Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Техническая эксплуатация автомобилей»

Курсовая работа

по дисциплине «Научные исследования и решение инженерных задач»

**Исследование особенностей технической эксплуатации двигателей легковых автомобилей «Merсedes»**

Исполнитель: Петроченков Д.Ю.

Руководитель: Самко Г.А.

МИНСК 2005

**Содержание**

1. Исследование особенностей технической эксплуатации двигателей легковых автомобилей “Merсedes”

1.1 Анализ состояния вопроса по теме исследования

1.2 Теоретическое обоснование и анализ физической сущности изучаемого вопроса

1.3 Неисправности двигателей, причины их возникновения, формы проявления, и способы их обнаружения с помощью современных средств диагностики

1.4 Режимы и технология технического обслуживания двигателей легковых автомобилей “Merсedes”

1.5 Особенности текущего ремонта двигателей легковых автомобилей “Merсedes”

1.6 Характеристики и показатели надёжности двигателей легковых автомобилей “Merсedes”

2. Разработка вероятностной математической модели распределения случайных величин по значениям показателя надежности

2.1 Построение интервального вариационного ряда случайных величин

2.2 Расчет числовых характеристик распределения случайных величин

2.3 Анализ физических закономерностей формирования распределения случайных величин по значениям продолжительности проверки крепления стартера на автомобиле

2.4 Расчет параметров математических моделей

2.5 Выбор оптимальной математической модели и проверка её на адекватность

**1. Исследование особенностей технической эксплуатации двигателей легковых автомобилей “Mercedes”**

**1.1 Анализ состояния вопроса по теме исследования**

Технические характеристики двигателя легкового автомобиля “Mercedes”:

Модель 190 D

Заводское обозначение W 201.122

Номер типа двигателя 601.911

Вид конструкции двигателя Рядный дизельный двигатель с водяным охлаждением, смонтирован под углом 15°

Рабочий процесс Четырехтактный дизель, форкамерный

способ воспламенения фирмы „Мерседес-Бенц"

Число цилиндров 4

Диаметр цилиндров мм 87

Рабочий ход поршня мм 84

Эффективный рабочий объем см3 1997

Соотношение сжатия 22:1

Нормальное компрессионное давление бар 24-30

Минимальное компрессионное давление бар 15

Мощность двигателя кВт (л. с.)/при об/мин 55 (75)/4600

Максимальный крутящий момент Nm/при об/мин 123/2800

Максимальные обороты об/мин 5150±150

Привод клапанов От расположенного в верхней части кулачкового вала через толкатели с гидравлической компенсацией зазора на вертикально висящие расположенные в головке блока клапана.

Привод кулачкового вала через двухрядную цепь.

Фазы газораспределения:

открытие впускного клапана после ВМТ 11°

закрытие впускного клапана после НМТ 17°

открытие выпускного клапана перед НМТ 28°

закрытие выпускного клапана перед ВМТ 15°

Диаметр тарелки:

впускной клапан мм 38

выпускной клапан мм 35

Диаметр стержня:

впускной клапан мм 7,97

выпускной клапан мм 6,96

Ширина рабочей фаски:

впускной клапан мм 2,5

выпускной клапан мм 3,5

Угол наклона рабочих фасок 45°

Система смазки Под давлением циркулирующего за счет шестеренчатого насоса масла, ограничение давления максимально до 5,3 бар,

комбинированная очистке масла:

в фильтре грубой очистки (основной поток)

и в фильтре тонкой очистки (вспомогательный поток)

Расход моторного масла л/1000 км макс. 1,5

Мин. давление при холостом ходе бар 0,3

Мин. давление при 3000 об/мин бар 3

Система охлаждения Охлаждение водой с циркуляцией за счет насоса с крыльчаткой

Пределы регулирования термостатом 85-100°С

Вентилятор С электромагнитной муфтой, включение при 100°С

Топливная система

Насос высокого давления Bosch PES 4 М 55

Порядок воспламенения 1 -3-4-2

Обороты холостого хода, об/мин 750±50 Распылители форсунок Bosch DN 0 SD 261

Давление впрыска новой системы: 115-125 бар; минимально 100 бар

Форсунки KCA 30/S 44

Насос низкого давления Bosch FP/KG 24 М 150

Топливо Дизельное топливо DIN 51 601

**1.2 Теоретическое обоснование и анализ физической сущности изучаемого вопроса**

Факторы, влияющие на надежность двигателя легкового автомобиля “Mercedes”:

На работоспособность двигателя и автомобиля в целом и долговечность деталей оказывают влияние дорожные, транспортные и климатические условия, качество вождения, технического обслуживания и текущего ремонта, а также условия хранения. Все это влияет и на режим работы механизмов и узлов автомобиля: нагрузочный, скоростной, переменный и тепловой.

С течением времени в деталях и механизмах двигателя появляются процессы изнашивания, коррозионного повреждения, усталости, снижающие прочность и долговечность деталей и механизмов. Напряжения и деформации в деталях двигателя зависят от реальных нагрузок испытываемых деталями в процессе эксплуатации. Эти нагрузки и вызываемые ими напряжения могут быть постоянными или мало меняющимися, переменными и ударными. В большинстве случаев детали двигателя подвергаются действию всего комплекса нагрузок. При переменной нагрузке долговечность детали определяется временем, в течение которого прочность детали удовлетворяет действующим нагрузкам. Нередко мгновенные ударные нагрузки, превосходящие расчетные, приводят к внезапным поломкам деталей, в других случаях из-за снижения прочности возникают различные деформации деталей в виде погнутости, скрученности и др.

В зависимости от условий эксплуатации изменяются скоростные и нагрузочные режимы работы деталей и механизмов двигателя и срок их безотказной работы.

Дорожные условия. Они характеризуются главным образом качеством дорожной поверхности, ровностью покрытия, продольным профилем дороги, сопротивлением движению автомобиля и интенсивностью движения. Дороги оказывают большое влияние на долговечность деталей двигателя, определяя режим работы двигателя и запыленность воздуха.

При движении автомобиля по плохой дороге резко увеличиваются силы, действующие в рулевом приводе и деталях переднего моста.

Изменение дорожных условий изменяет не только нагрузочные п скоростные режимы работы механизмов и агрегатов автомобиля, но и в значительной степени характер действия нагрузок — амплитуду и частоту их. Вследствие вибрации рамы, вызванной неровностями дороги, ослабляются заклепочные соединения, нарушается соосность двигателя и коробки передач, возникают дополнительные нагрузки в корпусных деталях.

Вследствие вибрации автомобиля ускоряется износ и происходит поломка крепежных деталей двигателя. Повышенный износ деталей двигателя при работе на плохих дорогах обусловливается переменным режимом работы, при котором изменяются условия смазки трущихся поверхностей и тепловой режим, происходит разжижение смазки и другие явления.

Транспортные условия. Это вид и объем грузовых и транспортных перевозок, расстояния перевозок, условия погрузки и разгрузки, особенности их организации.

Климатические условия. В обширных северных, северо-восточных и восточных районах зима длится 140—190 дней, морозы достигают -40 °С и ниже. В районах Крайнего Севера и Сибири зима продолжается до 300 дней в году, температура воздуха снижается до -50—60 °С. Мороз, снег и холодный ветер очень осложняют эксплуатацию и обслуживание автомобилей. Низкая температура вызывает загустение смазки в системе смазки двигателя. При повышенной вязкости масел уменьшается их подвижность, и детали до прогрева работают в условиях граничного трения или трения без смазки. Конденсация топлива на холодных стенках цилиндров (гильз) приводит к смыванию масляной пленки и увеличению износов, а конденсация воды в механизмах и агрегатах ухудшает качество смазки, ведет к коррозии деталей и заклиниванию плунжерных пар топливных насосов высокого давления.

При низкой окружающей температуре пуск холодного двигателя затрудняется также из-за недостаточного напряжения искры в свече зажигания в результате охлаждения аккумуляторной батареи. С понижением температуры электролита напряжение на зажимах и емкость аккумуляторной батареи уменьшаются (на 1 — 1,5 % на каждый градус), в то время как потребляемая мощность для пуска холодного двигателя увеличивается.

Поршневые кольца, хорошо работающие на прогретом двигателе, недостаточно плотно прилегают к поверхности зеркала цилиндра непрогретого двигателя. Это приводит к относительно повышенному пропуску газов в картер, увеличенному проникновению масла в камеру сгорания и усиливающемуся коксообразованию в поршневых канавках, что в свою очередь способствует залеганию колец.

Низкая температура воздуха, воздействуя на материалы деталей, вызывает изменение их механических свойств. Например, при понижении температуры уменьшается сопротивление ударным нагрузкам у некоторых сортов углеродистых сталей. При температуре — 40°С и ниже детали, изготовленные из стали с присадками кремния и марганца, приобретают повышенную способность к изломам и появлению трещин. Особенно теряют прочность при низкой температуре детали, выполненные из различных сортов чугуна.

Климатические условия оказывают существенное влияние на рабочие процессы, происходящие в агрегатах и механизмах автомобиля, и на изменение качеств эксплуатационных материалов.

Эксплуатация автомобилей в условиях жаркого климата и песчано-пустынной местности характеризуется рядом специфических особенностей, определяемых в основном влиянием температуры и дорожными условиями.

