

Транспортные услуги. Инженерия и инженерное дело

DOI: 10.63377/3005-4966.1-2025-03

УДК: 629.33

МРНТИ: 73.31.17

Исследование отказов элементов автомобилей и использования запасных частей

***Мурзахметова У.А., Ткачук М.Г., Никоненко А.Н.**

Казахский автомобильно-дорожный институт имени Л.Б. Гончарова, г.Алматы, Казахстан

*Автор-корреспондент e-mail: u_murzakhmetova@mail.ru

Поступила:
25 декабря 2024
Рецензирование:
17 января 2025
Принята в печать:
06 марта 2025

Аннотация

Эффективность использования автомобильного транспорта в значительной степени зависит от эксплуатационной надежности его подвижного состава. Надежность автотранспортных средств зависит от их надлежащего конструктивного исполнения, обоснованной стратегией поддержания их работоспособности при эксплуатации. Реализация этой стратегии во многом определяется использованием современных информационных технологий, к которым можно отнести методы и средства диагностического прогнозирования характеристик надежности (отказов) автомобилей. Использование современных технологий в области поддержания работоспособности автомобилей позволяет обеспечивать условия их безопасности, повысить степень использования долговечности составных элементов, сократить простои в ремонте, уменьшить расход запасных частей и материалов и т.д.

В работе также представлен статистический анализ исследования отказов элементов автомобилей-тягачей 2-х марок. Исследованные отказы деталей, узлов и агрегатов автомобилей-тягачей позволили определить законы распределения случайных величин появления потребности в запасных частях. Рассмотренные причины появления отказов элементов и использования запасных частей автомобилей-тягачей позволили установить, что большая часть причин появления нарушений работоспособности, имеющих несимметричные законы распределения, отражают несовершенство конструкции, нарушения технологических процессов сборки, непригодность подвижного состава к условиям эксплуатации.

Ключевые слова: автомобиль, запасные части, подвижной состав, надежность, работоспособность.

Мурзахметова У.А.	Информация об авторах: Кандидат технических наук профессор кафедры «Транспортная техника и организация перевозок», Казахский автомобильно-дорожный институт имени Л.Б. Гончарова, г. Алматы, Республика Казахстан, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-5429-023X E-mail: u_murzakhmetova@mail.ru .
Ткачук М.Г.	магистрант 2 года обучения ОП 7M07104 «Транспорт, транспортная техника и технологии», Казахский автомобильно-дорожный институт имени Л.Б. Гончарова, г. Алматы, Республика Казахстан. ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-3944-4437 E-mail: m.tkachuk@gmail.com
Никоненко А.Н.	магистрант по образовательной программе 7M07104 «Транспорт, транспортная техника и технологии», Казахский автомобильно-дорожный институт имени Л.Б. Гончарова, г. Алматы, Республика Казахстан. ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-0937-1329 E-mail: a.nikonenko@mail.ru .

Көлік қызметі. Инженерлік іс және инженерия

DOI: 10.63377/3005-4966.1-2025-03

ЭОЖ: 629.33

GTAMP: 73.31.17

Көлік құралдарының бөлшектерінің істен шығуын зерттеу және қосымша өлшектерді пайдалану

*Мурзахметова У.А., Ткачук М.Г., Никоненко А.Н.

Л.Б. Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институты, Алматы қ, Қазақстан

*Автор-корреспондент e-mail: u_murzakmetova@mail.ru

Мақала келді:
25 желтоқсан 2024
Сараптамадан өтті:
17 қантар 2025
Қабылданды:
06 наурыз 2025

