

ТРАНСПОРТ

УДК 656.13

**И. Ф. Воронина, канд. техн. наук, Ф. М. Судак, канд. техн. наук,
Ф. В. Молозин, Д. А. Рачков**

**Автомобильно-дорожный институт
ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка**

РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

Рассматривается разработка технического направления – стратегии планирования, организации и управления техническими действиями, которая в определенных условиях работы и при заданном (расчетном) уровне эксплуатационной надежности обеспечивает минимум трудовых и материальных затрат на поддержку подвижного состава в технически исправном состоянии в условиях низких температур.

***Ключевые слова:** стратегия плано-предупредительная, стратегия ожидания ремонта, наработка изделия на отказ, техническая эксплуатация автомобилей, техническое состояние, технический контроль*

Введение

Надежность – важнейший показатель автотранспортных средств (АТС). В связи с бурным развитием автомобильного транспорта, численный состав которого опережает рост производственной базы для его обслуживания и ремонта, особенно актуальным вопросом является повышение эксплуатационной надежности автомобилей, выражающееся в увеличении доли технически исправных автомобилей в парке, сокращении удельных затрат на техническое обслуживание и ремонт (ТО и Р), повышение производительности труда ремонтных рабочих.

Немаловажным аспектом решения проблемы надежности является разработка стратегии ее обеспечения.

Анализ публикаций

Проблемой надежности и оптимизации изменения технического состояния автомобилей занимались такие ученые, как Е. С. Кузнецов, Р. В. Ротенберг, Н. Я. Говорущенко, Ф. Н. Авдонькин и другие [1–4].

Авторы рассматривали различные системы надежности и ее основы, но до сих пор недостаточно решена проблема стратегии обеспечения эксплуатационной надежности автомобилей в условиях низких температур, например, в условиях работы Крайнего Севера.

Цель статьи

Разработка стратегии обеспечения эксплуатационной надежности автомобиля при его эксплуатации в условиях низких температур.

Методика и результаты исследования

Надежность – основной показатель качества машины, который отражает все изменения в ее техническом состоянии, возникающие в период эксплуатации. Надежность машины закладывается при ее проектировании и расчете, осуществляется в процессе изготовления и реализуется при эксплуатации.

Надежность автомобиля, указывает Р. В. Ротенберг [4], начинается с отказов: с того, когда они проявляются, какие они, к каким приводят последствия и т. д. На рисунке 1 [4] представлена общая характеристика отказов автомобиля.

Трудоемкость устранения отказа и расход запасных частей определяют обобщающую оценку отказа – стоимость его устранения, которая может служить отправной точкой для оценки путей снижения затрат на поддержание эксплуатационной надежности автомобилей. Характеристика агрегатов и систем автомобилей массового производства по трудоемкости устранения отказов, расходу запасных частей и месту их возникновения представлена на рисунке 1 [4]. Как видно из рисунка, если судить по приведенным признакам, все агрегаты и системы индивидуальны.