Наиболее резкое воздействие высокой температуры сказывается на работе системы охлаждения. При высокой температуре воздуха охлаждающего радиаторы, от автомобиля отводится меньшее количество тепла, быстрее перегреваются двигатель и гидромеханическая передача, а следовательно, между их деталями уменьшаются зазоры, трение увеличивается и повышается износ. При этом могут также произойти структурные изменения в металле, снижающие износостойкость и механическую прочность деталей.

Качество вождения. В зависимости от качества вождения автомобиля изменяются режимы работы двигателя, величины нагрузок, действующих на его детали, а следовательно, скорость изнашивания деталей и сроки их службы.

Повышенное изнашивание деталей или поломки их могут возникать также из-за неправильно выбранных режимов движения автомобиля.

Применение наивыгоднейших методов и высокое мастерство вождения обеспечивают повышение межремонтных пробегов автомобилей (до 60 %), топливной экономичности (до 30 %), технической скорости (до 20 %) и безопасности движения.

От квалификации водителя зависит не только характер режима работы механизмов и агрегатов автомобиля, но и своевременное обнаружение и устранение неисправностей, возникающих в пути.

Для предотвращения серьезных эксплуатационных неисправностей важное значение имеет умение водителя своевременно обнаружить первые их признаки. Чем быстрее выявлено то или иное отклонение от нормальной работы и чем точнее установлена пpичина этого явления, тем легче ее устранить. Необходимо постоянно внимательно наблюдать за «поведением» автомобиля за показателями контрольных приборов. Каждый посторонний стук скрежет вибрация, запах, «чихание» в карбюраторе, «выстрелы» в глушителе, неустойчивость управления автомобилем, потеря мощности и другие внешние признаки должны быть немедленно замечены водителем.

Качество технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей. Все это существенно влияет на изменение технического состояния автомобилей, а следовательно, и на показатели надежности, топливной экономичности и безопасности движения.

Главная задача технического обслуживания заключается в предупреждении возникновения неисправностей в механизмах и агрегатах автомобиля; создании условий, при которых технические неисправности не могли бы возникать, а если и возникнут, то устраняются не только неисправности, но и причины, обусловившие их возникновение. Техническое обслуживание автомобиля должно выполняться тщательно, и установленные сроки и в полном объеме при высоком качестве выполнения каждой операции.

Исследования, проведенные в НИИАТ, показали, что при неудовлетворительном выполнении технического обслуживания почти 60 % случаев текущего ремонта составляют крепежные и регулировочные работы. По мере повышения качества технического обслуживания объем крепежных и регулировочных работ, выполняемых при текущем ремонте, сокращается и возрастает удельный вес работ по замене изношенных деталей, устранению неплотностей, замене агрегатов и т. п.

Несвоевременное проведение технического обслуживания может привести к снижению эксплуатационной надежности автомобиля, увеличению объемов текущих ремонтов и простоям в нем автомобиля.

Так, например, при более позднем зажигании или уменьшении угла опережения зажигания на 15—20˚ по отношению к наивыгоднейшему для данного режима работы двигателя происходит увеличение расхода топлива примерно на 15 % и падение мощности двигателя на 10 %.

Увеличение зазора между контактами прерывателя до 1 мм (нормальный зазор 0,4 мм) повышает расход топлива на 9%, а уменьшение до 0,2 мм — на 11 %.

Несоблюдение нормального давления воздуха в шинах влечет повышение нагрузки на двигатель и расхода топлива.

Из сказанного видно, что даже незначительная неисправность в агрегатах и механизмах автомобиля при несвоевременном ее устранении может привести к интенсивному изнашиванию и поломкам.

Оценка качества ТО и Р подвижного состава производится по следующим критериям:

ТО-1 и ТО-2 - безотказность работы подвижного состава в пределах установленной периодичности обслуживания в объемах перечней;

ТР - безотказность работы отремонтированного агрегата, узла и детали до очередного ТО-2;

КР и ВР - безотказность работы транспортного средства в течение гарантийного периода, установленного предприятием.

Условия хранения. Колебания температуры воздуха при хранении автомобилей вызывают конденсацию влаги на поверхностях деталей, что способствует увеличению коррозии. Скорость изнашивания деталей при этом повышается. К такому же результату приводит хранение автомобилей в условиях повышенной влажности воздуха.

Срок службы деталей должен устанавливаться по их предельно допустимым износам, т. е. детали должны работать до тех пор, пока не нарушатся условия их смазки, не возникнут динамические нагрузки и не начнется интенсивный износ их поверхностей.

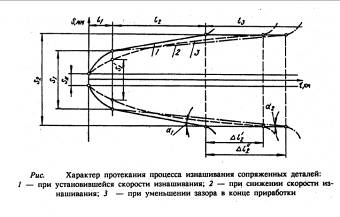
Предельно допустимые износы и сроки службы деталей определяются на основании исследований и обобщений опыта эксплуатации автомобилей. Цель этих исследований и наблюдений — выявить такие режимы работы агрегатов и установить такую периодичность технического обслуживания, при которой износ был бы наименьшим, а срок службы деталей наибольшим.

**1.3 Неисправности двигателей, причины их возникновения, формы проявления, и способы их обнаружения с помощью современных средств диагностики**

Основные причины изменения технического состояния автомобиля:

Изнашивание. Трение поверхностей сопровождается изнашиванием. В зависимости от условий и режимов трения, физико-механических свойств, применяемых материалов, микрорельефа поверхностей и других параметров, определяющих характер изнашивания, при трении двух сопряженных поверхностей происходят сложные процессы, которые приводят к их износу.

Под износом понимается результат изнашивания, проявляющийся в виде отделения или остаточной деформации материала. Износы могут быть естественные, ускоренные и аварийные. В процессе эксплуатации автомобилей происходит естественное изнашивание деталей. Графически процесс изнашивания двух сопряженных деталей обычно изображают следующим образом. По вертикальной оси прямоугольной системы координат (рис.) откладывают в выбранном масштабе величину износа деталей, по горизонтальной — пробег автомобиля. Точки соединяют плавными линиями. Полученные кривые показывают характер нарастания износа каждой детали по мере увеличения пробега автомобиля. Расстояние между кривыми свидетельствует о характере изменения зазора в сопряжении. Зазор SH устанавливается между деталями при сборке.



На идеализированной схеме можно выделить три этапа процесса изнашивания: приработка l1, установившееся изнашивание l2 и аварийное изнашивание l3. Каждый из этих этапов отражает е состояние сопряженной пары. Переход от одного этапа к другому определяется количественным накоплением отдельных повреждений. На этапе приработки скорость изнашивания повышенная. Новые или отремонтированные детали прирабатываются. С трущихся поверхностей удаляются заусенцы, уменьшается их шероховатость, в отдельных случаях материал дает усадку. На этапе установившегося изнашивания (при работе в обычных условиях эксплуатации) скорость изменения изнашивания (tgα) почти постоянна. Этап установившегося изнашивания составляет наибольшую часть ресурса сопряженной пары. При увеличении зазора до предельно допустимого S2 скорость изнашивания деталей интенсивно возрастает, заканчивается период нормальной работы деталей и наступает аварийное изнашивание. При этом на скорость изнашивания начинают влиять новые факторы: ударные нагрузки, биение, изменение теплового режима и условий смазки. Детали могут выйти из строя, что ведет к аварии.

Многие детали не имеют отчетливо выраженных этапов приработки, установившегося и аварийного изнашивания деталей. Бывает, что скорость изнашивания почти постоянная, износ деталей меняется линейно с течением времени. В ряде случаев детали имеют четко выделяющиеся периоды приработки и естественного износа, или наоборот, скорость их изнашивания в процессе приработки и нормальной эксплуатации практически одинакова, но зато резко выделяется аварийный этап работы.

Из рис. видны возможности увеличения этапа установившегося изнашивания при номинальном зазоре Sн и заданной величине предельно допустимого зазора S2: во-первых, за счет уменьшения зазора конца приработки S1 и, во-вторых, за счет снижения скорости изнашивания деталей сопряжения (уменьшения tgα). Согласно рисунку, уменьшение зазора конца приработки с S1 до S1' повышает ресурс работы сопряжения на величину ∆l'2. Уменьшение скорости изнашивания, выраженное уменьшением угла наклона кривой износа от α1 до α2 повышает ресурс работы сопряжения на ∆l2".

Выделяют три группы изнашивания: механическое, коррозионно-механическое и изнашивание в результате действия электрического тока. Каждая из групп изнашивания делится на виды.

Абразивное изнашивание возникает при трении скольжения и наличии между трущимися поверхностями мелкораздробленной твердой среды (например, песка), вызывающей выкрашивание частиц, металла из поверхности деталей. При этом процесс изнашивания не зависит от попадания абразивных частиц на поверхности трения.

Необходимо отметить, что размеры абразивных частиц с увеличением длительности работы их в масле уменьшаются, поэтому их агрессивность постепенно снижается до нуля.

Изменение размеров деталей при абразивном изнашивании зависит от ряда факторов: материала и механических свойств деталей, режущих свойств абразивных частиц, удельного давления и скорости скольжения при трении. Примером может служить изнашивание цилиндро-поршневой группы двигателя в результате попадания в цилиндры с воздухом пыли, зубьев шестерен и подшипников агрегатов трансмиссии, открытых сопряжений деталей ходовой части. По результатам исследований абразивный износ деталей агрегатов трансмиссии автомобилей составляет от 2 до 11 мкм на 1000 км пробега.