Түйіндеме

Автомобиль көлігін пайдалану тиімділігі көбінесе оның жылжымалы құрамының пайдалану сенімділігіне байланысты. Көлік құралдарының сенімділігі олардың дұрыс дизайнына және жұмыс кезінде олардың жұмыс қабілеттілігін сақтаудың дұрыс стратегиясына байланысты. Бұл стратегияны іске асыру көбінесе көлік құралдарының сенімділік сипаттамаларын (ақауларын) диагностикалық болжау әдістері мен құралдарын қамтитын заманауи ақпараттық технологияларды қолданумен анықталады. Автокөліктердің жұмыс қабілеттілігін сақтау саласында қазіргі заманғы технологияларды қолдану олардың қауіпсіздік жағдайларын қамтамасыз етуге, құрамдас бөліктердің ұзақ мерзімділігін пайдалану дәрежесін арттыруға, жөндеу кезінде тоқтап қалуды азайтуға, қосалқы бөлшектер мен материалдардың шығынын азайтуға және т.б.

Жұмыста тіркемесімен автокөліктің екі түрлі маркасының элементтерінің істен шығуын зерттеудің статистикалық талдауы берілген. Автомобильдердің бөлшектерінің, тораптары мен зерттелген ақаулары анықталған қосалқы бөлшектерге қажеттіліктің пайда болуының кездейсоқ шамаларының таралу заңдылықтарын анықтауға мүмкіндік берді. Элементтердің істен шығуының және автомобильдердің қосалқы бөлшектерінің пайдаланылуының қарастырылған себептері асимметриялық бөлу заңдылықтары бар ақаулардың пайда болу себептерінің көпшілігі конструкцияның жетілмегендігін, технологиялық құрастыру үдерістерінің бұзылуын және жылжымалы құрамның жұмыс жағдайларына жарамсыздығын көрсететінін анықтауға мүмкіндік берді.

Түйін сөздер: автомобиль, қосалқы бөлшектер, жылжымалы құрам, сенімділік, өнімділік

Мурзахметова У.А	Авторлар туралы ақпарат: Техника ғылымдарының кандидаты, «Көлік технологиясы және тасымалдауды ұйымдастыру» кафедрасының профессоры, Л.Б. Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институты, Алматы қ, Қазақстан, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-5429-023X . E-mail: u_murzakmetova@mail.ru .
Ткачук М.Г	7M07104 «Көлік, көлік техникасы және технологиясы» білім беру бағдарламасы бойынша магистрант, Л.Б. Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институты, Алматы қ, Қазақстан. ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-3944-4437 . E-mail: m.tkachuk@gmail.com
Никоненко А.Н.	7M07104 «Көлік, көлік техникасы және технологиясы» білім беру бағдарламасы бойынша магистрант, Л.Б. Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институты, Алматы қ, Қазақстан. ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-0937-1329 . E-mail: a.nikonenko@mail.ru .

Transportation Services. Engineering

DOI: 10.63377/3005-4966.1-2025-03

UDC: 629.33

IRSTI: 73.31.17

Study of vehicle component failures and the use of spare parts

*Murzakhmetova U.A., Tkachuk M.G., Nikonenko A.N.

Kazakh Automobile and Road Institute named after L.B. Goncharov, Almaty, Kazakhstan

*Corresponding author e-mail: u_murzakhmetova@mail.ru

Received:
25 December 2024
Peer-reviewed:
17 January 2025
Accepted:
06 March 2025

Abstract

The efficiency of using motor transport largely depends on the operational reliability of its rolling stock. The reliability of motor vehicles depends on their proper design, a justified strategy for maintaining their operability during operation. The implementation of this strategy is largely determined by the use of modern information technologies, which include methods and means of diagnostic forecasting of reliability characteristics (failures) of vehicles. The use of modern technologies in the field of maintaining the operability of vehicles allows us to ensure their safety conditions, increase the degree of use of the durability of components, reduce downtime during repairs, reduce the consumption of spare parts and materials, etc. The paper presents a statistical analysis of the study of failures of elements of tractor vehicles of 2 brands. The studied failures of parts, units and assemblies of tractor vehicles made it possible to determine the laws of distribution of random variables of the emergence of a need for spare parts. The considered reasons for the occurrence of failures of elements and the use of spare parts of tractor vehicles made it possible to establish that the majority of reasons for the occurrence of malfunctions with asymmetric distribution laws reflect the imperfection of the design, violations of technological assembly processes, and the unsuitability of the rolling stock for operating conditions.

