

УДК 656.135

МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТАРИЙ ПРЕДИКТИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

© 2025 Д.В. Антипов, Е.К. Савич, А.А. Арзамасцев, А.Н. Сидорова

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева,
г. Самара, Россия

Статья поступила в редакцию 20..06.2025

В условиях роста требований к надёжности, экономичности и непрерывности логистических процессов особую актуальность приобретает внедрение предиктивных подходов к техническому обслуживанию грузового автомобильного транспорта. В данной статье представлены обоснование необходимости перехода от традиционных регламентных схем обслуживания к интеллектуальным, основанным на методах предиктивной диагностики, а также анализ современного инструментария, обеспечивающего реализацию таких подходов. Рассматриваются ключевые методы предиктивной диагностики и проанализирован существующий инструментарий. Результаты проведённого анализа показывают, что применение предиктивной диагностики не только повышает эффективность процессов обслуживания, но и создаёт предпосылки для перехода к проактивной модели управления жизненным циклом транспортных средств. Сделан вывод о том, что внедрение интеллектуальных диагностических решений является стратегическим направлением цифровой трансформации логистических компаний и транспортных предприятий, ориентированных на повышение конкурентоспособности и устойчивости бизнеса.

Ключевые слова: предиктивная диагностика, техническое обслуживание, грузовой автотранспорт, диагностика состояния, методы предиктивной диагностики, инструментарий предиктивной диагностики.

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-5-159-165

EDN: OSGRST

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях грузового автомобильного транспорта, ключевого для экономики и логистики, эффективное техническое обслуживание и диагностика автомобилей становятся особенно актуальными для повышения сроков службы, уменьшения затрат и ускорения процессов.

Современная автомобильная индустрия переживает бурный период развития, подстерегаемый стремительным научно-техническим прогрессом, постоянно растущими ожиданиями потребителей в отношении комфорта и безопасности перевозок, а также обостряющейся конкуренцией среди транспортных компаний. Так первостепенное значение приобретает задача повышения безопасности дорожного движения и одновременного снижения эксплуатационных расходов. Для достижения этой цели необходимо оперативно выявлять любые неисправности транспортных средств, предотвращая тем самым аварийные ситуации, которые могут быть вызваны отказом ключевых узлов и агрегатов[1].

Особую значимость в этой сфере приобретает техническое обслуживание грузовых автомобилей, являющееся основой эффективной работы любой автотранспортной компании. Своевременное обнаружение дефектов позволяет избежать дорогостоящего ремонта и минимизировать простой техники.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПОДХОДОВ К ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

На сегодняшний день существует широкий спектр подходов к организации технического обслуживания, отличающихся по методам, частоте проведения и степени автоматизации процессов [2]. Основные современные подходы к техническому обслуживанию грузового автомобильного транспорта представлены на рис. 1.

Антипов Дмитрий Вячеславович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой производства летательных аппаратов и управления качеством в машиностроении. E-mail: antipov.dv@ssau.ru

Савич Екатерина Константиновна, кандидат технических наук, доцент кафедры производства летательных аппаратов и управления качеством в машиностроении. E-mail: savich.ek@ssau.ru