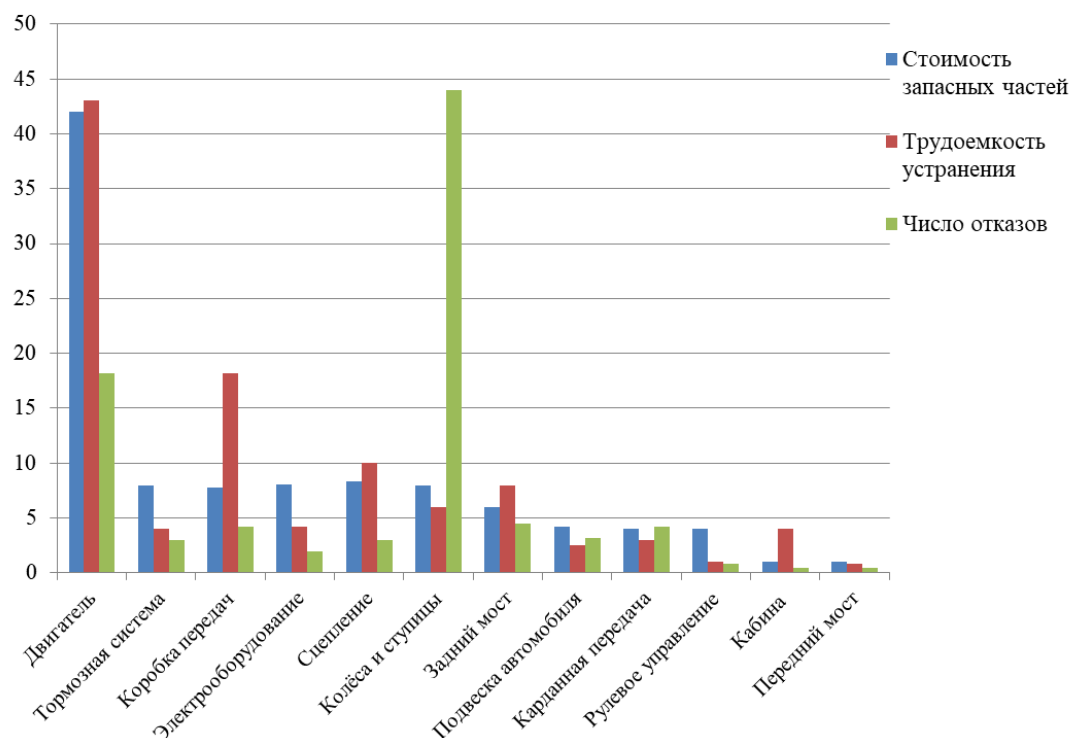


Рисунок 1 – Диаграмма затрат на устранение отказов

На техническое состояние автомобиля влияют конструктивные, технологические, эксплуатационные и другие факторы.

На эксплуатационную надежность автомобиля также влияют и климатические условия. Климатические условия в различные периоды года определяются температурой и влажностью воздуха, атмосферным давлением, количеством осадков, силой и направлением ветра, продолжительностью снегового покрова и т. д. Понижение температуры окружающего воздуха, ухудшение состояния дороги вследствие снежных заносов или распутицы вызывают дополнительное преждевременное изнашивание или поломки деталей автомобиля (изнашивание шлицев, шипов и подшипников крестовины, срез шпилек крепления подвесной опоры и т. д.).

Большая часть территории Российской Федерации расположена в умеренном и холодном климатических районах. Климат изменяется от морского на северо-западе до резко континентального в Сибири и муссонного на Дальнем Востоке. Средние температуры января на территории России имеют вариацию от 0 до -50 °С, июля – от $+1$ до $+25$ °С. Климатические факторы учитываются при установлении технических требований, в выборе режимов испытаний, при планировании, нормировании и организации технической эксплуатации, хранения, транспортирования подвижного состава автомобильного транспорта, приборов и других технических изделий, предназначенных для эксплуатации.

Все климатические районы, кроме умеренного, создают особые условия для подвижного состава. Особые условия, как правило, характеризуются сочетанием неблагоприятных факторов. Так, для холодного климатического района на севере и востоке страны характерны не только низкая температура окружающего воздуха, ветры, но и более тяжелые дорожные условия (снежные заносы зимой, работа на дорогах с переходными покрытиями и т. д.). Для жаркого сухого и очень жаркого сухого климатических районов, кроме высокой температуры – солнечная радиация и большая запыленность воздуха.

Для повышения эффективности транспортного процесса и технической эксплуатации автомобилей (ТЭА) в особых условиях используют автомобили в специальном исполнении (северном, горном и т. д.); корректирование нормативов технической эксплуатации автомобиля; средства и способы, облегчающие пуск двигателя автомобиля [5].

Следует использовать специальные топлива и смазочные масла, тормозную и другие жидкости, рассчитанные на применение при низких и высоких температурах. Автомобили в северном исполнении должны иметь также технические средства, облегчающие проходимость (лебедки и т. д.).