Гидроабразивное изнашивание возникает в результате действия твердых тел или частиц, увлекаемых потоком жидкости. Гидроабразивное изнашивание деталей топливных, масляных и водяных насосов, гидроприводов тормозов, гидроусилителей нередко проявляется совместно с эрозионным изнашиванием, возникающим в результате действия потока жидкости (газа). Трение потока жидкости о металл приводит к разрушению оксидной пленки, образующейся на поверхности детали, и сопутствует коррозионному разрушению материала, особенно под действием абразивных частиц и микроударов в случае возникновения кавитации.

Кавитационное изнашивание — это гидроэрозионное изнашивание при движении твердого тела относительно жидкости, когда пузырьки газа захлопываются вблизи поверхности, что создает местное повышение давления или температуры.

Газоабразивное изнашивание происходит в результате воздействия твердых частиц, увлекаемых потоком газа и перемещающихся относительно изнашивающейся поверхности.

Усталостное изнашивание поверхности трения или отдельных ее участков в результате повторного деформирования микрообъемов материала, приводящего к возникновению трещин и отделению частиц, происходит при качении и скольжении. Износ обусловливается микропластическими деформациями и упрочнением поверхностных слоев трущихся деталей. При этом имеют место напряженное состояние активных объемов металла у поверхности трения и особые явления усталости при знакопеременных нагрузках, вызывающих трение металла в поверхностных слоях и как следствие их разрушение. Пульсирующие нагрузки резко усиливают темпы осповидного износа.

Разрушение при таком износе характеризуется появлением микро- и макротрещин, расположенных под небольшими углами к поверхности трения, с последующим развитием их в осповидные углубления в впадины. В результате износа частицы поверхностного слоя откалываются, поверхность становится неровной и приобретает матовый вид.

Усталостное изнашивание наиболее характерно для рабочих поверхностей подшипников качения и поверхностей зубьев шестерен.

Изнашивание при фреттинге происходит в результате механического изнашивания соприкасающихся тел при малых колебательных относительных перемещениях.

Изнашивание при заедании возникает в результате схватывания, глубокого вырывания материала, переноса его с одной поверхности трения на другую и воздействия возникших неровностей на сопряженную поверхность. Этот вид изнашивания имеет место в зубчатых зацеплениях агрегатов трансмиссии при использовании несоответствующего сорта масла или при его малом уровне.

Коррозионно-механическое изнашивание происходит при трении материалов, вступивших в химическое взаимодействие со средой. К коррозионно-механическим видам изнашивания относятся окислительное и изнашивание при фреттинг-коррозии.

Окислительное изнашивание возникает при наличии на поверхностях трения защитных пленок, образовавшихся в результате взаимодействия материала с кислородом. Окислительное изнашивание характеризуется протеканием одновременно двух процессов — пластической деформации микроскопических объемов металла поверхностных слоев деталей и диффузии кислорода воздуха в деформируемые слои.

На первой стадии износа окисление происходит в небольших объемах металла, расположенных у плоскостей скольжения при трении. На второй стадии окисление захватывает большие объемы поверхностных слоев и глубина его соответствует глубине пластической деформации.

На первой стадии износа на поверхности трущихся деталей образуются пленки твердых растворов кислорода, на второй — химические соединения кислорода с металлом. Процесс окислительного изнашивания происходит в тонких поверхностных слоях и условно может быть разделен на три этапа: деформирование и активизация, образование вторичных структур и их разрушение.

На первом этапе происходит особый вид пластической деформации — текстурирование и резкая активизация металла. На втором этапе благодаря наличию в зоне трения агрессивных компонентов среды происходит физико-химическое взаимодействие их с активизированным слоем — образование вторичных структур. На третьем этапе в результате многократного нагружения и внутренних напряжений в пленках вторичных структур происходит образование и развитие микротрещин, ослабление связей на поверхности раздела и отслаивание пленки.

Последующее механическое воздействие приводит к разрушению и износу пленки. На обнаженных участках процесс повторяется вновь. Окислительному износу подвергаются шейки коленчатого вала, гильзы цилиндров, поршневые пальцы, зубчатые зацепления и другие детали, работающие при трении скольжения.

Изнашивание при фриттинг-коррозии — это коррозионно-механическое изнашивание соприкасающихся тел при малых колебательных перемещениях. В случае динамического нагружения и наличия вибрации и ударов окисление трущихся поверхностей происходит особенно интенсивно вследствие резкой активизации пластически деформируемого металла. Динамический характер нагружения приводит к резкому повышению градиента деформации и температур, к окислению и схватыванию. Фриттинг-процесс возникает при трении скольжения с очень малыми возвратно-поступательными перемещениями в условиях динамической нагрузки.

Этот процесс можно считать пограничным между процессами химической коррозии и эрозии, поскольку интенсивность фриттинг-коррозии повышается с увеличением доступа кислорода, но уменьшается при увлажнении воздуха.

При фриттинг-коррозии наблюдается изнашивание посадочных поверхностей подшипников поворотных цапф, шестерен, болтовых и заклепочных соединений рам и других деталей.

Изнашивание при действии электрического тока (эрозионное изнашивание) поверхностей происходит в результате воздействия разрядов при прохождении электрического тока.

Работа агрегатов и узлов автомобилей сопровождается одновременно несколькими видами изнашивания. В чистом виде ни один из видов изнашивания не наблюдается. Как правило, в каждом работающем сопряжении деталей имеется вид изнашивания, определяющий износостойкость деталей. Остальные виды изнашивания в большей или меньшей мере ему сопутствуют. Определяющий вид изнашивания зависит от условий эксплуатации, нагрузок и других причин и лимитирует время безотказной работы сопряжения.

Определяющим видом изнашивания металлических деталей автомобилей при их эксплуатации является механическое изнашивание. Правильное определение вида изнашивания, знание приемов уменьшения интенсивности того или иного изнашивания позволят в значительной степени увеличить срок службы деталей автомобилей.

Пластические деформации и разрушения. Такие повреждения связаны с достижением или превышением пределов текучести или прочности соответственно у вязких (сталь) или хрупких (чугун) материалов. Обычно этот вид разрушений является следствием либо ошибок при расчетах, либо нарушений правил эксплуатации (перегрузки, неправильное управление автомобилем, дорожно-транспортные происшествия и т. п.). Иногда пластическим деформациям или разрушениям предшествует механическое изнашивание, приводящее к изменению геометрических размеров и сокращению запасов прочности детали.

Усталостные разрушения. Этот вид разрушений возникает при циклическом приложении нагрузок, превышающих предел выносливости металла детали. При этом происходят постепенное накопление и рост усталостных трещин, приводящие при определенном числе циклов нагружения к усталостному разрушению деталей. Совершенствование методов расчета и технологии изготовления автомобилей (повышение качества металла и точности изготовления, исключение концентраторов напряжения) привело к значительному сокращению случаев усталостного разрушения деталей. Как правило, оно наблюдается в экстремальных условиях эксплуатации (длительные перегрузки, низкие или высокие температуры) у рессор, полуосей, рамы.

Коррозия. Это явление происходит вследствие агрессивного воздействия среды на детали, приводящего к окислению (ржавлению) металла и, как следствие, к уменьшению прочности и ухудшению внешнего вида. Основными активными агентами внешней среды, вызывающими коррозию, являются соль, которой посыпают дороги зимой, кислоты, содержащиеся в воде и почве, а также компоненты, входящие в состав отработавших газов автомобилей, и их химические соединения. Коррозия главным образом поражает детали кузова, кабины, рамы. Для деталей кузова, расположенных снизу, коррозия сопровождается абразивным изнашиванием в результате воздействия на поверхность при движении автомобиля абразивных частиц — песка, гравия. Сильно способствует коррозии сохранение влаги на металлических поверхностях, в том числе под слоем дорожной грязи, что особенно характерно для всякого рода скрытых полостей и ниш.

Коррозия способствует усталостному изнашиванию и разрушению, так как создает на поверхности металла концентраторы напряжения в виде коррозионных язв. Такой вид разрушений наблюдается, например, в местах сварки, крепления кронштейнов рессор.

Старение. Показатели технического состояния деталей и эксплуатационных материалов изменяются под действием внешней среды. Так, резинотехнические изделия теряют прочность и эластичность в результате окисления, термического воздействия (разогрев или охлаждение), химического воздействия масла, топлива и жидкостей, а также солнечной радиации и влажности.

В процессе эксплуатации свойства смазочных материалов и эксплуатационных жидкостей ухудшаются в результате накопления в них продуктов износа, изменения вязкости и потери свойств присадок. Детали и материалы изменяются не только при их использовании, но и при хранении: снижаются прочность и эластичность резинотехнических изделий; у топлива, смазочных материалов и жидкостей наблюдаются процессы окисления, сопровождаемые выпадением осадков.

Формы проявления неисправностей:

Внешними признаками, определяющими необходимость ремонта двигателя, являются: повышенный расход топлива и масла; появление в отработавших газах сизого дыма; снижение давления масла в системе смазки; увеличение количества газов, попадающих в масляный картер; снижение компрессии в цилиндрах; падение мощности двигателя. Для более точного определения технического состояния цилиндро-поршневой группы, кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов двигателя существует несколько методов, большинство из которых реализуется с помощью приборов и диагностических стендов.