Арзамасцев Александр Алексеевич, аспирант. E-mail: tria16@mail.ru

Сидорова Анна Николаевна, студент. E-mail: theatanna.n@gmail.com

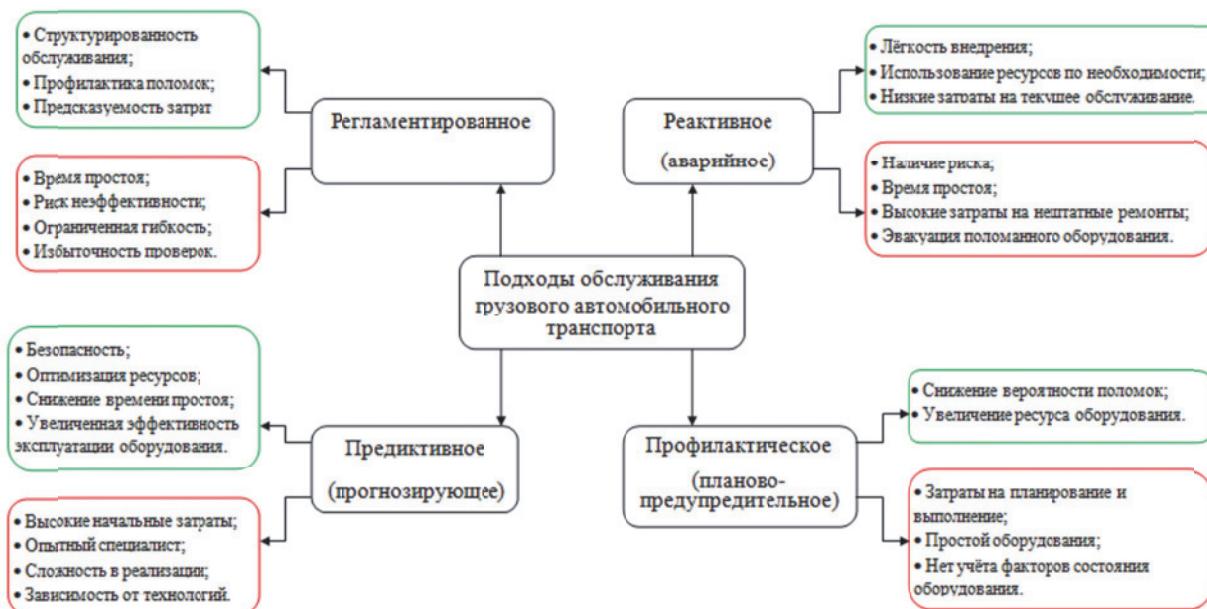


Рис. 1. Подходы к техническому обслуживанию грузового автомобильного транспорта

Наиболее распространенным подходом к техническому обслуживанию автомобильного транспорта является регламентированное техническое обслуживание, основанное на жёстко заданных интервалах пробега или времени эксплуатации. Основными преимуществами данного подхода являются высокая предсказуемость и организованность процесса обслуживания. При регламентированном техническом обслуживании определяются конкретные сроки проведения технического обслуживания, которые позволяют планировать загрузку ремонтных зон, закупку запасных частей и распределение трудовых ресурсов. Стандартизованные процедуры обслуживания обеспечивают минимальный уровень отказов по причине естественного износа, способствуя сохранению гарантии и технической исправности транспортных средств, а также упрощают документооборот и контроль со стороны контролирующих органов. Однако, регламентированное техническое обслуживание характеризуется существенными недостатками, наиболее очевидным из которых являются отсутствие индивидуального подхода к каждому автомобилю. Независимо от реального технического состояния, обслуживание проводится строго по графику, что может привести как к преждевременной замене ещё исправных узлов, так и к пропуску скрытых дефектов, не проявившихся на момент обслуживания, что приводит к перерасходу материалов, росту затрат и снижению экономической эффективности эксплуатации. Кроме того, стандартизованные интервалы не всегда соответствуют реальной потребности автомобиля в обслуживании.

При реактивном обслуживании устранение неисправностей и ремонт транспортных средств, выполняется уже после возникновения отказов или поломок в процессе эксплуатации. Поломки происходят неожиданно, зачастую в пути, что приводит к простою техники, увеличению времени доставки грузов, росту затрат на срочный ремонт и эвакуацию, а также потенциальной потере доверия клиентов. Кроме того, эксплуатация автомобиля до его полного отказа повышает риски вторичных повреждений агрегатов и систем, снижая общий ресурс техники и увеличивая затраты на ремонт. Несмотря на очевидные недостатки, реактивное техническое обслуживание используется в условиях малого бизнеса и ограниченного бюджета, где отсутствует системный подход к управлению жизненным циклом транспортных средств. Такой подход сопряжен с рисками простоев, ущерба для груза и возникновения аварий.