Keywords: automobile, spare parts, rolling stock, reliability, performance

Murzakhmetova U.A.	Information about authors: Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Transport Engineering and Organization of Transportation, Kazakh Automobile and Road Institute named after L.B. Goncharov, Almaty, Kazakhstan, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-5429-023X . E-mail: u_murzakhmetova@mail.ru .
Tkachuk M.G.	2-nd year master's student of the OP 7M07104 - "Transport, transport equipment and technologies", Kazakh Automobile and Road Institute named after L.B. Goncharov, Almaty, Kazakhstan. ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-3944-4437 . E-mail: m.tkachuk@gmail.com
Nikonenko A.N.	2-nd year master's student of the OP 7M07104 - "Transport, transport equipment and technologies", Kazakh Automobile and Road Institute named after L.B. Goncharov, Almaty, Kazakhstan. ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-0937-1329 . E-mail: a.nikonenko@mail.ru .

Введение

Одной из основных задач для автотранспортных предприятий является поддержание подвижного состава в работоспособном состоянии при минимальном времени нахождения автомобиля в ремонте. Для этого необходимо обеспечить на складе автопредприятия необходимое количество требуемых запасных частей для узлов и агрегатов автомобилей. Это особенно важно для автомобилей, осуществляющих дальние и международные перевозки, так как ремонт таких автомобилей необходимо планировать заранее, к моменту их возвращения из рейса. Однако в условиях ограниченности оборотных средств и при дороговизне запасных частей предприятиям приходится формировать складской фонд запасных частей и закупать запасные части, опираясь на опыт предыдущей эксплуатации и интуицию[1].

Основные задачи исследования: выявить тип и количество деталей узлов и агрегатов автомобилей, заменяемых в процессе эксплуатации и установить закономерности их отказов и определить в эксплуатационных условиях наименее надежные агрегаты, узлы и детали.

Для исследования были выбраны автотранспортные средства автомобильного гаража фирмы «Ялта» - автомобили-тягачи Mercedes-Benz 1844 Actros LS и автомобили Volvo FH 1242 2009 и 2014 гг. выпуска в составе автопоездов с полуприцепами Schmitz и Krone. Данные о заменах деталей собирались с начала эксплуатации. За период с 2020 по 2024 гг. средний пробег автопоездов составил около 700 тыс. км. Эксплуатировались автопоезда на дорогах I-й и II-й категории условий эксплуатации. Были собраны данные по заменам контрольных групп автомобилей по агрегатам, узлам, механизмам и системам. На основании этих данных построены диаграммы распределения отказов по пробегу.

Методы

Для построения статистических характеристик отказов информация по наработкам (пробегам) разбивалась на интервалы с определением наибольшего и наименьшего значения показателя, опытной вероятности, опытной частоты, среднеквадратичного отклонения и значения коэффициента вариации.

Данные по наработкам на отказ разбивались на интервалы по формуле:

$$n = 1 + 1,44 \cdot \ln(N)(1)$$

Интенсивность потока отказов определялась по формуле:

$$\lambda = \frac{n(l)}{N(l) \cdot \Delta l} \quad (2)$$

где: $n(l)$ - количество отказов за пробег Δl ед.;

$N(l)$ - общее количество отказов, ед.

Поскольку на практике не хватает априорной информации для однозначного выбора базового закона распределения, прибегают к критериям согласия. При этом уровень значимости превышающий 0,05 говорит о верности первоначально выбранной гипотезы.

