

И. Ф. Воронина, канд. техн. наук, Ф. М. Судак, канд. техн. наук, Н. К. Ярошук

**Автомобильно-дорожный институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Донецкий национальный технический университет»
в г. Горловка**

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

Статья посвящена оценке эксплуатационной надежности автомобилей КАМАЗ-65222-38 в условиях низких температур. Рассмотрены ключевые факторы, влияющие на функционирование автомобилей в зимний период, и подробно описаны этапы проведения испытаний. Методика построена на наблюдениях за работой автомобильного транспорта в реальных условиях эксплуатации с фиксацией отказов. Сделаны выводы, отражающие особенности функционирования самосвалов КАМАЗ-65222-38 в северном климате.

Ключевые слова: эксплуатационная надежность, низкие температуры, холодный пуск, интенсивность отказов, КАМАЗ-65222-38, эксплуатационные испытания, условия Крайнего Севера

Введение

В северных регионах, где подвижной состав эксплуатируется при низких температурах, сильных ветрах и в условиях открытого хранения, особенно важна не столько расчетная, сколько практическая оценка его надежности. Самосвалы КАМАЗ-65222-38 задействованы на предприятиях для выполнения регулярных рейсов, связанных с доставкой грузов, материалов и оборудования в рамках производственных процессов. Машины работают на открытых площадках, находясь под постоянным воздействием мороза, наледи и снежных заносов. Это напрямую сказывается на техническом состоянии узлов и систем. Настоящая работа основана на результатах испытаний, проведенных в реальных условиях эксплуатации, с анализом зафиксированных отказов, на основании которых была выполнена оценка надежности автомобилей в зимний период.

Анализ публикаций

Ряд публикаций, посвященных влиянию климатических факторов и условий эксплуатации на техническое состояние автомобилей, представлен в работах [1–4]. Так, в исследованиях В. И. Белова [1], Р. Н. Чистякова [2] и других авторов рассматриваются вопросы холодного пуска, промерзания узлов, отказов электрооборудования и снижения надежности подвижного состава в северных регионах. Отдельные аспекты тепловой подготовки и ее влияние на техническую готовность автомобильной техники в зимний период также отражены в исследовании [5]. Вместе с тем, до конца не решены задачи прогнозирования времени до отказа и оценки вероятности отказов при работе в реальных условиях, что и определяет актуальность настоящего исследования.

Цель статьи

Целью данной работы является разработка и практическая проверка методики оценки эксплуатационной надежности автомобилей КАМАЗ-65222-38. Для ее реализации использовались данные, собранные в процессе эксплуатации подвижного состава в условиях низких температур. В рамках исследования была выполнена оценка влияния температурного режима, особенностей запуска и сопутствующих факторов на стабильность работы автомобиля и его систем.

Методика и результаты исследования

Наблюдение за работой автомобилей КАМАЗ-65222-38 проводилось в рамках текущей производственной деятельности на предприятии, расположенном в районе поселка Ямбург. Территория относится к зоне арктической и субарктической тундры, с характерными для нее климатическими и природными особенностями: низкими температурами, сильными ветрами, промерзшими грунтами и отсутствием дорожной инфраструктуры в привычном понимании. Период наблюдений охватывал сезон с октября 2023 г. по март 2024 г. – время, когда среднесуточные температуры стабильно оставались ниже нуля.

Оценка надежности проводилась в условиях штатной эксплуатации, на основе анализа отказов, зарегистрированных при выполнении регулярных рейсов. Все данные были получены в процессе реальной работы автомобилей в составе производственного цикла [6, 7].

Автомобили размещались на открытых стоянках. В холодное время запуск осуществлялся с использованием газовых предпусковых подогревателей. Подвижной состав использовался для перевозки различных грузов между удаленными производственными объектами, расположенными на значительном расстоянии друг от друга в условиях ограниченной транспортной инфраструктуры. Автомобили ежедневно преодолевали участки с переменной проходимостью, что существенно осложняло условия эксплуатации.

Для регистрации неисправностей использовались данные эксплуатационной документации и журналов технического учета, дополненные сведениями от водителей и ремонтного персонала. Фиксировались тип отказа, температурный фон в момент его возникновения, продолжительность простоя до восстановления, а также пробег между отказами.

