

УДК (УДК) 625.1

КЛАССИФИКАЦИЯ ОТКАЗОВ И НЕИСПРАВНОСТЕЙ ЛЕГКОВЫХ
АВТОМОБИЛЕЙ С ЦЕЛЬЮ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯCLASSIFICATION OF FAILURES AND MALFUNCTIONS OF PASSENGER CARS
WITH THE AIM OF CREATING A TECHNICAL CONDITION ASSESSMENT SYSTEM.Таричко В.И., Ратников С.А.
Tarichko V.I., Ratnikov S.A.Российский университет транспорта (Москва, Россия)
Russian University of Transport (Moscow, Russia)

Аннотация. В статье приводится обзор и классификация неисправностей автомобильного транспорта (класса: легковые автомобили). Исследуются причинно-следственные связи «Неисправность-дорожно-транспортное происшествие». Выход из строя элементов рулевого управления и подвески влечет за собой потерю управления автомобилем, что приводит к дорожно-транспортным происшествиям. Определено, что на безопасность существенно влияют и не поддаются самодиагностике шарнирные соединения шаровых опор и стоек стабилизатора. Шаровая опора является опорой ступицы. Поломка шаровой опоры приводит к потере контроля траектории движения автомобиля по причине того, что колесо занимает произвольное и неконтролируемое положение в колесной арке. Износ шаровой опоры заключается в возникновении люфта в шарнире, который сейчас диагностируется органами чувств человека. Оценка технического состояния производится примитивным методом: автомобиль вывешивается и, воздействуя рычагом, мастер прилагает к шаровой опоре различные нагрузки. В статье прогнозируется возможность создания системы самодиагностики узлов с шарнирными соединениями. Совместно с этим проведен статистический анализ возникающих отказов и неисправностей у автомобилей по маркам и классам, что позволяет утверждать о постоянстве исследуемой проблемы. Проведен анализ взаимосвязи отказов и неисправностей с дорожно-транспортными происшествиями, в котором отражены наиболее частые причины дорожно-транспортных происшествий по вине неисправностей автомобиля.

Ключевые слова: автомобиль, неисправность, шаровая опора, стойки стабилизатора.

Дата получения статьи: 02.09.2024
Дата принятия к публикации: 20.09.2024
Дата публикации: 25.09.2024

Abstract. The article provides an overview and classification of motor vehicle faults (class: passenger cars). The cause-and-effect relationships "Fault-RTA" are studied. Failure of steering and suspension elements entails loss of vehicle control, which leads to traffic accidents. It is determined that safety is significantly affected and cannot be self-diagnosed by articulated joints of ball joints and stabilizer struts. The ball joint is the support of the hub. Failure of the ball joint leads to loss of control of the vehicle's trajectory due to the fact that the wheel occupies an arbitrary and uncontrolled position in the wheel arch. Wear of the ball joint consists in the occurrence of play in the joint, which is now diagnosed by human senses. The technical condition is assessed using a primitive method: the vehicle is suspended and, using a lever, the mechanic applies various loads to the ball joint. The article predicts the possibility of creating a self-diagnostic system for joints with articulated joints. Along with this, a statistical analysis of emerging failures and malfunctions in cars by brand and class is carried out, which allows us to assert the constancy of the problem under study. An analysis of the relationship between failures and malfunctions with road accidents is carried out, which reflects the most frequent causes of accidents due to vehicle malfunctions.

Keywords: car, malfunction, ball bearing, stabilizer bars.

Date of manuscript reception: 02.09.2024
Date of acceptance for publication: 20.09.2024
Date of publication: 25.09.2024

Сведения об авторах:

Таричко Вадим Игоревич – кандидат технических наук, профессор кафедры «Наземные транспортно-технологические средства», ФГАУ ВО «Российский университет транспорта»,
e-mail: 32.6909@mail.ru.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0286-725X>

Ратников Станислав Александрович – аспирант кафедры «Наземные транспортно-технологические средства», ФГАУ ВО «Российский университет транспорта»,
e-mail: 012345665432100227@inbox.ru.