Оценка выбранных гипотез осуществлялась на основе критерия Акаике (Akaike's information criterion, AIC) [2]:

$$AIC = -2\ln L(\hat{\theta}) + 2k + \frac{2k(k+1)}{(n-k-1)} \quad (3)$$

где: k - количество характеристик гипотезы;

$(\hat{\theta})$ - вектор оценок характеристик выбранной гипотезы;

$\ln L(\hat{\theta})$ – логарифм функции максимального правдоподобия

Последнее слагаемое зачастую игнорируют и не используют, так как эта часть формулы необходима для выравнивания критерия при анализе малых выборок.

Логарифм функции максимального правдоподобия можно представить в следующем виде:

$$\ln L(\hat{\theta}) = \sum_{i=1}^n \delta_i \ln f(t_i, \hat{\theta}) + \sum_{i=1}^n (1 - \delta_i) \ln S(t_i, \hat{\theta}) \quad (4)$$

где: $t_i, i = 1, 2, \dots, n$ – эмпирический массив длительностей, ч.;

n – численность массива длительностей,

$\delta_i, i = 1, 2, \dots, n$ – соответствующий массив индикаторов цензурирования,

$f(t_i, \hat{\theta})$ – функция плотности нулевой гипотезы,

$S(t_i, \hat{\theta})$ – оценка выбранной функции выживания

Из нескольких статистических моделей наиболее адекватной считают модель с наименьшим значением критерия АІС.

Оценка отказов и замен запасных частей узлов и агрегатов автомобилей- тягачей позволяет определить наименее надёжные узлы и элементы, требующие внимания в процессе разработки и изготовления.

Получены общие характеристики исследуемых автомобилей (таблица 1).

Таблица 1. Общие характеристики исследуемых автомобилей

Показатель	Volvo FH 1242	Mercedes-Benz Actros LS
Количество автомобилей, ед.	15	16
Среднее число отказов на один автомобиль, ед.	13,29	33,11
Средний пробег, км	455010	703450
Средний пробег до первого отказа, км	141750	171881

При исследовании эксплуатационных отказов автомобиля-тягачей Mercedes-Benz 1844 Actros LS были заменены рулевые тяги, замена сальника ведущей шестерни главной передачи, замена или ремонт турбокомпрессора, замена топливного бака, замена торсиона кабины, ремонт или замена автономного отопителя, замена тахографа, ремонт или замена форсунок, электронных блоков управления агрегатов и узлов, дисплея, воздушных и масляных трубопроводов, датчиков, кабеля ABS, генератора, амортизаторов, тормозных механизмов, аккумуляторной батареи (таблица 2).

Также имели место замены коробки передач, блока управления двигателем [3].

Таблица 2. Распределение замен деталей, узлов, агрегатов

№	Наименование детали, узла, агрегата	К общему количеству, %
1	ДВС	10,2
2	Трансмиссия	11,4
3	Рулевое управление	5,2
4	Ходовая часть	16,7
5	Электрооборудование	17,3
6	Тормозная система	14,4
7	Другое (подвеска и освещение кабины, система комфорта водителя)	24,8