Наибольшую повторяемость показали неисправности, связанные с системой пуска, электропитанием и пневматическими элементами. В частности, при температурах ниже -35°C неоднократно регистрировались затруднения при запуске, несмотря на применение предпускового подогрева. Также отмечались случаи, когда происходило замерзание конденсата в пневмолиниях, застывание топлива и снижение напряжения при включении электроприборов. Особого внимания заслуживают отказы, возникавшие не в момент запуска, а уже в процессе движения – например, после длительных остановок на маршруте или при резком понижении температур в ночное время.

Для анализа распределения отказов по температурным условиям были выделены три диапазона:

- от 0 до -15°C ;
- от -15 до -30°C ;
- ниже -30°C .

Максимальная интенсивность отказов наблюдалась в третьем диапазоне. Сопоставление данных показало, что при температуре ниже -30°C частота повторяющихся неисправностей возрастала в 1,8–2,2 раза по сравнению с умеренно морозным периодом.

Анализ собранных данных позволил выделить наименее надежные узлы, а также установить количественные зависимости между частотой отказов, температурными условиями и режимами эксплуатации (таблица). Полученные сведения могут быть использованы для расчета интенсивности отказов, определения средней наработки до отказа, а также уточнения вероятностных характеристик надежности автомобиля в условиях низких температур. Эти результаты формируют основу для последующей корректировки регламентов технического обслуживания и оптимизации режимов эксплуатации в северных регионах.

$$K_{Tq} = \frac{n_{T < -30^{\circ}\text{C}}}{n_{-30^{\circ}\text{C} \leq T < -15^{\circ}\text{C}}. \quad (1)$$

В дополнение к результатам, отраженным в таблице, предлагается использовать вспомогательный показатель – коэффициент температурной чувствительности отказов (K_{Tq}). Он

позволяет оценить, насколько резко возрастает количество неисправностей при переходе к экстремально низким температурам. Расчет производится как отношение числа отказов, зафиксированных при температуре ниже -30°C , к числу отказов в диапазоне от -15 до -30°C .

Таблица – Основные типы отказов, зафиксированные в ходе эксплуатации автомобилей КАМАЗ-65222-38 в зимний период

№	Система / узел	Характер отказа	Частота (от общего числа отказов), %	Примечание
1	Система пуска	Затрудненный запуск двигателя	28 %	Преимущественно при температуре ниже -30°C
2	Электропитание	Разряд аккумуляторов, сбой реле	22 %	Часто фиксируется после коротких остановок
3	Топливная система	Загустевание топлива, замерзание фильтров	16 %	Особенно в утренние часы, после длительной стоянки
4	Пневмосистема	Замерзание конденсата, сбой в работе тормозной системы	14 %	При повышенной влажности и резком похолодании
5	Гидравлические соединения	Утечки, разгерметизация	10 %	Чаще всего выявляются после ночных простоев
6	Прочие	Износ, отказы освещения, сбой мелких датчиков	10 %	Нерегулярные, разрозненные случаи

Выводы

1. В ходе наблюдений наибольшее число отказов пришлось на систему пуска, электропитание и пневматические элементы. Именно эти узлы показали наибольшую чувствительность к пониженным температурам и могут рассматриваться как критические при эксплуатации в условиях Крайнего Севера.

2. Разделение данных по температурным диапазонам позволило не только зафиксировать рост количества отказов в зоне экстремальных температур, но и предложить количественную оценку этого влияния через коэффициент температурной чувствительности отказов.

3. Представленная методика, основанная на данных, собранных в условиях реальной эксплуатации, может быть применена для анализа надежности автомобилей, эксплуатируемых в сложных климатических условиях, а также для дальнейших исследовательских задач в данной области.

Список литературы

1. Белов, В. И. Надежность автотранспортных средств в условиях эксплуатации / В. И. Белов. – Москва : Машиностроение, 2017. – 248 с.
2. Чистяков, Р. Н. Механика отказов автомобильных систем при отрицательных температурах / Р. Н. Чистяков. – Екатеринбург : УрФУ, 2020. – 212 с.
3. Попов, И. М. Особенности холодного пуска двигателей внутреннего сгорания в условиях низких температур / И. М. Попов, А. С. Кожевников // Вестник автомобильной науки. – 2021. – № 3. – С. 45–51.
4. Абрамов, А. Ю. Оценка надежности автотранспорта в северных климатических условиях / А. Ю. Абрамов, В. Г. Фролов // Автомобильная техника. – 2022. – № 2. – С. 33–40.
5. Разработка стратегии обеспечения эксплуатационной надежности автомобилей в условиях низких температур / И. Ф. Воронина, Ф. М. Судак, Ф. В. Молозин, Д. А. Рачков // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Highway Institute. – 2022. – № 2(41). – С. 7–13.