Authors' information:

Vadim I. Tarichko – Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Land Transport and Technological Means at Russian University of Transport, *e-mail: 32.6909@mail.ru.*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0286-725X>

Stanislav A. Ratnikov – Postgraduate student, Department of Land Transport and Technological Means at Russian University of Transport, *e-mail: 012345665432100227@inbox.ru.*

1. Введение

Автомобиль, основные принципы конструктивного построения которого появились в XIX веке, стал одним из важнейших элементов жизни человека в первой половине XX века. На долгосрочную перспективу альтернатив автомобилю как наземному виду транспорта не существует.

Автомобиль является главным транспортным средством мирового пассажирооборота. Отечественные и зарубежные статистические данные свидетельствуют о том, что на долю автомобильного транспорта приходится не менее 70% ежегодного мирового пассажирооборота (рис. 1).

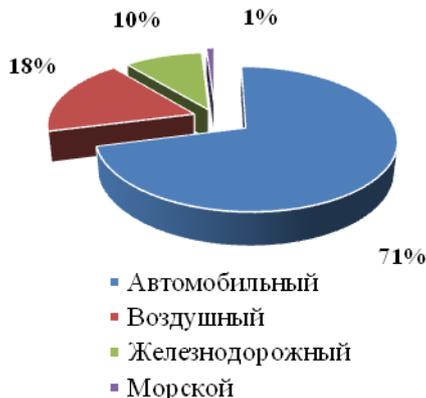


Рис. 1. Доля автомобильного транспорта в мировом пассажирообороте

Автомобиль – сложная техническая система, которая может подвергаться различным отказам и неисправностям. Эти проблемы могут иметь серьезные последствия, включая угрозу безопасности.

Изучение причин отказов и неисправностей легковых автомобилей представляет со-

бой важную научную задачу, поскольку позволяет выявить основные факторы, способствующие изменению технического состояния. Это, в свою очередь, способствует разработке эффективных методов диагностики и предотвращения неисправностей.

С развитием технологий в автомобильной промышленности появляются новые задачи. Автомобили с автоматизированными системами управления и электроникой требуют специализированного подхода к диагностике и обслуживанию. Это приводит к тому, что специалистам по обслуживанию автомобилей необходимо постоянно совершенствовать свои знания и навыки, чтобы успешно справляться с современными техническими задачами. Таким образом, изучение отказов и неисправностей автомобилей является неотъемлемой частью развития автомобильной индустрии.

2. Автомобиль как объект машиностроения

Автомобиль – один из наиболее сложных объектов машиностроения, особенностями которого являются непрерывные конструкторско-технологические изменения с целью обеспечения конкурентоспособности продукции. В соответствии с Европейской конвенцией о дорожном движении выделяют следующие категории транспортных средств:

категория А – мотоциклы и другая мототехника;

категория В – автомобили, за исключением относящихся к категории А, разрешенная масса которых не превышает 3500 кг и число

сидячих мест, помимо сиденья водителя, не превышает восьми;

категория С – автомобили, за исключением относящихся к категории D, разрешенная максимальная масса которых превышает 3500 кг;

категория D – автомобили, предназначенные для перевозки пассажиров и имеющие более восьми сидячих мест помимо сиденья водителя;

категория E – составы транспортных средств с тягачом, относящимся к категориям B, C или D, которыми водитель имеет право управлять, но которые не входят сами в эти категории [1];

В данной статье рассматриваются автомобили категории B, которые также имеют классификацию по габаритным размерам (табл. 1).

Таблица 1

Классификация по габаритным размерам

Класс	A	B	C	D	E	S(F)
Длина, м	≤3,6	3,6-3,9	3,9-4,4	4,4-4,7	4,6-4,8	>4,8
Ширина, м	≤1,6	1,5-1,7	1,6-1,75	1,7-1,8	>1,7	>1,7

Новый серийный автомобиль, прошедший различные уровни контроля качества (стандарты проектирования и испытаний, стандарты предприятия-изготовителя, национальные стандарты, межгосударственные стандарты) всегда соответствует всем требованиям безопасности.

Согласно официальным данным всех заводов-изготовителей автомобильного транспорта как в России, так и за рубежом, срок, на который рассчитывается безопасная эксплуатация транспортного средства не превышает 8-10 лет с момента выпуска автомобиля.

Потеря работоспособности автомобиля, его частые и неожиданные поломки, обычное явление для стареющего автопарка [2].