В практике наиболее распространен метод определения технического состояния цилиндропоршневой группы по давлению в цилиндрах в конце такта сжатия (т. е. определение компрессии). Компрессия измеряется с помощью компрессометра или компрессографа (рис. 5.1).

Компрессометр и компрессограф представляют собой манометр с рукояткой, трубкой, наконечником и золотниковым устройством. Компрессограф обеспечивает запись показаний на специальных покрытых воском карточках, на которых остается информация о компрессии в каждом цилиндре. Он может иметь кнопку и электропроводку для подсоединения к реле включения стартера, что позволяет проверять компрессию самостоятельно, без помощника. Компрессографы удобны в работе, повышают культуру труда и облегчают сбор информации о двигателе.

Компрессографы и компрессометры для бензиновых двигателей имеют шкалу с пределом измерений 15...20 кгс/см2, для дизельных двигателей - до 40 кгс/см2, учитывая максимальную компрессию.

Компрессию в бензиновых двигателях проверяют при прогретом двигателе. Наконечник компрессографа или компрессометра вставляют в свечное отверстие, предохраняют от запуска двигатель, отсоединив, например, центральный провод от катушки зажигания, и проворачивают коленчатый вал стартером с частотой 200...250 об/мин, что обеспечивается полностью заряженным аккумулятором.



Рис. Компрессометр и компрессограф

Компрессию в дизельных двигателях можно проверять как при прогретом, так и при холодном двигателе (температура 20 °С). Для этого топливные трубки высокого давления отсоединяют от форсунок, предварительно ослабив их крепление и соблюдая осторожность, так как в трубках может быть остаточное высокое давление. После этого от форсунок отсоединяют трубку для слива топлива и выворачивают их. Затем в отверстие проверяемого цилиндра с помощью переходника подсоединяют компрессометр или компрессограф и отсоединяют разъем от электромагнитного клапана прекращения подачи топлива (для исключения подачи топлива в процессе проверки). Выполнив все это, до отказа нажимают педаль акселератора и с помощью стартера проворачивают коленчатый вал двигателя. Проверка компрессии должна производиться по возможности быстро, не более 10 с.

Компрессия в цилиндрах является индивидуальным параметром для каждого двигателя и составляет 9...11 кгс/см2 для бензиновых двигателей и 26...32 кгс/см2 для дизельных. Разница в показаниях между отдельными цилиндрами для бензиновых двигателей не должна превышать 1...2 кгс/см2, а для дизельных - 2...5 кгс/см2.

Для более полной оценки технического состояния двигателя при снижении давления в конце такта сжатия нужно залить в проверяемый цилиндр 10...15 см3 моторного масла и вторично произвести измерение. Если давление в конце такта сжатия возросло, то это указывает на износ поршневых колец, если же оно осталось прежним - на неплотное прилегание клапанов к седлам или подгорание клапанов. Пониженное давление в двух соседних цилиндрах, не повышающееся при повторной проверке, указывает на пробой прокладки головки цилиндров.

Для более точного определения состояния цилиндропоршневой группы все чаще применяются пневмотестеры типа К-272. Принцип их работы включается в том, что воздух в цилиндр двигателя подается под определенным давлением, значение которого регистрируется манометром. В случае износа цилиндров или неплотностей посадки клапанов компрессия начинает падать.

Износ деталей двигателя можно определить по характерным стукам и шумам. Для этого используют специальный стетоскоп, а в случае его отсутствия - медицинский стетоскоп. Стук в верхней части двигателя свидетельствует о неисправностях газораспределительного механизма. Стук в средней части двигателя может являться следствием износа поршней, поршневых колец и цилиндров. Резкий стук, не исчезающий при позднем зажигании, может возникать в результате износа поршневых пальцев и втулок верхней головки шатуна. Частый резкий стук в двигателе при запуске и движении с высокими скоростями может быть причиной износа шатунных подшипников (вкладышей). Резкий глухой стук, хорошо слышимый в нижней части двигателя при отпускании педали сцепления, может возникать из-за износа коренных подшипников.

Характерные неисправности двигателей указаны в табл. 1

Таблица 1.

|  |  |
| --- | --- |
| Причины неисправностей | Способы устранения |
| 1 | 2 |
| Двигатель не запускается | |
| Переобогашение смеси из-за неправильных приемов запуска двигателя | Продуть цилиндры свежим воздухом, проворачивая коленчатый вал двигателя стартером в течение 10 с при полностью открытых дроссельной и воздушной заслонках |
| Нет подачи топлива | Проверить подачу топлива к карбюратору, фильтру гонкой очистки, бензонасосу |
| Отсутствие электрической искры на свечах зажигания | Проверить наличие тока высокого напряжения на центральном проводе, проводах высокого напряжения, идущих к свечам, искры на свечах, а низкого напряжения - до прерывателя |
| Двигатель развивает недостаточную мощность | |
| Плохое наполнение цилиндров топливно-воздушной смеси | Проверить уровень топлива в поплавковой камере карбюратора, полноту открытия дроссельных заслонок, привод воздушной заслонки, бесперебойность подачи топлива к карбюратору, сам карбюратор |
| Недостаточная компрессия | Устранить залегание колец, проверить состояние и регулировку механизма газораспределения, прокладки годами блока и крепление самой головки к блоку |
| Перегрев двигателя | Проверить наличие охлаждающей жидкости в системе охлаждения, натяжение ремня вентилятора, правильность установки угла опережения зажигания, устранить накипь |
| уличенный расход топлива и повышенная токсичность отработавших газов | |
| Неисправность системы питания, зажигания. механизма газораспределения | Поэлементно проверить указанные системы |
| Повышенный расход масла | |
| При черном выхлопе - переобогащение смеси | Проверить систему питания |
| При синем выхлопе - сгорание масла в выпускной системе из-за повышенного уровня в картере двигателя или износа цилиндропоршневой группы | Проверить уровень масла, состояние цилиндропоршневой группы |
| Шум и стук в двигателе | |
| Временный стук | Перейти на низшую передачу, при использовании бензина с небольшим октановым числом установить более позднее зажигание |
| Постоянный стук | Проверить и отрегулировать зазоры в  клапанном механизме, состояние натяжения цепи привода механизма газораспределения, произвести ремонт цилиндро-поршневой группы, кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов |
| «Выстрелы» в глушителе | |
| Неплотно закрыт выпускной клапан или происходит его подгорание, богатая смесь | Проверить и отрегулировать зазоры в клапанном механизме, проверить систему питания |
| Хлопки в карбюраторе или впускном трубопроводе | |
| Неплотно закрыт впускной клапан. бедная смесь | Отрегулировать зазор в клапанном механизме, проверить систему питания |
| Стук поршней | |
| Износ юбок поршней | Произвести ремонт цилиндропоршневой группы |
| Резкий стук в двигателе, не исчезающий при позднем зажигании | |
| Износ поршневых пальцев и втулок верхней головки шатуна | Определить суммарный зазор, принеобходимости заменить пальцы и втулки |
| Частый резкий стук в двигателе при пуске и движении с высокими скоростями | |
| Изношены шатунные подшипники | Определить суммарный зазор, при необходимости произвести ремонт |
| Резкий глухой стук, хорошо слышный при отпускании педали сцепления | |
| Изношены коренные подшипники | Проверить давление масла в системе, при необходимости заменить подшипники |
| Чрезмерный стук, слышимый во всех режимах работы двигателя | |
| Выплавление шатунных и коренных подшипников | Произвести ремонт двигателя |
| Неравномерная работа двигателя, вода на электродах свечей | |
| Нарушение герметичности прокладки головки цилиндров | Подтянуть головку блока, при необходимости заменить прокладку |

Контрольно-диагностические и регулировочные работы по двигателю:

Техническое диагностирование – процесс определения технического состояния объекта диагностирования с определенной точностью. Диагностирование завершается выдачей заключения о необходимости проведения исполнительской части операций ТО или ремонта.

Таким образом можно отметить, что диагностика представляет собой процесс исследования объекта – узла, агрегата, системы или автомобиля в целом, состояние которого определяется. Завершение этого исследования – диагноз, т.е. заключение о состоянии объекта типа: объект исправен, объект неисправен, в объекте имеется такая-то неисправность.

Важнейшее требование к диагностированию – возможность оценки состояния объекта без его разборки.

Диагностика решает три основные типа задач по определению состояния объектов диагноза.

К первому типу относятся задачи по определению состояния, в котором находится объект в настоящий момент времени (задачи диагноза – от гр. diagnosis – распознавание, определение), ко второму – задачи по предсказанию состояния, в котором окажется объект в некоторый будущий момент времени (задачи прогноза – от гр. prognosis – предвидение, предсказание), к третьему – задачи по определению состояния, в котором находился объект в некоторый момент времени в прошлом (задачи генезиса – от гр. genesis – происхождение, возникновение). Задачи первого типа относят к технической диагностике, второго – к технической прогностике (или, как чаще говорят, к техническому прогнозированию), а третьего – к технической генетике.