Планово-предупредительное обслуживание или профилактическое представляет собой систему технических мероприятий, направленных на поддержание работоспособности и продление срока службы транспортных средств за счёт регулярного профилактического ремонта в соответствии с установленным регламентом и интервалами пробега. В основе такого подхода лежит принцип предупреждения отказов путём системного воздействия на потенциально изнашиваемые или критически важные узлы до наступления их предельного состояния. Обслуживание проводится по заранее составленному графику, учитывающему как рекомендации производителя автомобиля, так и реальные условия эксплуатации, включая климат, грузопотоки, режимы работы, дорожное покрытие и интенсивность нагрузки. Такой подход позволяет существенно снизить вероятность внеплановых поломок, повысить безопасность движения, обеспечить бесперебойность логистических процессов,

сократить затраты на дорогостоящий ремонт и увеличить общий ресурс транспортного средства. Недостатки проявляются, прежде всего, в его ориентированности на фиксированные интервалы проведения работ, вне зависимости от реального технического состояния узлов и агрегатов. Это может приводить к избыточности операций, что увеличивает затраты на обслуживание. Кроме того, при высокой интенсивности эксплуатации транспортных средств или изменении условий работы стандартные интервалы ТО могут оказаться недостаточными для предупреждения износа, что создаёт риск отказов между обслуживанием.

В отличии от регламентированного технического обслуживания планово-предупредительное основывается на внутренних корпоративных стандартах или адаптированных графиках, которые могут корректироваться в зависимости от специфики эксплуатации, тогда как регламентированное обслуживание строго следует предписаниям завода-изготовителя, изложенным в технической документации к транспортному средству.

Предиктивное (прогнозирующее) обслуживание основывается на непрерывном мониторинге технического состояния узлов и прогнозировании ресурса до отказа с помощью аналитических и машинных моделей. Выявление отказов до их возникновения позволяет минимизировать внеплановые простои, гарантирует бесперебойную эксплуатацию и максимальную производительность транспортного средства [3-4].

В основе этого метода лежит непрерывный мониторинг множества параметров, характеризующих состояние различных механизмов и систем автомобиля. С помощью специальных датчиков и сенсоров собирается огромный объём данных, отражающий работу двигателя, трансмиссии, тормозной системы и других компонентов. Эти данные передаются в централизованную систему, где с помощью сложных алгоритмов машинного обучения осуществляется их анализ. Алгоритмы ищут скрытые корреляции и закономерности, позволяющие предсказывать вероятность возникновения неисправностей задолго до их появления. Система не только выявляет потенциальные проблемы, но и определяет критичность ситуации, оценивая вероятность отказа и возможные последствия. Таким образом, диспетчер получает своевременное предупреждение о необходимости проведения ремонтных работ, что позволяет планировать профилактику заранее, минимизируя время простоев автомобиля и предотвращая дорогостоящие ремонты. Это позволяет оптимизировать затраты на техническое обслуживание, распределяя ресурсы более эффективно и избегая лишних расходов, связанных с экстренными вызовами ремонтных бригад и задержками в доставке грузов.

Более того, предиктивная диагностика способствует повышению безопасности дорожного движения, поскольку позволяет предотвращать аварии, вызванные техническими неисправностями. Раннее обнаружение потенциально опасных проблем даёт возможность своевременно устранить их, снижая риск выхода из строя критически важных систем автомобиля во время движения. Это имеет огромное значение, особенно для грузовых автомобилей, перевозящих крупногабаритные и опасные грузы.

Таким образом, анализ показывает, что предиктивная диагностика является наиболее перспективным подходом в условиях современной цифровизации автотранспортной отрасли. Данный подход требует материальных вложений, но обеспечивает максимальную эффективность при эксплуатации крупных автопарков, особенно в логистике и тяжёлых условиях эксплуатации.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ И ИНСТРУМЕНТОВ ПРЕДИКТИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Методы предиктивной диагностики представляют собой современные подходы к прогнозированию технических неисправностей на основе анализа данных о состоянии транспортных средств в режиме реального времени [5-7].

Основные существующие методы, применяемые в предиктивной диагностике в настоящее время условно можно разделить на:

1. Статистический анализ

Базовый уровень анализа, позволяющий выявить тренды и аномалии в данных. При анализе может использоваться регрессионный анализ, анализ временных рядов, кластеризация, контроль статистических процессов и другие.

2. Машинное обучение

Позволяет строить сложные модели, учитывающие множество факторов. Алгоритмы обучаются на исторических данных об отказах и поведении техники, и выявляют скрытые закономерности, которые сложно обнаружить с помощью статистического анализа. Таким образом, на основе пробега, режима движения, загруженности, климатических условий и телематических параметров можно предсказать время до отказа конкретного узла.