Автомобиль состоит из множества взаимосвязанных систем и узлов:

1. Силовая установка и трансмиссия (двигатель внутреннего сгорания, электродвигатель, коробка передач) – отвечает за создание и передачу крутящего момента на колеса;

2. Кузов автомобиля (несущая система) – обеспечивает безопасность и комфортные условия для пассажиров, а также обеспечивает аэродинамические характеристики;

3. Электрооборудование – питает все системы автомобиля, обеспечивает нормальную работу силовой установки, безопасность движения, а также информирует водителя о состоянии всех систем автомобиля;

4. Системы управления – обеспечивают контроль и регулирование работы различных узлов автомобиля;

5. Ходовая часть – подвеска, колеса, тормозное оборудование – обеспечивает плавность хода, управляемость и безопасность движения.

Приоритетным требованием для автомобиля является безопасность, которая обеспечивается рядом систем, в том числе, системами диагностики, информирующими водителя о возникновении неисправности в конкретном узле.

На безопасность, в первую очередь, влияет ходовая часть автомобиля, так как она непосредственно отвечает за траекторию движения автомобиля, за его остановку и управление в целом. Тормозная система современного автомобиля оборудована рядом датчиков, например, предупреждающих о необходимости замены тормозных колодок или о низком уровне тормозной жидкости, но для элементов подвески таких датчиков нет.

Появляется необходимость создания системы встроенной или стационарной оценки технического состояния данных систем и узлов.

3. Неисправности и отказы легковых автомобилей

Нарушение работоспособности автомобиля называется отказом или неисправностью, в зависимости от последствий.

Неисправность – состояние автомобиля, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативной документации. Например, повышенный расход топлива, угар масла или увеличенное время разгона.

Отказ – нарушение работоспособности автомобиля, при котором он частично или целиком теряет свои функции. Например,

отказ двигателя – не обеспечивается движение автомобиля.

3.1. Системы двигателя

Проведены подробные научные исследования в области анализа причин неисправностей, построения систем технического диагностирования [3].

Основным фактором, влияющим на частоту отказов, является нарушение функционирования силового агрегата. К четвертому году эксплуатации автомобиля вероятность возникновения отказов может составлять 18...22%. Затраты труда на текущий ремонт могут достигать 65...70% от общих трудовых затрат на поддержание автомобилей в работоспособном состоянии [4].

В данной статье рассмотрены наиболее распространенные неисправности двигателя.

3.1.2. Неисправности в системе зажигания

Свечи зажигания. Конструкция свечи зажигания является надежной и не склонной к возникновению неисправностей, однако она имеет ограниченный ресурс и требует замены после пробега автомобиля в среднем 40000 км.

Это обусловлено образованием нагара на электродах в результате процессов сгорания топливовоздушной смеси. Кроме того, свечи подвергаются воздействию высоких температур, что может привести к образованию трещин в изоляторе и утечке искры [5].

Катушки зажигания. Несмотря на различные типы катушек зажигания, принцип их работы схож, что обуславливает схожие поломки. Одной из причин выхода катушки из строя является перегрев, приводящий к повреждению изоляции обмоток [6]. Другая причина – механические повреждения (трещина или разрыв колпачка, соединяющего катушку со свечой). Также возможно нарушение контакта массы катушки из-за загрязнения или коррозии.

Неисправности свечей зажигания или катушек могут снижать эффективность сгорания топлива, что может привести к полному отказу двигателя.

Основная часть неисправностей при эксплуатации автомобилей приходится на систему питания двигателя (около 90% для карбюраторных ДВС и 45% для двигателей с электронным управлением системой впрыска топлива) и систему зажигания (до 85%, из которых более 40% приходится на автомобили с электронными системами зажигания) [7].

3.1.2 Неисправности в топливной системе

Топливные форсунки. Загрязнение сопел форсунок является распространенной причиной отказов, обусловленной использованием некачественного топлива. Исследования показывают, что износ запирающего элемента и седла форсунки приводит к увеличению ее динамической производительности, в то время как загрязнение проточных элементов снижает как динамическую, так и статическую производительность. Таким образом, загрязнение и износ оказывают противоположное влияние на рабочие характеристики электромагнитной форсунки [8].

Топливный фильтр. Неисправность топливного фильтра является частой проблемой, оказывающей влияние на подачу топлива.