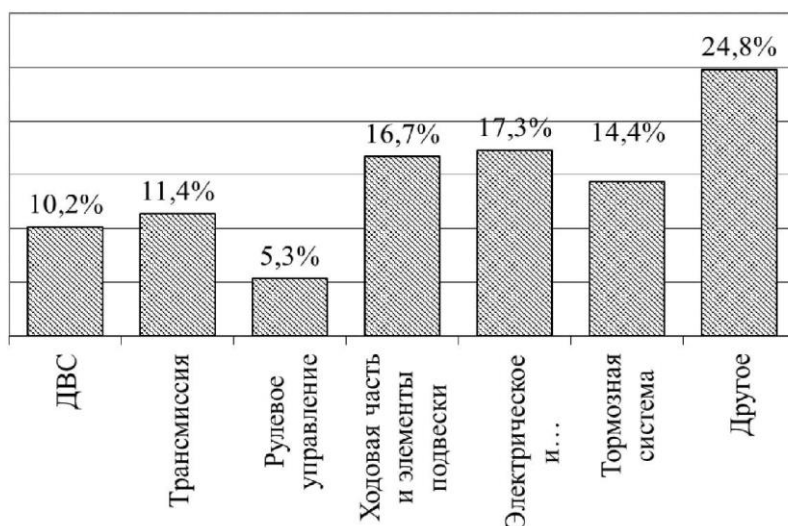


Рисунок 1. Распределение отказов механизмов и систем по системам автомобилей Mercedes-Benz Actros 1844 LS [материал автора]

Обсуждения

Выявленные нарушения технического состояния автомобилей по своему виду, характеру, причинам возникновения и времени устранения значительно разнятся между собой [4, 5]. Их анализ, изучение физической сущности и частоты повторяемости позволили квалифицированно влиять на эффективность эксплуатации автомобилей.

Классифицируя причины отказов элементов автомобилей в начальный период, следует отметить, что большая их часть относится к поломке, ослаблению затяжки крепления, перетиранию, преждевременному износу. Удельный вес износовых отказов составляет около 20%, а ослабление затяжки крепления - более 60%. Характерно, что число последних с пробегом уменьшается и после первых 60 тыс. км уже не превышает 15%.

Знание закономерностей возникновения отказов позволяет решать практические задачи в сферах конструкции автомобилей и планирования количества запасных частей в их эксплуатации.

В системе электрического и особенно электронного оборудования также были выполнены замены. Неудачное место расположения аккумуляторных батарей приводит к постоянному их загрязнению и засорению вентиляционных отверстий пробок. Отсутствие необходимой тепловой изоляции кабин привело к появлению при низких температурах конденсата, который, попадая на приборную панель, вызывает самопроизвольное срабатывание электроприборов. В результате заменялись аккумуляторные батареи, датчики, тахографы, кабель ABS, производилось перепрограммирование бортовых компьютеров.

17% отказов относится к электрооборудованию, большинство (178 замен) приходится на замену ролика натяжителя ремня генератора, 124 - на замену подшипника генератора, 119 - на замену ремня генератора. За все время эксплуатации автомобилей было заменено 58 генераторов – это фактически на каждом 3-м автомобиле. Также было зафиксировано 105 ремонтов тахографов, из них 10 - замена тахографов в сборе. Отказы подчинены нормальному закону распределения (рисунок 2).

Также аналогично проведена исследования эксплуатационных отказов для автомобилей-тягачей Volvo FH 1242

При эксплуатации автомобилей-тягачей Volvo в течение первого года были выявлены: недостаточная мощность тягачей при движении на подъемах, неудовлетворительная работа подвески при движении по дорогам в условиях стран СНГ, замены аккумуляторных батарей,

амортизаторов, крепежных соединений, повышенный износ шин ведущих колес, отсутствие надежного отопления кабины.