3. Нейронные сети

Данный метод позволяет строить очень сложные модели, способные обрабатывать большие объёмы данных и выявлять нелинейные зависимости. Нейронные сети особенно эффективны для прогнозирования поломок в сложных системах с множеством взаимосвязанных параметров.

4. Цифровые двойники

Создаются виртуальные модели грузовика или его отдельных систем, которые имитируют поведение реального объекта в реальном времени. Это позволяет прогнозировать последствия тех или иных отклонений без вмешательства в реальный процесс.

Данные методы позволяют прогнозировать возможные неисправности транспортных средств до их возникновения, снижают количество внеплановых простоев и уменьшают затраты на ремонт, обеспечивая бесперебойную работу автопарка. Сочетание методов обеспечивает наиболее точный прогноз состояния транспортных средств.

Так как предиктивная диагностика основывается на синтезе данных с физических объектов, их трансформации в цифровые потоки, и применения моделей искусственного интеллекта для прогноза поведения техники, то она тесно связана с качеством исходных данных, грамотным проектированием архитектуры системы и правильной интеграцией в бизнес-процессы. Для сбора качественных данных и их обработки необходим инструментарий предиктивной диагностики.

К инструментам предиктивной диагностики относится совокупность аппаратных, программных и аналитических компонентов, обеспечивающих сбор, передачу, хранение, анализ и визуализацию данных о техническом состоянии автотранспорта [8–11]. Обоснованно подобранный инструментарий обеспечивает надёжность прогнозов, масштабируемость системы и быструю адаптацию к условиям эксплуатации. Предиктивная диагностика эффективно функционирует благодаря интеграции компонентов, которые помогают минимизировать риски, а также способствуют оптимизации процессов обслуживания и управления оборудованием (табл. 1).

Таблица 1. Основные компоненты предиктивной диагностики

Компонент	Назначение	Классификация
Аппаратные средства сбора данных	Сбор первичных данных о техническом состоянии оборудования	Сенсоры, контроллеры, телематические устройства, шлюзы
Программные комплексы	Обеспечение эффективного управления и обработка собранных данных	Аналитические платформы, платформы машинного обучения и анализа данных, SCADA-системы и цифровые двойники, хранилища данных, алгоритмы прогнозирования и прогнозирующие панели KPI, Power BI, дашборды
Интеграционные модули	Постоянный мониторинг, прогнозирование и принятие решений по техническому состоянию транспортных средств	Системы мониторинга и управления, мобильные приложения, программные интерфейсы

Выбор и адаптация компонентов предиктивной диагностики должны соответствовать особенностям автопарка, требованиям к точности прогнозов и уровню зрелости ИТ-инфраструктуры предприятия.

К аппаратным средствам сбора данных при проведении предиктивной диагностики технического обслуживания грузового автотранспорта можно отнести три уровня средств сбора данных (рис. 2).

1. Физические сенсоры для компонентов предиктивной диагностики включает широкий спектр датчиков и измерительных устройств. Каждый из них предназначен для мониторинга определённого физического параметра в режиме реального времени или с заданной периодичностью.

Датчики вибрации осуществляют контроль колебаний и вибраций в двигателе, трансмиссии и подшипниках, что позволяет выявить ранние признаки износа и потенциальных неисправностей. Датчики температуры измеряют температуру масла, охлаждающей жидкости и других систем, предотвращая перегрев и оценивая состояние двигателя. Датчики давления и потока: контролируют



Рис. 2. Инструменты предиктивной диагностики

давление в системах смазки, охлаждения, топлива и воздуха, а также измеряют расход жидкостей и газов, обеспечивая своевременное обнаружение утечек или нарушений в работе систем. Анализаторы масла и шума оценивают характеристики электрических сигналов и акустических шумов, что позволяет выявить износ и трение в механических и электрических компонентах. Датчики напряжения и тока осуществляют мониторинг электрических параметров систем, позволяя обнаружить перегрузки, короткие замыкания и другие электрические неисправности.

Физические средства сбора данных обеспечивают получение сведений о техническом состоянии транспортных средств, что формирует основу для проведения эффективной предиктивной диагностики.