Топливный насос. Отказ топливного насоса может привести к отсутствию подачи топлива к фильтру тонкой очистки. Такие отказы могут быть вызваны выходом из строя самого насоса, а также разрывом его питающей цепи [9].

Таким образом, засорение фильтров или дефекты топливных насосов могут вызывать перебои в подаче топлива, что может привести к снижению эффективности работы двигателя или его полному отказу.

Одним из наиболее перспективных направлений совершенствования систем технического диагностирования ДВС является применение алгоритмов, основанных на методах статистической теории распознавания образцов, позволяющих качественно оценить техническое состояние конструктивных элементов ДВС [10].

3.2. Трансмиссия

Трансмиссия является одним из ключевых компонентов автомобиля. Отказы в её работе могут существенно повлиять на эксплуатационные характеристики.

Износ сцепления. Основной причиной отказов фрикционного сцепления является повышенный износ фрикционных накладок [11]. Износ сцепления приводит к проскальзыванию диска сцепления и, как следствие, к потере крутящего момента, что затрудняет движение автомобиля. Также возможна поломка выжимного подшипника или выход из строя корзины сцепления по причине облома лепестков. Обе эти неисправности ведут к полной остановке автомобиля и делают невозможной его эксплуатацию.

Неисправность кулисы. На ранних версиях автоматических коробок передач связь селектора с самой коробкой осуществляется механически с помощью различных тяг и шарниров. Износ этой системы ведет к проблемам, связанным с выбором передачи.

Течь масла. От длительной эксплуатации изнашиваются резиновые уплотнительные изделия, с помощью которых происходит утечка масла. Для эффективной работы гидротрансформатор требует использование большого количества рабочей жидкости [12].

Низкий уровень масла приводит к недостаточному давлению в системе управления и, как следствие, к ее некорректной работе.

Неисправность блока управления. В данном случае нарушается работоспособность блока, управляющего переключением передач, что приводит к возможным рывкам при переключении, вплоть до выхода в аварийный режим, когда автомобиль может передвигаться только на одной передаче.

Неисправность гидроблока. В результате неправильной эксплуатации или неверно выбранного масла возможны перебои в работе данного узла, что ведет к рывкам при смене передач.

3.3. Подвеска автомобиля

В связи с отменой «Положения о техническом обслуживании и ремонте подвижного

состава автомобильного транспорта» ответственность за техническое обслуживание и ремонт автомобилей возлагается на собственников транспортных средств. Они должны определять необходимость проведения ремонтно-обслуживающих мероприятий и выбирать организации, обеспечивающие качественное проведение технического обслуживания и ремонта в соответствии с действующей нормативно-технической документацией. Важное значение имеет соблюдение требований безопасности дорожного движения [13].

Развал-схождение. Нарушение углов установки колес может быть вызвано износом элементов рулевого управления или рычагов подвески. После замены деталей подвески требуется корректировка углов. Нарушение углов установки колес приводит к увеличению износа шин и снижению эффективности рулевого управления.

Деформация рычагов подвески и шарниров. Шарниры используются для соединения элементов подвески и рулевого управления, обеспечивая три угловые степени свободы при перемещении рабочих элементов (рычагов). Эти шарниры являются ответственными сопряжениями, поскольку выдерживают высокие нагрузки: вертикальные от веса автомобиля и горизонтальные от силы тяги, торможения и поворота автомобиля. Надежность работы шарниров оказывает значительное влияние на безопасность движения автомобиля [14]. Неисправности в этих узлах часто возникают из-за повышенных нагрузок в результате наезда на препятствие или попадания в яму, что приводит к нарушению углов установки колес.

Поломка пружины, нарушение герметичности амортизатора. По мере износа деталей возможно нарушение герметичности резиновых уплотнений, что приводит к утечке масла и неправильной работе узла.

Износ втулок, сайлентблоков и других резиновых элементов подвески. В результате износа увеличивается зазор между металлическими частями, что приводит к появлению люфтов в рулевом управлении и стуков при эксплуатации.

Доля дорожно-транспортных происшествий, возникших из-за неисправности отдельных узлов автомобиля, относительно невелика и составляет в среднем 14% от общего числа ДТП. Однако характерной особенностью этих случаев является особая тяжесть последствий, так как водитель из-за технической неисправности ответственных узлов часто лишается возможности управлять движением автомобиля.