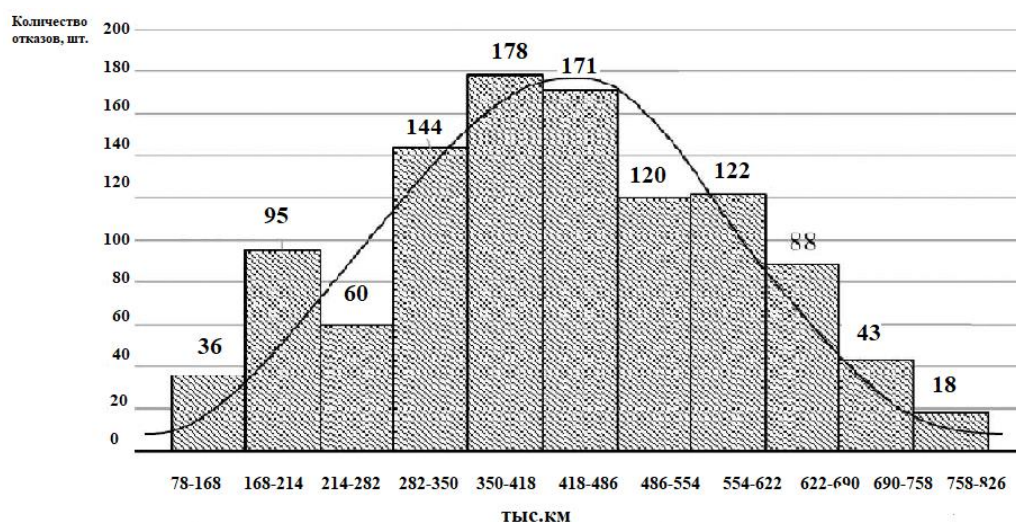


Рисунок 2. Распределения отказов электрооборудования [материал автора]

С увеличением пробега до 80 тыс. км увеличилось количество заявок на устранение неисправностей и отказов в агрегатах автомобилей. Использование автономного отопителя при изменении погодных условий резко увеличило количество заявок на его ремонт. Фиксировались отказы в электрооборудовании [6]. Анализ потока отказов автомобилей-тягачей Volvo FH 1242 показал, что характерными отказами были: неисправности двигателя (36,4%), электрооборудования (21,8%), трансмиссии (8,6%), отказы ходовой части, и подъема кабины, также часто встречаются поломки системы отопления.

Среди неисправностей систем двигателя (рисунок 4), являющихся фактически каждой третьей неисправностью, было определено, что 34,6% из них составляют неисправности системы подачи и подготовки топливной смеси (замены форсунок, их стаканов и уплотнений). Большую часть неисправностей системы отработавших газов составляют замены гофры глушителя, замены прокладок выпускного коллектора. В двигателях внутреннего сгорания за период эксплуатации менялись коренные и шатунные вкладыши, слабым местом оказались задние сальники коренного подшипника; в системе охлаждения – термостат. Замены в системе смазки характеризуются отказом датчика давления масла. Видно, что большая часть замен была выполнена на первых 300 тыс. км пробега. Отказы агрегатов подчинены логнормальному закону распределения. К заменам трансмиссии отнесены замены дисков сцепления, подшипников выжимных, также требовались ремонтные комплекты пневмо-гидроусилителя сцепления. Воздействия на тормозную систему в половине случаев – это замены пружин тормозных колодок; также выполнялись замены датчиков износа колодок и клапана ограничения давления, менялись модуляторы управления тормозами полуприцепов, модуляторы EBS. К заменам ходовой части, относятся пневморессоры и другие элементы пневмоподвески – клапана и датчики. Также выполнялись ремонты лучевой тяги и замены колесных гаек. Отказы электрооборудования характерны заменами ремня и ролика натяжителя, подшипников и якоря генератора. Также для автомобилей данной марки характерны замены элементов автономного отопителя салона в течение всего периода эксплуатации.

Отказы элементов тормозной системы приведены в таблице 3. Статистический анализ показал наличие равномерного распределения отказов датчика износа тормозных колодок Volvo FH 1242, в тоже время для деталей тормозной системы Mercedes-Benz Actros 1844 LS характерно логарифмически-нормальное распределение.

