третьяк В.П., Лякина М.А. Цифровая платформа – продукт квазиинтегрированных систем // Азиатско-тихоокеанский регион: экономика, политика, право. 2020. № 1. С. 61–73. doi: 10.24866/1813-3274/2020-1/61-73 EDN: UVTRVM
4. Гулый И.М. Цифровые решения в секторе производства железнодорожного подвижного состава // Транспортное дело России. 2020. № 5. С. 38–41. EDN: TJHDYY
5. Гулый И.М. Технологии интернета вещей (IoT) в транспортном комплексе и их экономические последствия // Экономические науки. 2020. № 193. С. 216–219. doi: 10.14451/1.193.216 EDN: YDQMNM
6. Ададуров А.С. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений и предиктивной диагностики стационарными средствами диагностики подвижного состава на ходу поезда. В кн.: II Международная конференция «Наука 1520 ВНИИЖТ: Загляни за горизонт»: Сборник материалов конференции, Москва, 24–25 августа 2023 года. М.: ВНИИЖТ, 2023. С. 13–17. EDN: ZHARYR
7. Panov S. Review of standards and systems for predictive maintenance // Science, Engineering and Education. 2021. Vol. 6, No. 1. P. 65–73. doi 10.59957/see.v6.i1.2020.1 EDN: QSDQWQ
8. ГОСТ Р 56136-2014. «Управление жизненным циклом продукции военного назначения. Термины и определения». М.: Стандартинформ, 2014. Дата обращения: 20.04.2025. Режим доступа: <http://gost.gtsever.ru/Data/587/58768.pdf>
9. CALS Continuous Acquisition and Lifecycle Support. Дата обращения: 20.04.2025. Режим доступа: <https://www.tadviser.ru/a/53201>

10. ISO 55000:2014 Asset management - Overview, principles and terminology. Дата обращения: 20.04.2025. Режим доступа: <http://gost.gtserver.ru/Data/588/58869.pdf>
11. ГОСТ 31539-2012 Цикл жизненный железнодорожного подвижного состава. Термины и определения. Дата обращения: 20.04.2025. Режим доступа: <https://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=181157>
12. Замышляев А.М., Шубинский И.Б., Бубликова М.А. УПРАН – система управления техническими активами на железнодорожном транспорте. В кн.: Труды АО "НИИАС": Сборник статей. Т. 1. Вып. 11. М.: Т8 Издательские Технологии, 2021. С. 67–82. EDN: NPFUUE
13. Стратегия цифровой трансформации ОАО «РЖД» до 2025 года (СИТ-2025). Утверждена советом директоров ОАО «РЖД» (протокол от 6 апреля 2023 г. N 10). Дата обращения: 20.04.2025. Режим доступа: <https://www.tadviser.ru/a/307861>
14. Платформа операторов линейной инфраструктуры. Дата обращения: 20.04.2025. Режим доступа: <https://rzddigital.ru/platforms/platforma-operatorov-lineynoy-infrastruktury/>
15. Сапетов М.В. Вагонный комплекс: текущие вопросы, перспективы на будущее // Евразия Вести. 2022. № XII. Дата обращения: 20.04.2025. Режим доступа: <http://eav.ru/publ1.php?publ1d=2022-12a07/>

REFERENCES

1. Zhuravleva NA. Problems of introduction of digital technologies in transport. *Transport Rossijskoj Federacii*. 2019;3(82):19–22. (In Russ). EDN: JKHHBW
2. Volkova EM, Lyakina MA, Strimovskaya AV. Problems of economic effects assessment from digital technologies applying in urban transport systems. *Bulletin of scientific research results*. 2019;(1):59–68. (In Russ). doi: 10.20295/2223-9987-2019-1-59-68 EDN: ZAJPBZ
3. Tretyak VP, Lyakina MA. Digital platform – quasi-integrated systems product. *PACIFIC RIM: Economics, Politics, Law*. 2020;(1):61–73. (In Russ). doi: 10.24866/1813-3274/2020-1/61-73 EDN: UVTRVM
4. Gulyi IM. Digital solutions in the railway rolling stock production sector. *Transport business of Russi*. 2020;(5):38–41. (In Russ). EDN: TJHDYY
5. Gulyi I.M., Internet of things (iot) technologies in the transport sector and their economic consequences. *Scientific Journal Economic Sciences*. 2020;(193):216–219. (In Russ). doi 10.14451/1.193.216 EDN: YDQMHH
6. Adadurov AS, Semenova AS. Intellectual systems of decision-making support and predictive diagnostics by stationary means of rolling stock diagnostics on the train running course. *II International Conference "Science 1520 VNIIZHT": Look beyond the horizon": Collection of conference materials*. 2023;13–17. (In Russ). EDN: ZHARYR
7. Panov S, Nikolov A, Panova S. Review of standards and systems for predictive maintenance. *Science, Engineering and Education*. 2021;6(1):65–73. (In Russ). doi: 10.59957/see.v6.i1.2020.1 EDN: QSDQWQ

8. GOST R 56136-2014. Life cycle management of military products. Terms and definitions. Available from: <http://gost.gtsever.ru/Data/587/58768.pdf/> Accessed: Apr 20, 2025. (In Russ).
9. CALS Continuous Acquisition and Lifecycle Support. Available from: <https://www.tadviser.ru/a/53201/> Accessed: Apr 20, 2025. (In Russ).
10. ISO 55000:2014 Asset management – Overview, principles and terminology. [Internet]. Available from: <http://gost.gtsever.ru/Data/588/58869.pdf> / Accessed: Apr 20, 2025. (In Russ).
11. GOST 31539-2012 Life cycle of railway rolling stock. Terms and definitions. Available from: <https://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=181157/> Accessed: Apr 20, 2025. (In Russ.)
12. Zamyshlyayev AM, Shubinskiy IB, Bublikova MA. URRAN – a system for managing technical assets in railway transport. *Proceedings of JSC NIIS: Collection of articles*. 2021;1(11):67-82. (In Russ.) EDN: NPFUUE
13. The strategy of digital transformation of Russian Railways until 2025 (CDT-2025). Accessed: Apr 20, 2025. (In Russ.) Available from: <https://www.tadviser.ru/a/307861/>
14. Platform of linear infrastructure operators. [Internet]. Accessed: 2025 April 20. (In Russ.) Available from: <https://rzdigital.ru/platforms/platforma-operatorov-lineynoy-infrastruktury/>
15. Sapetov MV. Wagon complex: current issues, prospects for the future. *Eurasia News*. 2022; XII. (In Russ). Accessed: Apr 20, 2025. Available from: <http://eav.ru/publ1.php?publid=2022-12a07/>

Сведения об авторе:

Федоров Александр Евгеньевич, аспирант ПГУПС,
руководитель департамента ООО «ОЦРВ»;
ORCID: 0009-0004-6319-5172;
E-mail: alexfedor@yandex.ru

Information about the author:

Alexander E. Fedorov, postgraduate student, head of department “OCRV”;
ORCID: 0009-0004-6319-5172;
E-mail: alexfedor@yandex.ru