Техническими неисправностями автомобиля, угрожающими безопасности движения (рис. 2), являются в первую очередь тормозное оборудование и рулевое управление [15].

Анализ показал, что наиболее частыми причинами являются неисправности подвески и рулевого управления. Происходит это из-за того, что водитель моментально теряет возможность контролировать траекторию движения автомобиля, что и приводит к ДТП.



Рис. 2. Причины ДТП по техническим неисправностям автомобиля

Критический износ шарнирных соединений рулевых наконечников, шаровых опор, стоек стабилизатора поперечной устойчивости приводит к тому, что шарнир разъединяется, что приводит к нарушению положения колеса в колесной арке и моментальному изменению траектории движения без возможности ее контролировать.

4. Статистические данные

Для более глубокого и объективного исследования поставленной задачи рассмотрим статистические данные, выявляя основные тренды.

4.1. Распределение по типам аварий

Объективной статистикой следует считать данные, предоставленные немецким автомобильным клубом ADAC (Генеральный немецкий автомобильный клуб). Анализ охватывает различные типы автомобилей, включая гибридные и электрические, и основывается на обращениях владельцев за помощью в 2022 г. Обширность исследования подтверждается почти 3,5 миллионами звонков автомобилистов [16].

Частота возникновения неисправностей показывает, в первую очередь, неправильную эксплуатацию, недостаточный опыт или отсутствие знаний владельцев о работе систем автомобиля. Наиболее распространенной причиной отказов является разряд аккумуляторной батареи. Вторым по частоте являются поломки двигателя и систем, отвечающих за его управление и обслуживание.

Статистика отказов представлена следующим образом (рис. 2):

1. Аккумуляторная батарея - 43%.
2. Системы управления двигателем, системы питания, двигатель и трансмиссия (датчики, форсунки, топливный насос и т.д.) - 23%.
3. Электрические компоненты автомобиля, исключая аккумуляторную батарею - 10%.
4. Отказы, вызванные износом или проколом шин - 8%.
5. Неисправности систем защиты (ключ, замок зажигания, иммобилайзер, сигнализация) - 7%.
6. Механические элементы ходовой части (подвеска, тормозное оборудование, рулевое управление) - 9%.

Таким образом, можно сделать вывод, что наиболее частая причина отказов автомобиля связана с неправильной эксплуатацией и невнимательностью владельцев. Для предотвращения отказов аккумуляторной батареи предлагается установка систем опо-

вещения водителей о низком заряде, а также встроенные в ключ или брелок сигнализации индикаторы критического уровня заряда. Это позволит владельцам своевременно принимать меры по устранению причин низкого заряда, а также избегать необходимости в сторонней помощи.

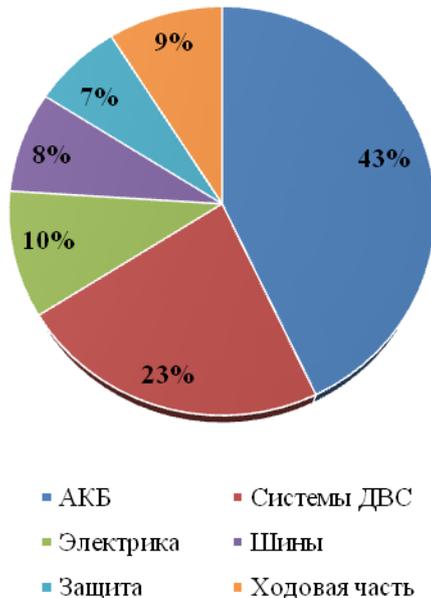


Рис. 3. Частота отказов по причинам.

4.2. Сравнение по классам и маркам автомобилей

Для сравнения частоты отказов различных марок и моделей следует обратиться к рейтингу, составленному немецким автомобильным клубом ADAC за 2020 г. В данном списке представлены поломки, в результате которых автомобиль теряет возможность двигаться, что приводит к полному его отказу. Статистика основывается на опросе 18 миллионов автовладельцев, состоящих в клубе ADAC. Частота отказов: на 1 тысячу автомобилей.

Рассмотрим сжатую версию рейтинга, где представлены по две наиболее надежные и ненадежные модели каждого класса, в соответствии с Европейской классификацией [17].