Стратегия обеспечения эксплуатационной надежности автомобилей при их эксплуатации в условиях низких температур заключается в разработке технического направления относительно планирования, организации и управления техническими действиями, которые в определенных условиях работы и при заданном (расчетном) уровне эксплуатационной надежности обеспечивают минимум трудовых и материальных затрат на поддержание подвижного состава (ПС) в технически исправном состоянии.

Существует два вида стратегий обеспечения надежности изделий, т. е. два идейных направления научно-практической реализации концепции ТЭА – концепции управления надежностью автомобилей. Это:

- стратегия плано-предупредительная;
- стратегия ожидания ремонта.

На автомобильном транспорте (АТ) абсолютный приоритет отдан стратегии плано-предупредительной, которая позволяет активно управлять надежностью изделия [3].

При стратегии ожидания ремонта периодичность t_{Π} профилактических воздействий, т. е. воздействий ТО, равна периодичности отказов t_o изделия, т. е. $t_{\Pi} = t_o$, поэтому уровень безотказной работы таких изделий при экспоненциальном законе их надежности составляет лишь 37 %.

$$P(t) = e^{-\lambda t} = e^{-t/t_o} = e^{-1} = 0,37, \quad (1)$$

где t – период времени, которое интересует исследователя ($t = t_{\Pi} = t_o$);
 λ – опасность отказов изделия (характеристика надежности изделия).

$$\lambda = 1/t_o, \quad (2)$$

где t_o – наработка изделия на отказ, т. е. периодичность статистического отказа изделий в процессе эксплуатации, обусловленная его надежностью.

При плано-предупредительной стратегии периодичность t_{Π} профилактических воздействий является параметром управляемым. Здесь специалисты ТЭА принудительно обеспечивают $t_{\Pi} < t_o$. В результате, при соотношении, например, $t/t_o = t_{\Pi}/t_o = 0,75-0,5$, уровень безотказной работы таких изделий повышается и может принимать величину

$$P(t) = e^{-t/t_o} = 0,47-0,61. \quad (3)$$

Поэтому плано-предупредительная стратегия ТО и Р автомобилей является более приоритетной. В современной ТЭА она составляет научную основу концепции управления надежностью и на практике имеет несколько тактик реализации.

На автомобильном транспорте существует три основных вида систем ТО и Р транспортных машин [2]: по наработке; по состоянию; смешанные.

Принцип системы по наработке заключается на автомобильном транспорте в том, что техническое воздействие выполняется для изделия через определенный пробег, независимо от его технического состояния. В результате значительная часть ресурса изделия не используется, поэтому такая модель системы ТО и Р является затратной и на практике может применяться только для машин специальных. На АТ эта система используется для отдельных узлов и деталей автомобиля, обеспечивающих безопасность движения [6].

Суть системы по состоянию заключается в том, что техническое воздействие проводится лишь при достижении изделием контролируемых параметров своего критического уровня, т. е. предельно допустимого состояния. На практике для реализации такой системы ТО и Р необходимо контрольно-диагностическое оборудование и измерение непрерывное или периодическое контролируемых (диагностических) параметров изделия. Сегодня эта система, из-за глобализации технической диагностики (ТД) и неразрушающего контроля (НК), успешно внедряется в мире техники многими зарубежными фирмами.

Смешанная система объединяет в себе элементы двух систем. Это наиболее распространенная система в мире техники, и она применяется для транспортных, сельскохозяйственных, строительных машин и многих других. Эта система ТО и Р, в зависимости от метода установления периодичности и объема технических действий, разделяется на среднестатистическую и диагностическую [5].

Для обеспечения заданного уровня эксплуатационной надежности транспортных средств на АТП должна действовать непрерывная система контроля параметров технического состояния ТС.