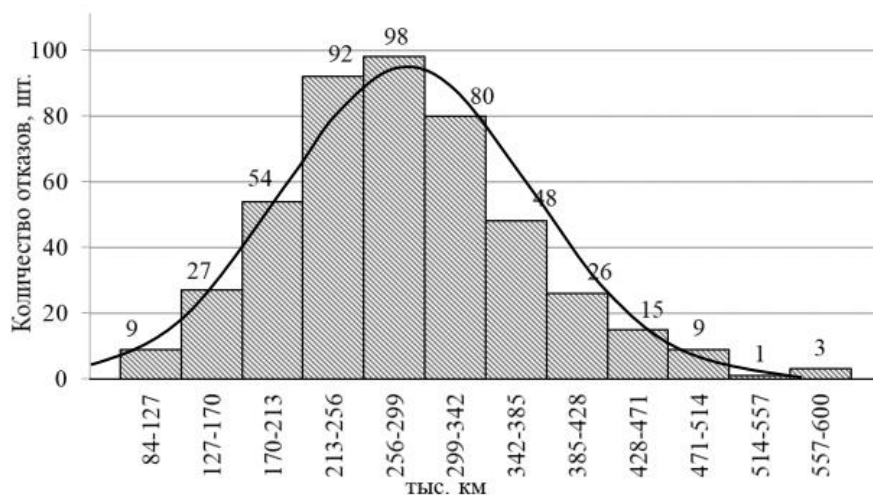


Рисунок 3. Распределение отказов по интервалам пробега [материал автора]

Таблица 3. Отказы электронного оборудования элементов тормозной системы

Марка	Деталь	Отказов, ед.	%	Средняя наработка до отказа, км
Mercedes-Benz Actros 1844 LS	Блок EBS	30	23,8	359400
	Датчик ABS	46	36,5	514717
	Модулятор тормоза	50	39,7	533460
Volvo FH 1242	Датчик износа тормозных колодок	26	56,5	312923
	Модулятор тормоза	12	26,1	256583
	Датчик ABS	4	8,7	270750
	Блок EBS	4	8,7	286750

Выводы

Исследованные отказы деталей, узлов и агрегатов автомобилей-тягачей позволили определить законы распределения случайных величин появления потребности в запасных частях.

Рассмотренные причины появления отказов и использования запасных частей автомобилей-тягачей позволили установить, что большая часть причин появления нарушений работоспособности, имеющих несимметричные законы распределения, отражают несовершенство конструкции, нарушения технологических процессов сборки, непригодность подвижного состава к условиям эксплуатации. Нормальный закон распределения показывает, что на появление отказа влияет сравнительно большое число независимых (или слабозависимых) элементарных факторов, каждый из которых в отдельности вносит лишь незначительный вклад по сравнению с суммарным влиянием всех остальных.

Для повышения уровня эксплуатационных свойств транспортных средств, в конструкцию современного автомобиля все шире внедряются электронные и микропроцессорные системы. Однако, как показывает опыт эксплуатации, до 35% отказов других систем может быть вызвано отказом элемента электрооборудования.

Анализ времени доставки запасных частей показывает, что в таких условиях минимизация склада запасных частей приводит к увеличению простоя автомобилей в ожидании требуемой запасной части и понижению эффективности работы предприятия. Несмотря на то, что большая часть запасных частей автомобилей доставляется на предприятие в течение суток, время, требуемое на выполнение ремонта, как правило, гораздо меньше времени доставки запасной части. Существуют такие запасные части, замена которых производится быстро, но время доставки, которых может достигать 71 двух недель. Это обуславливает необходимость оптимизации склада для уменьшения простоя в ремонте и ожидании требуемой запасной части.

Систематизированные данные по отказам, позволяют прогнозировать и планировать число ремонтных воздействий, потребности в рабочей силе, площадях, материалах и запасных частях. Собранные статистические данные использованы для определения вероятности отказов деталей за периоды эксплуатации, которые необходимы для оптимизации склада запасных частей автотранспортного предприятия.

Конфликт интересов. Корреспондент автор заявляет, что конфликта интересов нет.