Сравнение происходит на основании среднего коэффициента поломок на тысячу автомобилей 2010–2017 годов выпуска –

наиболее распространенных автомобилей на вторичном рынке (по состоянию на 2020–2024 гг.).

4.2.1. Сегмент малолитражных компактных автомобилей класса А

Самыми надежными автомобилями данного сегмента по результатам анализа стали Toyota и Hyundai класса А (табл. 2).

Для Toyota средний коэффициент поломок на тысячу автомобилей составил от 2,5 до 8,7.

Для Hyundai данный показатель составил от 4,9 до 19,3. Углубляясь в анализ данной модели, стоит отметить, что большее количество неисправностей встречается у автомобилей второго поколения, выпускаемых с 2014 г. Чаще всего у них отказывала аккумуляторная батарея и свечи зажигания.

Самыми ненадежными автомобилями данного сегмента стали Smart и Fiat класса А.

Для немецкого Smart рейтинги составляют от 7,5 до 32,8, что является одним из худших показателей. По годам выпуска отмечаются следующие неисправности: 2010–2013 – проблемы с приводом газораспределительного механизма, 2012–2013 – проблемы со свечами зажигания, 2015–2017 – выход из строя аккумуляторной батареи.

Для Fiat показатели поломок составили 7,1 – 29,5 на тысячу автомобилей, что является плохим результатом. Самыми частыми неисправностями встречались проблемы с аккумуляторной батареей у автомобилей всего рассматриваемого диапазона времени выпуска, проблемы со шлангами системы охлаждения у автомобилей 2010–2011 гг., а отказы коробки передач у автомобилей 2012–2015 годов выпуска.

Таблица 2

Марка	Класс А			Частота
	Линия	Линия	Линия	
Toyota	НЕНАДЕЖНЫЕ	СРЕДНИЕ	НАДЕЖНЫЕ	2,5-8,7
Hyundai	НЕНАДЕЖНЫЕ	СРЕДНИЕ	НАДЕЖНЫЕ	4,9-19,3
Smart	НЕНАДЕЖНЫЕ	СРЕДНИЕ	НАДЕЖНЫЕ	7,5-32,8
Fiat	НЕНАДЕЖНЫЕ	СРЕДНИЕ	НАДЕЖНЫЕ	7,1-29,5

4.2.2. Автомобили класса В

Самыми надежными автомобилями данного сегмента являются Audi и Renault класса В.

Количество поломок Renault составило от 1,4 до 4,5 на тысячу автомобилей, что характеризует его как очень надежный кроссовер.

Для Audi данный коэффициент составил от 4 до 11,2 поломок, что является одним из лучших результатов.

Самыми ненадежными автомобилями были признаны Hyundai и Opel класса В.

Hyundai в рейтинге клуба ADAC имеет низкий рейтинг, основными проблемами являются: аккумулятор и система зажигания.

Неудовлетворительные оценки получил и Opel, количество отказов составило от 11,9 до 28,8 на тысячу автомобилей. Наиболее частыми неисправностями стали отказы аккумулятора, системы охлаждения и водяного насоса.

Данные сведены в табл. 3.

Таблица 3

Класс В

Марка	Линия	Частота
Renault		1,4-4,5
Audi		4-11,2
Hyundai		11,9-28,8
Opel		11,9-28,8

4.2.3. Автомобили класса С

Лучшими компактными автомобилями по данным анализа стали Audi и BMW класса С.

Коэффициент поломок Audi составил от 0,6 до 2,4 на тысячу автомобилей, что является хорошими показателями не только в данном сегменте, но и в общей статистике.

Результаты статистики BMW составляют от 1,4 до 16 поломок на тысячу автомобилей, что является хорошим результатом.

Худшими компактными автомобилями по мнению ADAC стали Kia и Peugeot класса С.

По данным немецкого автоклуба, на 1000 автомобилей Kia фиксируется от 33,3 до 70,5 поломок. Самыми проблемными узлами признаны стартер, аккумуляторная батарея, ка-

тализатор, топливный насос и различные датчики.

У марки Peugeot случалось от 37,6 до 47,1 поломок на тысячу автомобилей. Проблемы заключались в поломке распредвала, аккумулятора, свеч и систем зажигания, топливных форсунок.

Данные сведены в табл. 4.