Одним из важнейших факторов, снижающих эффективность работы автомобилей на территории с экстремальными климатическими условиями, является большое количество времени, затрачиваемое на их подготовку к выпуску на линию в условиях их безгаражного хранения. В настоящее время даже в суровых климатических условиях от 30 до 50 % парка грузовых автомобилей хранится на открытых площадках. При безгаражном хранении при низких температурах используются различные способы и средства, облегчающие выпуск автомобилей на линию.

Способы, облегчающие пуск двигателя, и средства, обеспечивающие тепловую подготовку агрегатов и систем транспортных средств, бывают индивидуальными или групповыми.

Эксплуатационную надежность ТС приближенно можно оценивать по величине коэффициента технической готовности, т. е. по количеству возможных отказов и количеству времени, необходимого для подготовки автомобиля к выезду на линию для выполнения транспортной работы.

Известно, что в процессе работы происходит износ технического состояния автомобиля и его агрегатов, который может привести к частичной или полной потере работоспособности, следовательно, к срыву процесса выполнения транспортной работы. Проведение тепловой подготовки ТС создает оптимальные условия для работы агрегатов, узлов, деталей и систем автомобиля. При этом вероятность отказов при прочих равных условиях снижается, что увеличивает техническую готовность транспорта к выполнению транспортной работы, т. е. коэффициент технической готовности (α_T) ТС.

Исследования были проведены на предприятии «Газпром добыча Ямбург», расположенном в Тюменской области России.

Исследуемые автомобили предприятия, в количестве 60 единиц были поделены на три группы: в первой группе осуществлялся прогрев двигателя перед выпуском на линию, во второй выполнялся прогрев всего автомобиля, а в третьей автомобиль выпускался на линию без предварительного прогрева, но с закрытой площадки хранения. Был определен средний коэффициент технической готовности по каждой из исследуемых групп автомобилей. Ре-

зультаты приведены в таблице 1 и графике, представленном на рисунке 2.

Таблица 1 – Изменение коэффициента технической готовности автомобилей в зависимости от температуры воздуха и способа тепловой подготовки ТС

Коэффициент технической готовности автомобилей	Температура воздуха, град. С								
	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40
α_T без подогрева	0,90	0,86	0,83	0,80	0,75	0,70	0,64	0,59	0,52
α_T с подогревом двигателя	0,90	0,88	0,88	0,86	0,84	0,82	0,80	0,78	0,75
α_T с подогревом автомобиля	0,90	0,89	0,89	0,87	0,85	0,83	0,81	0,79	0,77