2. Бортовые средства сбора данных интегрированы непосредственно в оборудование и обеспечивают постоянный мониторинг его состояния. Их использование позволяет получать информацию в реальном времени. К таким средствам относятся системы ГЛОНАС и GPS, позволяющие определять координаты, скорость, режим движения и маршруты. Также к данным средствам относятся бортовые компьютеры и электронные блоки управления, позволяющие проводить сбор данных, первичную фильтрацию, агрегирование и передачу данных на сервер для анализа.

Бортовые системы сбора данных в современном грузовом автотранспорте являются одним из важных факторов повышения эффективности эксплуатации, обеспечения безопасность дорожного движения и снижения эксплуатационных затрат.

3. Внешние инструменты и технологии не являются неотъемлемой частью оборудования, но предназначены для его мониторинга и диагностики. Они обеспечивают контроль за состоянием техники без необходимости прямого вмешательства в ее конструкцию.

Системы видеонаблюдения позволяют визуально контролировать состояние оборудования и выявлять возможные отклонения или неисправности на начальных этапах. Дистанционные сенсоры (ультразвуковые датчики и др.) измеряют параметры окружающей среды и оборудования для своевременного выявления отклонений. Аудиоанализаторы осуществляют мониторинг звуковых сигналов, генерируемых оборудованием; изменения в звуке могут свидетельствовать о неисправностях или ухудшении состояния техники. Анализ данных из облачных систем позволяет собирать и обрабатывать информацию от различных внешних источников, включая устройства Интернета вещей (IoT), что позволяет расширить возможности диагностики, прогнозирования и принятия решений по техническому обслуживанию.

Использование внешних средств сбора данных повышает эффективность мониторинга, способствует оптимизации обслуживания и минимизирует риск возникновения непредвиденных поломок.

Каждый из уровней средств сбора данных в предиктивной диагностике играет важную роль в обеспечении надежности и безопасности работы оборудования. Комбинированное использование внешних, физических и бортовых средств позволяет получить полную картину состояния оборудования и своевременно принимать меры для предотвращения неисправностей.

Оценка результативности применения предиктивных методов и инструментов помогает организациям понять, насколько эффективно они используют прогнозирование для улучшения своей деятельности и принятия обоснованных решений.

Успешное внедрение инструментов предиктивной диагностики в техническое обслуживание грузового автомобильного транспорта оказывает значительное влияние на ключевые производственные и экономические показатели автопарка. В первую очередь это позволяет сократить

среднее время простоя автотранспорта за счёт раннего выявления признаков неисправностей. Предиктивная диагностика также позволяет оптимизировать затраты на замену узлов и расходных материалов, снижая расходы за счёт отказа от преждевременных замен, кроме того, использование аналитики позволяет выявить потенциальные критические повреждения ещё до их проявления, что в свою очередь уменьшает долю дорогостоящих аварийных ремонтов и снижает общие расходы на содержание автопарка.

Несмотря на очевидные преимущества, внедрение предиктивной диагностики сопровождается множеством трудностей. Высокая стоимость начальных инвестиций на внедрение технологий и оборудования часто становится сдерживающим фактором. Ограничениями также являются низкое качество собираемых данных и отсутствие единого стандарта для анализа и обработки. Многие организации также испытывают сложности с интеграцией новых систем в уже существующие бизнес-процессы. Помимо того, существует нехватка квалифицированных кадров, способных работать с новыми технологиями.

Для преодоления этих трудностей необходимо тщательно оценивать целесообразность инвестирования в предиктивные технологии в долгосрочной перспективе, налаживать партнерство с поставщиками технологических решений для получения необходимых знаний и ресурсов, а также организовывать программы повышения квалификации для персонала.

Таким образом, успешное внедрение предиктивной диагностики требует комплексного подхода, включающего в себя финансовое планирование, адаптацию бизнес-процессов и развитие компетенций персонала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования подробно рассмотрены методы и инструментарий предиктивной диагностики технического обслуживания грузового автотранспорта, позволяющие перейти от реактивного реагирования к проактивному предотвращению отказов. Использование предиктивных подходов на основе телеметрических данных, аналитических алгоритмов и машинного обучения способствует значительному повышению эффективности и качества процессов технического обслуживания.