Таблица 4

Класс С

Марка	Линия	Частота
Audi		0,6-2,4
BMW		1,4-16
Kia		33,3-70,5
Peugeot		37,6-47,1

4.2.4. Кроссоверы класса S

Самые надежные кроссоверы по мнению ADAC признаны BMW и Audi класса S.

По данным анализа, BMW показал от 1 до 9,3 поломок на тысячу автомобилей.

У Audi результаты составили от 0,6 до 19 поломок на тысячу автомобилей.

Самыми ненадежными кроссоверами были названы Nissan и Ford класса S.

Японский кроссовер Nissan не получил высоких оценок: от 17,6 до 42,7 поломок на тысячу автомобилей. Частой поломкой стало выход из строя аккумулятора.

У Ford коэффициенты составили от 20,5 до 37,2 поломок на тысячу автомобилей. Из строя чаще всего выходила аккумуляторная батарея, генератор и сажевый фильтр.

Данные сведены в табл. 5.

Таблица 5

Класс S

Марка	Линия	Частота
BMW		1-9,3
Audi		0,6-19,6
Nissan		17,6-42,7
Ford		20,5-37,2

Данные сведены в табл. 7.

4.2.5. Автомобили D класса

Самыми надежными автомобилями данного класса были признаны Audi и BMW класса D.

У Audi результаты составили от 1,4 до 23,3. Чаще всего отказывали системы питания и зажигания.

Конкуренцию Audi составило BMW с показателями от 0,9 до 25,4 поломок на тысячу автомобилей. Чаще всего из строя выходили турбины.

Самыми ненадежными представителями были признаны Ford и Volkswagen класса D.

Количество поломок Ford составило от 10,8 до 56,9 на тысячу автомобилей. Чаще всего из строя выходила аккумуляторная батарея, генератор и топливный насос.

У Volkswagen результат от 10,1 до 40,6 поломок на тысячу. Слабыми местами являлись аккумулятор, стартер и система рециркуляции выхлопных газов.

Данные сведены в табл. 6.

Таблица 6

Класс D

Марка	Линия	Частота
Audi		1,4-23,3
BMW		0,9-25,4
Ford		10,8-56,9
Volkswagen		10,1-40,6

4.2.6. Автомобили E-класса

Согласно ADAC, лучшим автомобилем был признан BMW. У данной модели наблюдается от 1 до 25,1 поломок на тысячу автомобилей, выпущенных с 2010 до 2017 года. Чаще всего из строя выходил шкив коленвала.

Mercedes E-Class показал спорные результаты: от 1,7 до 59,3 поломок на тысячу. Самые частые отказы: выход из строя аккумуляторной батареи, стартера и системы зажигания [18].

Таблица 7

Класс E

Марка	Линия	Частота
BMW		1-25,1
Mercedes		1,7-59,3

Для наглядности, приведем усредненные данные по классам автомобилей в единую таблицу (табл. 8), где сравним среднюю частоту отказов на тысячу автомобилей.

Таблица 8

Частота отказов

Класс	Линия	Среднее значение
A		13,3
B		10,3
C		26,1
D		21,1
E		21,8
S		18,6

Представленные данные свидетельствуют как о случайном характере появления неисправностей в различных марках и классах автомобилей, так и о систематических проблемах, которые приводят к неисправностям и могут являться причинами ДТП.

5. Предотвращение отказов

5.1. Регулярное техническое обслуживание

Одним из основных факторов в предотвращении отказов автомобилей является регулярное техническое обслуживание. Такие процедуры как замена масла, проверка тормозных систем и свечей зажигания, способствуют увеличению срока службы автомобиля. Поэтому важно своевременно проводить диагностику подвески, корректную настройку углов установки колес, сезонную проверку

ку состояния аккумуляторной батареи и общее диагностирование автомобиля.

5.2. Обучение водителей

В результате анализа неисправностей, наиболее частой причиной отказов является неправильная эксплуатация. Обучение водителей правильной эксплуатации автомобиля и выявлению основных признаков неисправностей могут способствовать достоверной оценке технического состояния на ранних стадиях.