Основными задачами диагностики применительно к автомобилям являются:

-выявление автомобилей (из числа эксплуатируемых), техническое состояние которых не соответствует требованиям безопасности движения;

-определение неисправностей, для устранения которых необходимы регулировочные либо ремонтные работы (если для устранения неисправности необходимы большие затраты рабочего времени, то такие работы выполняются перед ТО);

-выявление или уточнение перед ТР причины отказа или неисправности;

-контроль качества ТО и ТР;

-прогнозирование ресурса исправной работы узлов, агрегатов и автомобилей в целом;

-сбор, обработка и выдача информации, необходимой для управления производством;

-установление в отдельных случаях технического состояния автомобиля, в котором он находился в прошлом, например перед аварией (техническая генетика).

Диагностика технического состояния автомобилей по назначению, периодичности, перечню выполняемых работ, трудоемкости и месту в технологическом процессе ТО и ТР разделяется на общую (Д-1) и поэлементную (Д-2).

В настоящее время принято выделять три основные группы методов, классифицированных в зависимости от вида диагностических параметров (рис.).



Рис. Классификация методов диагностирования автомобилей

Средства технического диагностирования (СТД) представляют собой технические устройства, предназначенные для измерения текущих значений диагностических параметров. Они включают в себя в различных комбинациях следующие основные элементы: устройства, задающие тестовый режим; датчики, воспринимающие диагностические параметры и преобразующие их в сигнал, удобный для обработки или непосредственного использования; измерительное устройство и устройство отображения результатов (стрелочных приборов, цифровая индикация, экран осциллографа). Кроме того, СТД может включать в себя устройства автоматизации задания и поддержания тестового режима, измерения параметров и автоматизированное логическое устройство, осуществляющее постановку диагноза.

Результаты диагноза могут автоматически заноситься в запоминающее устройство для хранения или последующей передачи в управляющий орган.

Средства технического диагностирования можно разделить на три вида по их взаимодействию с объектом диагностирования (автомобилем): внешние, встроенные (бортовые) и устанавливаемые на автомобиль (рис.).

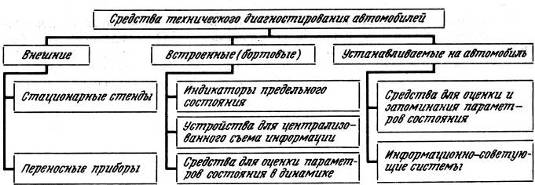


Рис. Классификация средств технического диагностирования

Наличие таких средств позволяет своевременно выявлять наступление предотказных состояний и назначать проведение предупредительных воздействий по фактическому состоянию, обеспечивая тем самым полное использование ресурса деталей и агрегатов.Комплексным параметром эффективности работы автомобиля или двигателя могут служить мощность, топливная экономичность, тяговое усилие на ведущих колесах автомобиля.

Общий процесс технического диагностирования включает в себя (рис.): обеспечение функционирования объекта на заданных режимах или тестовое воздействие на объект; улавливание и преобразование с помощью датчиков сигналов, выражающих значения диагностических параметров, их измерение; постановку диагноза на основании логической обработки полученной информации путем сопоставления с нормативами.

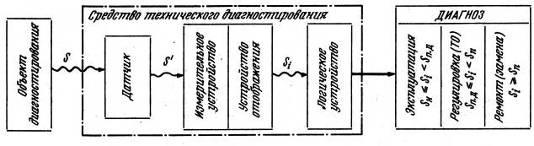


Рис. Схема процесса диагностирования

Мощность на ведущих колесах автомобиля, как комплексный параметр, характеризует функциональную способность агрегатов и узлов автомобиля, обеспечивающих его тяговые качества. Это особенность параметра, которая позволяет при минимальных затратах времени и трудоемкости получить данные, характеризующие объем работ по ТО или необходимость проведения поэлементной диагностики.

Предельные значения мощности на ведущих колесах различны для каждой марки автомобиля и зависят также от конструкции стенда с беговыми барабанами. Мощность на ведущих колесах автомобиля дает мало информации о техническом состоянии отдельных деталей. Для увеличения объема информации следует использовать возможности стенда определять потери мощности в трансмиссии, мощность, затрачиваемую на компрессирование двигателя, а также подвергать анализу вибрации и акустические явления, сопровождающие работу агрегатов.

Неисправности и отказы по двигателю в основном возникают в кривошипно-шатунном и газораспределительном механизмах, в системах зажигания, питания, охлаждения и смазки. Поэтому основное внимание при диагностике и обслуживании двигателя следует уделять указанным механизмам и системам.

Во время работы двигатели подвергаются естественному износу, и после определенного пробега возникает потребность в ремонте или замене деталей. Различные параметры двигателей разных марок и нагрузки формируются произвольно, поэтому заранее определить этот пробег невозможно, необходимо регулярно контролировать степень износа.

Износ двигателей в первую очередь проявляется в нарушении герметичности поршневых колец, клапанов и уплотнении цилиндров. При этом снижается давление сжатия, ухудшается наполнение цилиндров, возрастает расход масла, снижается разрежение во впускном трубопроводе, повышается расход топлива, снижается мощность, изменяются объемный КПД, крутящий момент и т.д. Следует учитывать, что все современные автомобильные двигатели являются многоцилиндровыми, поэтому надо обращать внимание не только на характеристики двигателя, но и на состояние отдельных цилиндров.

Неодинаковую работу цилиндров можно объяснить частично механическими дефектами, частично неисправностью электрооборудования. В практике чаще всего встречаются следующие неисправности: различная мощность искры в отдельных цилиндрах. Различная герметичность клапанов и поршневых колец; неисправности распределительного механизма, возникающие вследствие износа; неправильная сборка и регулировка; неисправности в системе питания. Устранение любой из перечисленных неисправностей упрощается, если измерения дают возможность определить ее в конкретном цилиндре.

Чтобы повысить разрешающую способность диагноза, необходимо замерить мощность, затрачиваемую на компрессирование двигателя, т. е. прокручивание коленчатого вала при выключенном зажигании и скорости 30 км/ч.

Сопоставление мощностей на колесах и компрессирования позволяет определить вид технического воздействия для каждого автомобиля. Сочетание высокой компрессии и низких тяговых показателей свидетельствует о необходимости регулировок систем двигателя. При низкой компрессии и плохих тяговых показателях нужно ремонтировать двигатель.

В случае падения мощности двигателя более 10 % номинальной определяют разность мощности по цилиндрам.

На рис. 4.12 показана общая схема поэлементного диагностирования дизельного двигателя. Как видно из рисунка, технология поиска неисправностей осуществляется в три этапа. На первом этапе выполняются подготовительные операции, без выполнения которых нельзя проверять техническое состояние двигателя по комплексным параметрам. На втором этапе проверяется двигатель по комплексным параметрам. Если они соответствуют допустимым значениям — диагностирование прекращается. На третьем этапе проводится поиск неисправностей. Он необходим в том случае, когда все пли один из комплексных параметров не соответствует допустимым значениям. Проверка технического состояния систем и узлов осуществляется в определенной последовательности, которая зависит от комбинаций количественных характеристик комплексных показателей. После регулировочных работ или работ, связанных с заменой детали, повторяют контроль комплексных показателей. В зависимости от их значений диагностирование продолжается или прекращается.

По количественным значениям комплексных параметров можно сделать заключение об исправности двигателя. Для определения характера неисправности и ее местонахождения используются частные параметры. К ним относятся прежде всего; величина компрессии в цилиндрах; давление газов в цилиндрах в конце такта сжатия; относительная утечка воздуха, подаваемого в цилиндры под давлением; количество газов прорывающихся в картер двигателя; интенсивность выгорания масла; концентрация железа в масле, взятом из картера; характер и место шумов и стуков, определяемых стетоскопом; акустические сигналы, анализируемые специальной виброакустической аппаратурой; количество окиси углерода в отработавших газах; давление масла в системе смазки.

Подготовительные операции перед определением технического состояния по комплексным параметрам

Проверка технического состояния по комплексным параметрам

Поиск неисправностей

Мощность двигателя

Угол опережения впрыска

Уровень воды и масла

Герметичность систем

Натяжение приводных ремней

Шумы, стуки

Схема рычагов управления ТНВД

Минимальные и максимальные обороты холостого хода

Потери мощности в трансмиссии

Расход топлива

Трубка высокого давления

Форсунка

Секция ТНВД

Дымность отработавших газов

Муфта опережения впрыска топлива

Фильтр тонкой очистки топлива

Система топливоподачи

Зазоры в клапанах

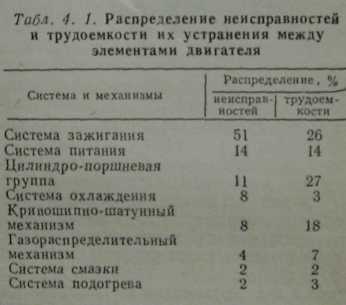
Прорыв газов в картер

Герметичность ЦПГ и клапанов

Рис. 417. Схема поэлементного диагностирования дизельного двигателя

С помощью перечисленных параметров можно оценить техническое состояние цилиндро-поршневой группы, кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов, степень исправности систем зажигания и питания. Между механизмами и узлами двигателя существует функциональная взаимосвязь: параметры одного из них могут характеризовать состояние другого. Вместе с тем они неодинаково влияют на работу двигателя. Поэтому очень важно знать рациональную последовательность (см. рис. 4.11) определения частных параметров в процессе диагностирования, чтобы кратчайшим путем приблизиться к месту неисправности, быстрее распознать ее. Как указывает С. М. Грибенко, наиболее целесообразная последовательность измерений и анализов диагностических параметров составляет сущность алгоритма диагностики.