С позиции обеспечения качества, предиктивная диагностика реализует основные принципы системного подхода:

- ориентация на предупреждение несоответствий, а не на их устранение;
- объективизация контроля технического состояния транспортных средств;
- повышение воспроизводимости и управляемости процессов технического обслуживания на основе цифровых моделей;
- снижение вариативности и дефектности, за счёт устранения человеческого фактора и субъективности диагностики.

Внедрение предиктивной диагностики позволяет улучшить ключевые показатели качества: увеличить среднюю наработку на отказ, снизить простоя, повысить коэффициент технической готовности, и, как следствие, повысить удовлетворённость внутренних и внешних потребителей транспортной услуги. С точки зрения экономики качества, достигается оптимизация совокупной стоимости владения, рост операционной эффективности и возврата инвестиций за счёт сокращения внеплановых расходов на ремонт и потери.

Тем не менее, выявлен ряд проблем и ограничений, с которыми сталкиваются организации при внедрении предиктивной диагностики. Для дальнейшего развития диагностики в сфере технического обслуживания грузового автомобильного транспорта рекомендуется выявить основные риски в процессе технического обслуживания с целью внедрения новой технологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карагодин, В.И. Техническое состояние систем, агрегатов, деталей и механизмов автомобиля: учебник / В. И. Карагодин. – М.: КноРус, 2023. – 159 с. – ISBN 978-5-406-11844-3.
2. Сидоров, А.Н. Автопарки и управление техническим обслуживанием / А.Н. Сидоров. – СПб.: Питер, 2021. – 324 с.
3. Колмыков И.А. Предиктивная аналитика и «цифровая зрелость» / И.А. Колмыков // ИСУП. 2020. – № 6. – С. 50-53.
4. Петров, А.Н. Предиктивная аналитика и техническое обслуживание транспортных средств / А.Н. Петров. – М.: Техносфера, 2020. – 312 с.
5. Терешина, В.В. Применение систем предиктивной аналитики и предиктивного моделирования / В.В. Терешина // Инновационное развитие экономики. – 2022. – № 5(71). – С. 243-246.
6. Дьяконов, Н.А. Системы управления технологическим процессом на основе предиктивной аналитики: проектирование / Н.А. Дьяконов, О.С. Логунова // Электротехнические системы и комплексы. – 2021. – № 1(50). – С. 58-64.
7. Капитонов, А.А. Исследование применения методов искусственного интеллекта для задачи диагностирования технического состояния автомобиля / А.А. Капитонов, Л.А. Симонова // Сборник научных статей по мате-

- риалам VI Международной научно-практической конференции: Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы современной науки, достижения и инновации. – Уфа, 2021. – С. 46–51.
8. Гусев, П.Ю. Инструменты предиктивной аналитики / П.Ю. Гусев, А.В. Таволжанский // Сборник научных статей 12-й Международной молодежной научной конференции. – 2023. – С. 96–99.
 9. Тарасов, Е.М. Влияние предиктивной аналитики на восстановляемость систем / Е.М. Тарасов, И.С. Бредун // Наука и образование транспорту. – 2023. – № 1. – С. 243–245.
 10. Кирьянов, Н.А. Предиктивная диагностика высоковольтных электродвигателей / Н.А. Кирьянов, А.Н. Комков // Интеллектуальная электротехника. – 2024. – № 2. – С. 53–68.
 11. Бутыркин, А.Я. Использование предиктивной аналитики в процессах моделирования и машинного обучения на транспорте / А.Я. Бутыркин, В.А. Гелис, Е.Б. Куликова // Железнодорожный транспорт. – 2021. – № 11. – С. 50–54.