5.3. Использование современных технологий

Применение таких современных технологий, как системы мониторинга состояния автомобиля и автоматизированные системы технического обслуживания, может значительно улучшить процессы предотвращения отказов. Упустить процедуру технического обслуживания или не заметить изменения в эксплуатации автомобиля может даже самый опытный водитель. Эта проблема решается, если встроенная электронная система автомобиля напомнит водителю о проведении процедуры обслуживания или неисправно-

сти на экране бортового компьютера. Также на станциях технического обслуживания можно применить новые методы исследования и оценки технического состояния объектов машиностроения, в том числе на основе компьютерного моделирования, что позволит локализовать неисправность.

Заключение

Анализ отказов и неисправностей легковых автомобилей позволяет выделить приоритетные направления для повышения надёжности. Регулярное техническое обслуживание, обучение водителей и интеграция новейших технологий – являются ключевыми этапами на пути к повышению надёжности и безопасности легковых автомобилей. Одной из научных задач для решения данного вопроса является разработка методов оценки технического состояния подвески автомобиля. В частности, перспективным направлением исследования является создание системы технического диагностирования, которая позволит точно оценить степень износа шарнирных соединений стабилизатора поперечной устойчивости, шаровых опор и рулевых наконечников и спрогнозировать необходимость проведения ремонтных работ.

Список литературы

1. Порватов И.Н., Кристальный С.Р. Классификация и маркировка автомобилей. М.: МАДИ, 2010. 50 с.
2. Горленко Д.Ю., Байбакова А.А. Анализ ДТП по причине технической неисправности автомобиля // Сб. тр. 58-й студенческой научно-практической конференции. Хабаровск: ТОГУ, 2018. С. 93-96.
3. Обозов А.А., Таричко В.И. Анализ неисправностей карбюраторных и инжекторных бензиновых ДВС, идентифицируемых системой технической диагностики // Вестник БГТУ. 2012. №2 (34). С. 41-47.
4. Власов Ю.А. Методология диагностики агрегатов автомобилей электрофизическими методами контроля параметров работающего масла. дис. ...канд. тех. наук. Томск: Томск, арх.-строит. университет,

Список литературы

1. Porvatov I.N., Kristalny S.R. Classification and marking of cars. Moscow, 2010. 50 p. (In Russian)
2. Gorlenko D.Yu., Baibakova A.A. Analysis of an accident due to a technical malfunction of a car. *Proc. of the 58th student scientific and practical conference*. Khabarovsk, 2018. 93-96 p. (In Russian)
3. Obozov A.A., Tarichko V.I. Analysis of the irregularities of carburetor and injection gasoline engines identified by the system of technical diagnostics. *Bulletin of BSTU*, 2012, No. 2 (34), pp. 41-47. (In Russian)
4. Vlasov Yu.A. Methodology of diagnosis of car units by electrophysical methods of control of parameters of the working oil. Diss. Cand. Sci. (Engineering) Tomsk, 2015. 145 p. (In Russian)

тивности определения технического состояния шаровых шарниров подвески легкового автомобиля: дисс. ... канд. тех. наук. Орел: Приокский государственный университет, 2015. 158 с.

15. Байбакова А.А. Техническая неисправность автомобиля как одна из причин ДТП // Автомобильный транспорт Дальнего Востока. 2018. №1. С. 31-34.

16. ADAC опубликовал список самых частых поломок. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://abw.by/news/industry/2023/03/22/adac-opublikoval-spisok-samyh-chastyh-polomok-ugadaete-naibolee-problemnye-uzly> (дата обращения 10.04.2024).

17. ISO 3833: 1977 Дорожные транспортные средства – Типы – Термины и определения.

18. Статистика поломок: рейтинг надежности подержанных автомобилей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://1gai.ru/baza-znaniy/525013-statistika-polomok-rejting-nadezhnosti-poderzhannyh-avtomobilej.html?ysclid=lozjihe2gn742157497> (дата обращения 16.04.2024).

16. ADAC published a list of the most frequent breakdowns. Available at: <https://abw.by/news/industry/2023/03/22/adac-opublikoval-spisok-samyh-chastyh-polomok-ugadaete-naibolee-problemnye-uzly> (In Russian)

17. ISO 3833: 1977 Road vehicles – Types – Terms and definitions. (In Russian)

18. Breakdown statistics: Used car reliability rating Available at: <https://1gai.ru/baza-znaniy/525013-statistika-polomok-rejting-nadezhnosti-poderzhannyh-avtomobilej.html?ysclid=lozjihe2gn742157497> (In Russian)