Для разработки такого алгоритма необходимо прежде всего иметь данные о частоте появления отказов и неисправностей. В определенных условиях эксплуатации наибольшее число неисправностей двигателя автомобилей 3ИЛ-130 (табл. 4.1) приходится на систему зажигания, питания и цилиндро-поршневую группу.



В процессе поэлементной диагностики можно довести до нормы некоторые частные параметры путем регулировки соответствующих систем и механизмов двигателя. Выполняя регулировки в рациональной последовательности (см. рис. 4.11) и продолжая измерять другие частные параметры, можно определить неисправности, вызванные износами или поломками деталей узлов и механизмов. Их выявление позволяет установить объем ремонтных работ.

Объективная оценка технического состояния двигателя на автомобиле может быть осуществлена двумя методами: тормозным (с применением нагрузочных стендов) и бестормозным.

**1.4 Режимы и технология технического обслуживания двигателей легковых автомобилей “Merсedes”**

Методы обеспечения работоспособности автомобилей:

В процессе эксплуатации автомобиля, его техническое состояние ухудшается, что может привести к частичной или полной потере работоспособности, т.е. к неисправностям или отказу. Существует два способа обеспечения работоспособности автомобилей:

- поддержание работоспособности, называемое ТО;

- восстановление работоспособности, называемое ремонтом.

Основная цель ТО – предупреждение и отдаление момента достижения износа агрегата, узла предельного состояния. Эта цель достигается предупреждением отказа за счет контрольного доведения параметров агрегата, узла до номинальных значений или близких к нему, и за счет снижения темпа изнашивания после ТО. По такому принципу производится ТО большинства регулируемых механизмов (тормозные, сцепление, клапанный механизм).

Уменьшение ресурса происходит из-за старения, загрязнения и выдавливания смазанного материала, поэтому замена или наполнение маслами агрегатов является составляющими ТО.

К ТО относятся также работы, проводимые для обеспечения доступности механизмов и агрегатов и улучшения условий труда исполнителей ТО, а также поддержания надлежащего внешнего вида автомобиля: уборка, мойка и обсушка.

Таким образом ТО является профилактическим мероприятием, проводимым по плану и включает контрольно-диагностические, крепёжные, смазочные, заправочные, регулировочные, моечные, уборочные и некоторые другие виды работ.

Однако, несмотря на проведение ТО из-за изнашивания деталей, поломок может наступить такое предельное состояние автомобиля, которое не может быть устранено профилактическими методами и для восстановления утраченной работоспособности требуется ремонт.

Ремонт предназначен для восстановления и поддержания работоспособности механизма, узла, агрегата и автомобиля в целом, устранение отказов и неисправностей, возникающих при работе или выявленных при ТО и диагностировании. Как правило, ремонт выполняется по потребности (при достижении узла, агрегата предельного состояния) и включает контрольно-диагностические, разборочные, сборочные, регулировочные, слесарные, сварочные работы.

К системе ТО и ремонта автомобилей предъявляют следующие требования:

-обеспечение заданных условий эксплуатационной надежности автомобильного парка при рациональных материальных и трудовых затратах;

-планово-нормативный её характер, позволяющий планировать и организовывать ТО и ремонт на всех уровнях, начиная от АТП и до общегосударственных плановых и директивных органов;

-обязательность для всех организаций и предприятий, владеющих автомобильным транспортом, вне зависимости от их ведомственной подчинённости (за исключением организации министерства обороны, МВД и КГБ);

-конкретность, доступность и пригодность для руководства и принятия решений всеми звеньями инженерно-технической службы автомобильного транспорта;

-стабильность основных принципов и гибкость конкретных нормативов, учитывающих изменение условий эксплуатации, конструкции, качества и надежности изделий;

-учёт разнообразия условий эксплуатации автомобилей.

Принципиальные основы организации и нормативы ТО и ремонта регламентируются в нашей стране «Положением о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта». Положение является результатом, во-первых проводимых научных исследований в системе министерства транспорта в области технической эксплуатации автомобилей; во-вторых опыта передовых АТП; в-третьих работы, проводимой автомобильной промышленностью по повышению качества автомобилей.

«Положение» является основополагающим нормативным документом по ТО и ремонту автомобилей в стране, на основе которого производится планирование и организация ТО и ремонта и разрабатываются ряд производных нормативно-технологических документов.

Для оперативного учёта происходящих изменений конструкций автомобилей и условий их эксплуатации в «Положении» предусматриваются две части.

Первая часть, содержащая основы ТО и ремонта подвижного состава, определяет систему и техническую политику по данным вопросам на автомобильном транспорте. Здесь устанавливаются: система и виды ТО и ремонта, а также исходные нормативы, регламентирующие их; классификация условий эксплуатации и методы корректирования нормативов; принципы организации производства ТО и ремонта на АТП; типовые перечни операций ТО и др. основополагающие документы.

Вторая часть включает конкретные нормативы по каждой базовой модели и её модификации. Эта часть разрабатывается с периодичностью 3-5 лет в виде отдельных приложений к первой части.

Назначение принципиальные основы планово-предупредительной системы ТО и ремонта автомобилей:

Знание и количественная характеристика закономерностей изменение параметров технического состояния узлов, агрегатов и автомобиля в целом позволяет управлять работоспособностью и техническим состоянием автомобиля в процессе эксплуатации, т.е. поддерживать и восстанавливать его работоспособность. Эти работы подразделяются на две большие группы – ТО и ремонт.

Необходимость поддержания высокого уровня работоспособности требует, чтобы большая часть отказов и неисправностей была предупреждена, т.е. работоспособность изделия была восстановлена до поступления отказа или неисправности. Поэтому задача ТО состоит в предупреждении возникновения отказов и неисправностей, а ремонта – в их устранении (восстановлении работоспособности).

Предупреждение отказов и неисправностей требует регулярного планового выполнения определённых операций ТО с установленной периодичностью и трудоёмкостью. Перечень выполняемых операций, их периодичность и трудоёмкость в целом составляют режим ТО.

В нашей стране ТО и ремонт автомобилей, так же как и других машин и механизмов (сельскохозяйственных машин, судов, самолётов, тепловозов и др.) производится на плановой основе, представляющей собой систему ТО и ремонта.

Система ТО и ремонта состоит из комплекса взаимосвязанных положений и норм, определяющих порядок проведения работ по ТО и ремонту с целью обеспечения заданных показателей качества автомобилей в процессе эксплуатации.

На автомобильном транспорте большинства стран также используется планово-предупредительная система, в соответствии с которой, ТО носит предупредительный, профилактический характер и выполняется регулярно после определённой наработки (пробега) автомобиля, а ремонт, как правило, выполняется по потребности, т.е. после возникновения отказа или неисправности.

Виды ТО и их характеристика:

Каждый раз после возвращения автомобилей с линии необходимо выполнить определённый объём контрольных, заправочных, очистительных работ по ТО. Затем, через определённый пробег, проявляется потребность в выполнении некоторых крепёжных, смазочных, регулировочных, электротехнических и др. работ ТО подвижного состава. С дальнейшим увеличением пробега возникает необходимость в выполнении, кроме встречавшихся, дополнительных (новых) крепёжных, смазочных, регулировочных, электротехнических и др. работ по ТО подвижного состава

Таким образом потребность в выполнении той или иной совокупности работ по ТО зависит от пробега, условий эксплуатации, модификации подвижного состава и т.д.

Техническое обслуживание подвижного состава в зависимости от периодичности и перечня работ подразделяется на следующие виды:

- ежедневное техническое обслуживание (ЕО);

- первое техническое обслуживание (ТО-1);

- второе техническое обслуживание (ТО-2);

- сезонное техническое обслуживание (СО).

Изменение видов технического обслуживания допускается на основании рекомендаций сервисных документов заводов-изготовителей подвижного состава и особых условий эксплуатации.

ЕО выполняется ежедневно в межсменное время и включает контрольно-осмотровые работы по механизмам управления, приборам освещения, кузову, кабине, уборочно-моечные операции, а также заправку топливом, маслом, сжатым воздухом и охлаждающей жидкостью. Мойка автомобиля производится по потребности в зависимости от погодных и климатических условий и санитарных требований, предъявляемых к вашему виду автомобиля. Для некоторых видов подвижного состава, предназначенных для перевозки продуктов, химических удобрений, производится санитарная обработка кузова.

Уборочно-моечные работы ЕО выполняют в межсменное время после возвращения подвижного состава с линии, а контроль технического состояния при выезде на линию, а также при смене водителей на линии за счёт подготовительно-заключительного времени.

ТО-1 и ТО-2 выполняются периодически, через установленный в нормативной документации пробег, и включают комплекс операций, предупреждающих и выявляющих неисправности, уменьшающих интенсивность изнашиваемости деталей подвижного состава, снижающих перерасход топлива и других эксплуатационных материалов, уменьшающих отрицательное воздействие на окружающую среду.

ТО-1 и ТО-2 отличаются перечнями операций поддержания работоспособности подвижного состава на конкретном пробеге.