PREDICTIVE DIAGNOSTIC METHODS AND TOOLS FOR IMPROVING THE EFFICIENCY OF TRUCK VEHICLE MAINTENANCE PROCESSES

© 2025 D.V. Antipov, E.K. Savich, A.A. Arzamastsev, A.N. Sidorova

Samara National Research University named after Academician S.P. Korolyov, Samara, Russia

In the context of increasing requirements for reliability, efficiency and continuity of logistics processes, the introduction of predictive approaches to the maintenance of truck vehicles is becoming particularly relevant. This article provides a justification for the need to switch from traditional routine maintenance schemes to intelligent ones based on predictive diagnostic methods, as well as an analysis of modern tools that ensure the implementation of such approaches. The key methods of predictive diagnostics are considered and the existing tools are analyzed. The results of the analysis show that the use of predictive diagnostics not only increases the efficiency of maintenance processes, but also creates prerequisites for the transition to a proactive model of vehicle lifecycle management. It is concluded that the introduction of intelligent diagnostic solutions is a strategic direction for the digital transformation of logistics companies and transport enterprises focused on increasing the competitiveness and sustainability of business.

Keywords: predictive diagnostics, maintenance, trucks, condition diagnostics, methods of predictive diagnostics, predictive diagnostic tools.

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-5-159-165

EDN: OSGRST

REFERENCES

1. Karagodin V.I. Tekhnicheskoe sostoyanie sistem, agregatov, detalej i mekhanizmov avtomobilya: uchebnik / V. I. Karagodin. – M.: KnoRus, 2023. – 159 s. – ISBN 978-5-406-11844-3.
2. Sidorov, A.N. Avtoparki i upravlenie tekhnicheskim obsluzhivaniem / A.N. Sidorov. – SPb.: Piter, 2021. – 324 s.
3. Kolmykov I.A. Prediktivnaya analitika i «cifrovaya zrelost'» / I.A. Kolmykov // ISUP. 2020. – № 6. – S. 50–53.
4. Petrov, A.N. Prediktivnaya analitika i tekhnicheskoe obsluzhivanie transportnyh sredstv / A.N. Petrov. – M.: Tekhnosfera, 2020. – 312 s.
5. Tereshina, V.V. Primenenie sistem prediktivnoj analitiki i prediktivnogo modelirovaniya / V.V. Tereshina // Innovacionnoe razvitiye ekonomiki. – 2022. – № 5(71). – S. 243–246.
6. D'yakonov, N.A. Sistemy upravleniya tekhnologicheskimi processom na osnove prediktivnoj analitiki: proektirovanie / N.A. D'yakonov, O.S. Logunova // Elektroteknicheskie sistemy i kompleksy. – 2021. – № 1(50). – S. 58–64.
7. Kapitonov, A.A. Issledovanie primeneniya metodov iskusstvennogo intellekta dlya zadachi diagnostirovaniya tekhnicheskogo sostoyaniya avtomobilya / A.A. Kapitonov, L.A. Simonova // Sbornik nauchnyh statej po materialam VI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii: Fundamental'nye i prikladnye nauchnye issledovaniya: aktual'nye voprosy sovremennoj nauki, dostizheniya i innovacii. – Ufa, 2021. – S. 46–51.
8. Gusev, P.Yu. Instrumenty prediktivnoj analitiki / P.Yu. Gusev, A.V. Tavolzhanskij // Sbornik nauchnyh statej 12-joj Mezhdunarodnoj molodezhnoj nauchnoj konferencii. – 2023. – S. 96–99.
9. Tarasov, E.M. Vliyanie prediktivnoj analitiki na vosstanavlivayemost' sistem / E.M. Tarasov, I.S. Bredun // Nauka i obrazovanie transportu. – 2023. – № 1. – S. 243–245.
10. Kir'yanov, N.A. Prediktivnaya diagnostika vysokovol'tnyh elektrodvigatelej / N.A. Kir'yanov, A.N. Komkov // Intellektual'naya elektrotehnika. – 2024. – № 2. – S. 53–68.
11. Butyrkin, A.Ya. Ispol'zovanie prediktivnoj analitiki v processah modelirovaniya i mashinnogo obucheniya na transporte / A.Ya. Butyrkin, V.A. Gelis, E.B. Kulikova // Zheleznodorozhnyj transport. – 2021. – № 11. – S. 50–54.

Dmitry Antipov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department. E-mail: antipov.dv@ssau.ru

Ekaterina Savich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor. E-mail: savich.ek@ssau.ru

Alexander Arzamastsev, Graduate Student. E-mail: tria16@mail.ru

Anna Sidorova, Student. E-mail: theatanna.n@gmail.com