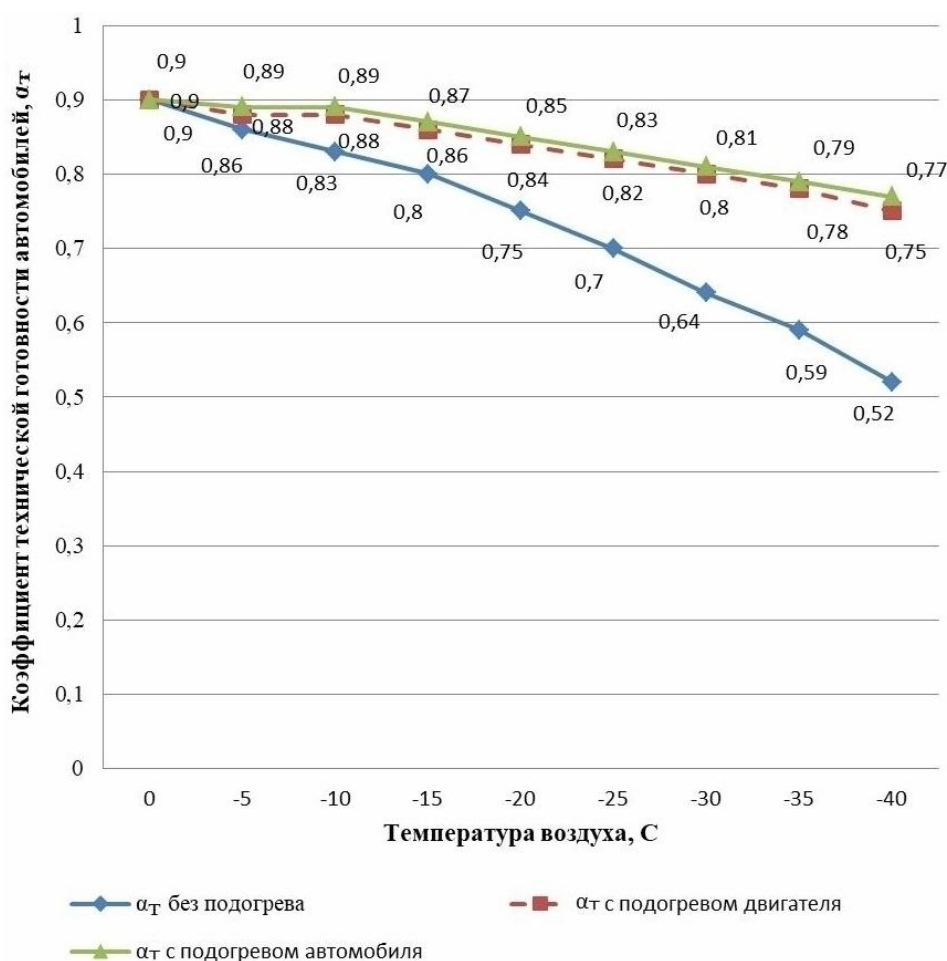


Рисунок 2 – График изменения коэффициента технической готовности автомобилей в зависимости от температуры воздуха и способа тепловой подготовки ТС

Как видно из приведенных данных, выгоднее использовать тепловую подготовку только двигателя. Так как при этом расходуется значительно меньше тепловой энергии, чем при прогреве автомобиля, а коэффициент технической готовности снижается незначительно.

Выводы

При проведении тепловой обработки ТС увеличивается коэффициент технической готовности, что в свою очередь способствует повышению производительности автомобилей. Так, из проведенного исследования (таблица 1) следует, что при значительном снижении

температуры воздуха (до 35–40 °С) перед выходом автомобиля на линию рациональнее производить подогрев только двигателя, а не автомобиля полностью, т. к. тепловой энергии будет расходоваться меньше, а коэффициент технической готовности α_T снижаться будет незначительно – всего на 0,01.

Коэффициент технической готовности ТС напрямую связан с показателями надежности и организацией технического обслуживания и ремонта, поэтому в дальнейшем необходимо рассмотреть также и эти факторы [1].

Список литературы

1. Техническая эксплуатация автомобилей : учебник для вузов / Е. С. Кузнецов, А. П. Болдин, В. М. Власов [и др.]. – 4-е изд., перераб. и дополн. – Москва : Наука, 2001, – 535 с.
2. Авдонькин, Ф. Н. Оптимизация изменения технического состояния автомобиля / Ф. Н. Авдонькин. – Москва : Транспорт, 1993. – 350 с.
3. Говорущенко, Н. Я. Концепция развития автотранспорта в XXI веке / Н. Я. Говорущенко, В. Н. Варфоломеев // Вестник Восточноукраинского национального университета им. Даля. – Луганск : ВНУ им. Владимира Даля. – 2005. – № 7 – С. 11.
4. Ротенберг, Р. В. Основы надежности системы водитель – автомобиль – дорога – среда / Р. В. Ротенберг. – Москва : Машиностроение, 1986. – 216 с.
5. Крохта, Г. М. Особенности эксплуатации тракторов в условиях низких температур : монография / Г. М. Крохта. – Текст : электронный. – Новосибирск : Золотой колос, 2017. – 376 с. – ISBN 978-5-944-77-168-1. – // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/109514.html> (дата обращения: 12.05.2022). – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – DOI: <https://doi.org/10.23682/109514>.
6. Говорущенко, Н. Я. Обеспечение безопасности движения на автомобильном транспорте / Н. Я. Говорущенко, В. П. Волков, И. К. Шака. – Харьков : ХНАДУ, 2006. – 361 с.