Ссылка на данную статью: Мурзахметова У.А., Ткачук М.Г., Никоненко А.Н. Исследование отказов элементов автомобилей и использования запасных частей // Вестник Казахского автомобильно-дорожного института = Bulletin of Kazakh Automobile and Road Institute = Kazakh avtomobil-zhol institutynyn Khabarshysy. 2025;1(9):31-40. <https://doi.org/10.63377/3005-4966.1-2025-03>

Cite this article as: Murzakmetova U.A., Tkachuk M.G., Nikonenko A.N. Issledovanie otkazov elementov avtomobilej i ispol'zovaniya zapasnyh chastej [Study of vehicle component failures and the use of spare parts]. Vestnik Kazahskogo avtomobil'no-dorozhnogo institute = Bulletin of Kazakh Automobile and Road Institute = Kazakh avtomobil-zhol institutynyn Khabarshysy. 2025;1(9):31-40. (In Rus.). <https://doi.org/10.63377/3005-4966.1-2025-03>

Литература

- [1] Гамазин И.В. Управление сетью автомобильных дилерских предприятий. Автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. Гамазин Илья Валерьевич. 2007, 16 с.
- [2] Akaike H.A. Bayesian analysis of the minimum AIC procedure. Annals of the Institute of Statistical Mathematics. 2007, vol. 30, 9–14p.
- [3] Кравченко А.П. Статистический анализ надежности автомобилей тягачей Mercedes-Benz 1844 Actros LS. А.П.Кравченко, Е.А.Верительник. Материалы VII международной научно-технической конференции «Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств». 2012, 188 – 192.
- [4] Кравченко А.П. Исследования нарушений работоспособности автомобилей-тягачей Volvo FH 1242 в гарантийный и послегарантийный периоды эксплуатации. Вестник СевНТУ. Машиностроение на транспорте. 2013, 142, 100–103.
- [5] Хасанов Р.Х. Основы технической эксплуатации автомобилей. Учебное пособие. ГОУ ОГУ. 2003, 193 с.
- [6] Иванов В.П. Ремонт автомобилей. Учебное пособие. В.П.Иванов, В.К.Ярошевич, А.С.Савич. Высш. шк. 2009, 383 с.

References

- [1] Gamazin I.V. Upravleniye setyu avtomobilnykh dilerskikh predpriyatiy [Management of a network of automobile dealerships]. Avtoreferat kandidatskoj dissertacii = abstract of a candidate's dissertation. 2007, 16. (in Russ.).
- [2] Akaike H.A. Bayesian analysis of the minimum AIC procedure. Annals of the Institute of Statistical Mathematics. 2007, vol. 30, 9–14. (in Eng.).

- [3] Kravchenko A.P. Statisticheskiy analiz nadezhnosti avtomobiley tyagachey Mercedes-Benz 1844 Actros LS [Statistical analysis of reliability of trucks Mercedes-Benz 1844 Actros LS]. A.P.Kravchenko. E.A.Veritelnik. Materialy VII mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Problemy kachestva i ekspluatatsii avtotransportnykh sredstv» = Proceedings of the VII International Scientific and Technical Conference "Problems of Quality and Operation of Motor Vehicles". 2012, 188 – 192. (in Russ.).
- [4] Kravchenko A.P. Issledovaniya narusheniy rabotosposobnosti avtomobiley-tyagachey Volvo FH 1242 v garantiyny i poslegarantiyny periody ekspluatatsii [Research of malfunctions of Volvo FH 1242 tractors during warranty and post-warranty periods of operation]. Vestnik SevNTU. Mashinostroyeniye na transporte = SevNTU Bulletin. Mechanical Engineering in Transport. 2013, 142, 100–103. (in Russ.).
- [5] Khasanov R.Kh. Osnovy tekhnicheskoy ekspluatatsii avtomobiley [Basics of technical operation of cars]. Uchebnoye posobiye = Tutorial. GOU OGU. 2003, 193. (in Russ.).
- [6] Ivanov V.P. Remont avtomobiley [Car repair]. Uchebnoye posobiye = Tutorial. V.P.Ivanov., V.K.Yaroshevich., A.S.Savich. Vyssh.shk. 2009, 383. (in Russ.).