6. ГОСТ 27.002–2015. Надежность в технике. Термины и определения : межгосударственный стандарт : издание официальное : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 28 декабря 2015 г. № 83-П) : введен 2017-03-01 / Разработан Обществом с ограниченной ответственностью «Институт надежности машин и технологий». – Москва : Стандартинформ, 2016. – 23 с.

7. ГОСТ Р 50992–2019. Автомобильные транспортные средства. Климатическая безопасность. Технические требования и методы испытаний : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 октября 2019 г. № 1165-ст / Разработан Федеральным государственным унитарным предприятием «Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт «НАМИ». – Москва : Стандартинформ, 2019. – 27 с.

И. Ф. Воронина, Ф. М. Судак, Н. К. Ярошук
Автомобильно-дорожный институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка
Методика определения показателей надежности автомобилей при проведении
эксплуатационных испытаний в условиях низких температур

Эксплуатационная надежность автотранспортных средств напрямую зависит от климатических условий. При работе в северных регионах возрастает риск отказов, особенно в системе пуска, электропитании и пневматике. В работе представлена методика оценки надежности автомобилей КАМАЗ-65222-38, основанная на наблюдениях за их эксплуатацией в зимний период. Проведено распределение отказов по температурным диапазонам, выявлены ключевые узлы, подверженные влиянию экстремальных температур. Предложен показатель – коэффициент температурной чувствительности отказов (K_{TC}), позволяющий количественно оценить влияние температурного фактора. Полученные данные могут быть использованы для уточнения регламентов технического обслуживания и разработки практических рекомендаций по эксплуатации автомобильной техники в условиях Крайнего Севера.

ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ, НИЗКИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ, ХОЛОДНЫЙ ПУСК, ИНТЕНСИВНОСТЬ ОТКАЗОВ, КАМАЗ-65222-38, ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ, УСЛОВИЯ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

I. F. Voronina, F. M. Sudak, N. K. Iaroshuk
Automobile and Road Institute (Branch) of the Federal State Budget Educational Institution
of Higher Education «Donetsk National Technical University» in Gorlovka
Methodology for Determining Vehicle Reliability Indicators During Operational Testing
in Low-Temperature Conditions

The operational reliability of motor vehicles (MVs) is directly influenced by climatic conditions. In northern regions, the risk of failures increases significantly, especially in systems such as engine start-up, electrical supply, and pneumatics. This study presents a methodology for assessing the reliability of KAMAZ-65222-38 vehicles based on observations made during winter operation. Failures are analyzed by temperature ranges, and key components most susceptible to extreme cold are identified. A new indicator – the Temperature Failure Sensitivity Coefficient (TFSC) – is proposed to quantify the influence of low temperatures on reliability. The obtained results can be used to refine maintenance regulations and develop practical recommendations for operating vehicles in harsh northern climates.

OPERATIONAL RELIABILITY, LOW TEMPERATURES, COLD START, FAILURE RATE, KAMAZ-65222-38, OPERATIONAL TESTING, FAR NORTH CONDITIONS

Сведения об авторах:

И. Ф. Воронина

SPIN-код РИНЦ: 4721-2571
 AuthorID: 872069
 Телефон: +7 949 425-11-65
 Эл. почта: voronina.adi@mail.ru

Ф. М. Судак

SPIN-код РИНЦ: 1040-7576
 AuthorID: 1067000
 Телефон: +7 8564 55-29-82
 Эл. почта: fmsudak@mail.ru

Н. К. Ярошук

Эл. почта: voronina.adi@mail.ru

Статья поступила 04.04.2025

© И. Ф. Воронина, Ф. М. Судак, Н. К. Ярошук, 2025

*Рецензент: Е. С. Сытник, канд. техн. наук,
 Автомобильно-дорожный институт
 (филиал) ДОННТУ в г. Горловка*