И. Ф. Воронина, Ф. М. Судак, Ф. В. Молозин, Д. А. Рачков

Автомобильно-дорожный институт

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка

Разработка стратегии обеспечения эксплуатационной надежности автомобилей

в условиях низких температур

Надежность – важнейший показатель автотранспортных средств (АТС) и немаловажным аспектом решения проблемы надежности является разработка стратегии ее обеспечения.

На эксплуатационную надежность автомобиля в числе других факторов также влияют и климатические условия.

Известно, что в процессе работы происходит ухудшение технического состояния автомобиля и износ его агрегатов, что может привести к частичной или полной потере работоспособности, следовательно, к срыву процесса выполнения транспортной работы. Проведение тепловой подготовки транспортных средств создает оптимальные условия для работы агрегатов, узлов, деталей и систем автомобиля. При этом вероятность отказов, при прочих равных условиях, снижается, что увеличивает техническую готовность транспорта к выполнению транспортной работы, т. е. коэффициент технической готовности (α_T) транспортного средства.

После проведения соответствующих исследований был определен средний коэффициент технической готовности автомобилей трех исследуемых групп и был сделан вывод, что выгоднее использовать тепловую подготовку только двигателя. Так как при этом расходуется значительно меньше тепловой энергии, а коэффициент технической готовности снижается незначительно, что приводит к увеличению технической готовности транспортных средств.

СТРАТЕГИЯ ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНАЯ, СТРАТЕГИЯ ОЖИДАНИЯ РЕМОНТА, НАРАБОТКА ИЗДЕЛИЯ НА ОТКАЗ, ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМОБИЛЕЙ, ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ, ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ

I. F. Voronina, F. M. Sudak, F. V. Molozin, D. A. Rachkov
Automobile and Road Institute of Donetsk National Technical University, Gorlovka
Development of the Strategy to Ensure the Operational Reliability
of Vehicles in Low Temperature Conditions

Reliability is the most important indicator of the motor vehicles (MV). An important aspect of solving the problem of reliability is the development of the strategy for its provision.

Among other factors the climatic conditions also influence on the operational reliability of the vehicle.

It is known that in the process of work, the technical conditions of the car and its units are worn out, which can lead to the partial or complete working capacity loss, therefore, to the process disruption of the transport work performing. Carrying out the thermal preparation of vehicles creates optimal conditions for the operation of units, assemblies, parts and systems of the vehicle. At the same time, the probability of failures, *ceteris paribus*, decreases, which increases the technical readiness of transport to perform transport work, i. e., the coefficient of technical readiness (α_T) of the vehicle.

After carrying out the relevant studies, the technical readiness average coefficient of the cars of the three studied groups was determined. And it is concluded that it is more profitable to use thermal preparation of the engine only. Since in this case much less thermal energy is consumed, and the coefficient of technical readiness decreases slightly, which leads to the increase in the technical readiness of the vehicle.

PLANNED AND PREVENTIVE STRATEGY, REPAIR WAITING STRATEGY, PRODUCT TIME TO FAILURE, VEHICLE MAINTENANCE, TECHNICAL CONDITION, TECHNICAL CONTROL

Сведения об авторах:

И. Ф. Воронина

Телефон: +38 (071) 425-11-65

Эл. почта: voronina.adi@mail.ru

Ф. М. Судак

Телефон: +38 (06242) 2-40-40

Эл. почта: voronina.adi@mail.ru

Ф. В. Молозин

Эл. почта: molozin88@mail.ru

Д. А. Рачков

Телефон: +38 (071) 425-11-65

Статья поступила 27.05.2022

© *И. Ф. Воронина, Ф. М. Судак, Ф. В. Молозин, Д. А. Рачков, 2022*

Рецензент: Н. Н. Дудникова, канд. техн. наук, АДИ ГОУВПО «ДОННТУ»