ТО-1 заключается в наружном техническом осмотре всего автомобиля и выполнении в установленном порядке объёма контрольно-диагностических, крепёжных, регулировочных, смазочных, электротехнических и заправочных работ с проверкой работы двигателя, р/у, системы приборов освещения и сигнализации, и др. механизмов. Производится ТО-1 в межсменное время.

ТО-2 включает более углубленное диагностирование или проверку состояния в их механизмов и приборов автомобиля (со снятием некоторых приборов для их контроля и регулировки в цехах например системы питания, электрооборудования), выполнение в установленном объёме крепёжных, регулировочных, смазочных и др. работ, а также проверку действия агрегатов, механизмов и приборов в процессе их работы.

ТО-2 обычно производится в рабочее время (дневное) и сопровождается текущим ремонтом, если потребность такого обнаруживается при проведении ТО-2.

СО выполняется 2 раза в год периодически при переходе с теплого периода эксплуатации на холодный и обратно для подготовки подвижного состава к безотказной работе в новых условиях.

СО совмещается с очередным ТО-2, с увеличением трудоёмкости по сравнению с трудоёмкостью ТО-2(от 20 до 50%).

Все виды технического обслуживания должны выполняться по полному перечню операций, предусмотренному нормативно-технологической документацией.

Фактическая периодичность проведения ТО-1 и ТО-2 может отличаться от установленной нормативами не более чем на 15%..

**1.5 Особенности текущего ремонта двигателей легковых автомобилей “Merсedes”**

Виды ремонта и их краткая характеристика:

В соответствии с планово-предупредительной системой предусматривается выполнение текущего (ТР), восстановительного (ВР) и капитального (КР) автомобиля и его агрегатов.

Текущий ремонт выполняется автотранспортных предприятиях или на станциях ТО и заключается в устранении неисправностей и отказов, способствуя выполнению установленных норм пробега до КР. ТР выполняется путём проведения разборочно-сборочных работ, слесарных, сварочных и др. работ и замены отдельных узлов и агрегатов (кроме базовых). Базовая замена-блок цилиндров, картер ведущего моста, балка переднего моста, каркас кабины. ТР должен выполнять безотказную работу отремонтированных агрегатов не меньше чем до очередного ТО-2.

Агрегаты на автомобиле при ТР меняют в том случае, когда время ремонта агрегата превышает время, необходимое для его замены.

Часто повторяющиеся операции сопутствующего ТР (номенклатура которых установлена положением) малой трудоёмкости (ТО-1 5-7 чел/мин, ТО-2 20-30 чел/мин) допускается выполнять одновременно с ТО.

Капитальный ремонт подвижного состава, его агрегатов и узлов производится на ремонтных предприятиях, имеющих соответствующую производственную базу, как правило, обезличенным методом, предусматривающим полную разборку, дефектацию, восстановление деталей, обезличенную сборку, регулировку и испытание. По желанию заказчика капитальный ремонт может выполняться индивидуальным методом при согласовании дополнительной оплаты.

КР предусматривает восстановление работоспособности автомобилей и агрегатов в целях обеспечения их пробега до последующего КР или списания не менее 80% от норм пробега для новых автомобилей и агрегатов.

КР производится при ухудшении технического состояния базовых составных частей подвижного состава.

Восстановительный ремонт производится на специализированных предприятиях, в основном индивидуальным методом с реставрацией деталей и сборочных единиц, включая базовые, всеми возможными способами, установленными действующей документацией.

Номенклатура принимаемых в восстановительный ремонт транспортных средств, их комплектность, требования к техническому состоянию при сдаче в восстановительный ремонт и приемке из него должны соответствовать требованиям соответствующих нормативно-технических документов.

Особенности текущего ремонта двигателей легковых автомобилей “Merсedes”:

Снятие и установка. Операции по снятию и установке двигателя подробно описаны в инструкции по ремонту конкретного агрегата, поэтому приведем лишь общие рекомендации.

Для снятия или установки двигателя автомобиль поднимается подъемником или устанавливается на осмотровой канаве. Необходимо также затормозить его стояночным тормозом, а при работе в осмотровой канаве установить под колеса упорные башмаки.

Перед снятием двигателя нужно слить охлаждающую жидкость из системы охлаждения, открыв краны (сняв пробки) на радиаторе и блоке цилиндров. При отсутствии крана на радиаторе ослабляют хомут крепления его нижнего шланга. В момент слива пробка радиатора и кран отопителя должны быть открыты. Кроме того, выполняют следующие операции: сливают масло из двигателя, а при необходимости - и из коробки передач; отсоединяют провода от аккумулятора и снимают его с автомобиля; освобождают крепление двигателя и отсоединяют все его электрические и тросовые соединения. Остальные крепежные соединения отсоединяют в порядке, указанном в инструкции по ремонту конкретного двигателя.

Чтобы не повредить двигатель и кузов автомобиля, а также в целях безопасности для снятия двигателя желательно использовать таль или подъемник.

Разборка, сборка и мойка. Детали двигателя в процессе эксплуатации прирабатываются друг к другу, поэтому при индивидуальном ремонте двигателя детали, пригодные к дальнейшей эксплуатации, устанавливают на их прежние места, где они приработались. Для обеспечения этого такие детали, как поршни, поршневые кольца, шатуны, поршневые пальцы, подшипники скольжения (вкладыши), клапаны, штанги, коромысла и толкатели клапанов, при снятии необходимо маркировать любым способом, не вызывающим их повреждения (кернением, надписыванием, прикреплением бирок и т. п.).

При ремонте нельзя раскомплектовывать крышки шатунов с шатунами, переставлять картер сцепления и крышки коренных подшипников с одного двигателя на другой или менять местами крышки коренных подшипников в одном блоке, так как эти детали обрабатываются на заводе-изготовителе совместно и невзаимозаменяемыми.

После разборки двигателя его детали тщательно обезжиривают и очищают от нагара и смолистых отложений. Нагар с поршней, впускных клапанов и камер сгорания удаляют механическим или химическим способом. Наиболее простым способом очистки деталей является ручная мойка волосяными щетками и скребками в небольших ваннах с керосином или бензином.

Химический способ удаления нагара заключается в выдерживании деталей в ванне со специальным раствором, нагретым до 80...95°С, в течение 2...3 ч.

После очистки детали промывают горячей (80...90°С) водой и обдувают сжатым воздухом.

Промывать детали из алюминиевых и цинковых сплавов в растворах, содержащих щелочь (NaOH), нельзя, так как она разъедает алюминий и цинк.

При сборке двигателя необходимо:

перед сборкой протереть детали чистой салфеткой и продуть сжатым воздухом, а все трущиеся поверхности смазать чистым маслом;

резьбовые детали (шпильки, пробки, штуцеры), если их выворачивали или заменяли в процессе ремонта, устанавливать на сурике либо белилах, разведенных натуральной олифой;

крепежные соединения при сборке затягивать только с использованием динамометрического ключа и теми моментами, которые указаны в технической характеристике на данный двигатель.

**1.6 Характеристики и показатели надёжности двигателей легковых автомобилей “Merсedes”**

Таблица №

Среднее количество возникших отказов двигателей Mersedes в %

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Количество лет эксплуатации | | | | |
| 3 | 5 | 7 | 9 | 11 |
| Процент отказов | 1,5 | 2,2 | 2,5 | 2,5 | 2,6 |

**2. Разработка вероятностной математической модели распределения случайных величин по значениям показателя надежности**

**2.1 Построение интервального вариационного ряда случайных величин**

Основной целью ТЭА снижение затрат на поддержание работоспособности автомобиля в заданных эксплуатационных условиях. Наиболее эффективному решению данной задачи способствует проведение экспериментальных исследований. Это позволяет получить достоверную информацию о параметрах технического состояния автомобиля, их надежности (т.е. о ресурсах агрегатов, узлов, деталей, межремонтных пробегах и т.п.), о фактическом расходовании материальных ресурсов и трудовых затратах на производство технического обслуживания (ТО) и ремонта. Под экспериментальными исследованиями понимается как постановка специальных экспериментов – стендовых, дорожных, полигонных, когда исследователь организует и влияет на ход эксперимента, задавая различные нагрузки, режимы и т.п., так и подконтрольная эксплуатация автомобилей, выполняющих обычную транспортную работу, фиксируется и накапливается информация о всех отказах и неисправностях, пробегах нагрузках, ремонтах и т.п., а также сбор статистических данных на основании различных отчетных документов по расходу запасных частей и эксплуатационных материалов, заявки на текущий ремонт и т.д.

Одной из важных особенностей практически всех показателей и характеристик процессов ТЭА является их формирование под влиянием многих переменных факторов, точное значение которых часто неизвестно. Это так называемые вероятностные процессы. Поэтому о конкретных значениях показателей, получаемых в результате проведения эксперимента, можно говорить лишь с определенной вероятностью, а сами показатели являются случайными величинами. В этой связи с целью их изучения используется математический аппарат прикладной статистики и теории вероятностей.

Особое значение в предварительной обработке результатов эксперимента имеет анализ грубых, резко выделяющихся значений, т.е. анализ однородности экспериментального распределения. Проверим однородность экспериментальных данных по критерию Романовского.

Расположим члены выборки Xi в порядке возрастания.

Таблица 1.

Исходный вариационный ряд.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| i | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| Xi | 10,0 | 10,2 | 10,3 | 10,8 | 11,5 | 12,0 | 13,3 | 13,5 | 13,8 | 14,0 | 14,2 | 14,2 | 14,3 | 14,4 |
| i | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 |
| Xi | 14,5 | 14,6 | 14,8 | 14,8 | 14,9 | 15,0 | 15,1 | 15,1 | 15,2 | 15,3 | 15,4 | 15,5 | 15,6 | 15,7 |
| i | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 |
| Xi | 15,8 | 15,9 | 16,0 | 16,2 | 16,5 | 16,8 | 17,2 | 17,5 | 18,0 | 18,4 | 19,0 | 19,5 | 19,9 | 20,2 |

Результаты эксперимента должны отвечать трем основным статистическим требованиям:

- эффективности оценок, т.е. минимуму дисперсии отклонения неизвестного параметра;

- состоятельности оценок, т.е. при увеличении числа (объема) экспериментальных данных оценка параметра должна стремится к его истинному значению;

- несмещенности оценок, т.е. должны отсутствовать систематические ошибки в процессе вычисления параметров.

Для обеспечения указанных требований, а также для того, чтобы экспериментальные исследования соответствовали заданной точности и достоверности, необходимо определить минимальный, но достаточный объем Nmin экспериментальных данных, при котором исследователь может быть уверен в положительном исходе.

На основании результатов экспериментальных данных Xi вычислим:

- среднее значение :



;



- среднее квадратичное отклонение:

;



- коэффициент вариации:

,



который характеризует относительную меру рассеивания Xi вокруг ;



- размах вариации, характеризующий абсолютную величину рассеивания результатов эксперимента:

,



где - соответственно максимальное и минимальное значение результатов эксперимента.



Принимаем и выбираем из таблицы значение критерия Стьюдента для оценки односторонней доверительной вероятности, т.е. .



Вычисляем предельную абсолютную погрешность интервальной оценки математического ожидания:

.



Значение характеризует абсолютную точность проведенного эксперимента и численно равно половине ширины доверительного интервала, т.е. принимаем значение t для .



Вычислим относительную точность интервальной оценки M(X):



,



которая характеризует относительную ширину (в долях от ) половины доверительного интервала. Рекомендуется принимать значение = 0,05…0,15. Это значит, что половина ширины доверительного интервала для M(X) будет в пределах 5… 15% от X.



Требуемый минимальный объем экспериментальных данных для достижения заданных :



.



Применяя формулу Стеджарса, находим приближенную ширину итервала:

.



Принимаем .



Определяем число интервалов группирования экспериментальных данных:

.



Принимаем число интервалов r = 7.

**2.2 Расчет числовых характеристик распределения случайных величин**

Более полное, а главное, обобщенное представление о результатах эксперимента дают не абсолютные, а относительные (удельные) значения

Полученных данных. Так, вместо абсолютных значений числа экспериментальных данных ni, целесообразно подсчитать долю рассматриваемых событий в интервале, приходящихся на одно изделие (деталь, узел, агрегат или автомобиль) из числа находящихся под наблюдением, т.е. на единицу выборки. Эта характеристика экспериментального распределения называется относительной частотой (частостью) mi появления данного события (значений признака Xi):

.



Относительная частота mi при этом, в соответствии с законом больших чисел, является приближенной экспериментальной оценкой вероятности появления события .



Значения экспериментальных точек интегральной функции распределения рассчитывают как сумму накопленных частостей mi в каждом интервале ri. В первом интервале во втором интервале



и т.д.,



т.е.



Таким образом, значение изменяются в интервале [0;1] и однозначно определяют распределение относительных частот в интервальном вариационном ряду.



Другим удельным показателем экспериментального распределения является дифференциальная функция , определяемая как отношение частости к длине интервала



и характеризующая долю рассматриваемых событий в интервале, приходящуюся на одно испытываемое изделие и на величину ширины интервала. Функция также еще называется плотностью вероятности распределения.



Полученные результаты расчета сводим в статистическую таблицу.

Таблица 2

Результаты интервальной обработки экспериментальных данных.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование  параметра | Обозна- чение | Номер интервала, Ki | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Границы интервала | [a;b] | 10,0;  11,5 | 11,5  ;13,0 | 13,0;  14,5 | 14,5;  16,0 | 16,0;  17,5 | 17,5;  19,0 | 19,0;  20,5 |
| Середины интервалов |  | 10,75 | 12,25 | 13,75 | 15,25 | 16,75 | 18,25 | 19,75 |
| Опытные числа попадания в интервалы | mi | 4 | 2 | 8 | 16 | 5 | 4 | 3 |
| Опытные частоты попадания в интервал |  | 0,095 | 0,048 | 0,19 | 0,381 | 0,119 | 0,095 | 0,071 |
| Накопленная частота |  | 4 | 6 | 14 | 30 | 35 | 39 | 42 |
| Дифференциальная функция |  | 0,0635 | 0,0318 | 0,127 | 0,254 | 0,079 | 0,0635 | 0,0476 |
| Интегральная функция |  | 0,095 | 0,143 | 0,333 | 0,714 | 0,833 | 0,929 | 1 |

**2.3 Анализ физических закономерностей формирования распределения случайных величин по значениям продолжительности проверки крепления стартера на автомобиле**

Нормальное распределение.

Нормальное распределение, называемое также законом Гуса, находит широкое применение при исследовании эффективности функционирования транспортных средств и систем.

Теоретическим обоснованием широкого применения этого закона служит центральная предельная теорема (теорема Ляпунова А.М.), согласно которой распределение суммы независимых или слабо зависимых случайных величин, имеющих конечные математические ожидания и дисперсии одного порядка, при увеличении числа слагаемых всё меньше отличаются от нормального закона. При этом складываемые законы могут быть одинаковыми и разными.

Плотность распределения нормального закона имеет следующий вид:

,



где - математическое ожидание;



- среднее квадратичное отклонение.



Функция распределения нормального закона имеет вид:



Вероятность попадания в интервал a, b случайной величины, распределенной нормально, определяется с помощью табличной функции Лапласа Ф0:



Логарифмически – нормальное распределение.

В этом случае нормальное распределение имеет не сама величина, а значение ее логарифма. Логарифмически-нормальное распределение формируется в случае, если на протекание исследуемого процесса и его результата влияет сравнительно большое число случайных и взаимно независимых величин, интенсивность действия которых зависит от достигнутого случайной величиной состояния.

Модель формирования называется моделью “пропорционального эффекта”. Данным законом хорошо описывать изменение геометрических, диагностических параметров, а так же для описания усталостных процессов, коррозии, наработки крепежных соединений.

В решении задач ТЭА Vx=0.3…0.7

Данное распределение описывает произведение воздействий случайных величин.

Дифференциальная функция логарифмически-нормального закона имеет вид:



где -случайная величина, логарифм которой распределен нормально;



-математическое ожидание логарифма случайной величины;



-среднее квадратическое отклонение логарифма случайной величины



Интегральная функция логарифмически-нормального распределения определяется следующим образом:



**2.4 Расчет параметров математических моделей**

**2.4.2 Нормальное распределение**

Нормальный закон формируется, если на протекание исследуемого процесса и его показателей влияет сравнительно большое число независимых или слабо зависимых элементарных факторов (слагаемых), каждый из которых в отдельности оказывает лишь незначительное действие по сравнению с суммарным влиянием всех остальных.

Нормальный закон хорошо согласуется с результатами эксперимента по оценке параметров, характеризующих техническое состояние деталей, узла, агрегата и автомобиля в целом, а так же их ресурсов и наработки до появления первого отказа. Достаточно широкое распространение этого закона определяется тем, что рассматриваемые параметры формируются в реальных условиях эксплуатации под влиянием многочисленных взаимно независимых или слабо зависимых факторов. Интенсивность изнашивания и, следовательно, износ, ресурс детали зависит, например, от первоначальных свойств сопряженных деталей, смазочных материалов, условий работы, квалификации персонала, качества ТО, ремонта и т.д.

Для нормального закона распределения в задачах технической эксплуатации автомобилей коэффициент вариации



Дифференциальная функция распределения



где - математическое ожидание;



- среднее квадратическое отклонение.



Интегральная функция распределения нормального закона:



Вероятность попадания случайной величины, распределенной нормально в интервале определяется с помощью функции Лапласа ()



Заготавливаем статистическую таблицу

Таблица 2.2

Статистическая таблица для нормального распределения.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование параметра | Номер интервала | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1.Границы интервалов | 10,0;  11,5 | 11,5;13,0 | 13,0;  14,5 | 14,5;  16,0 | 16,0;  17,5 | 17,5;  19,0 | 19,0;  20,5 |
| 2.Середины интервалов | 10,75 | 12,25 | 13,75 | 15,25 | 16,75 | 18,25 | 19,75 |
| 3. Частота mi | 4 | 2 | 8 | 16 | 5 | 4 | 3 |
| 4.Опытные частоты попа-  даний в интервалы | 0,095 | 0,048 | 0,19 | 0,381 | 0,119 | 0,095 | 0,071 |
| 5. Статистическая функция  распределения F(xi)э | 0,095 | 0,143 | 0,333 | 0,714 | 0,833 | 0,929 | 1 |
| 6. Теоретические  вероятности  попадания в интервалы Pi | 0,046 | 0,117 | 0,2095 | 0,2505 | 0,117 | 0,1095 | 0,04 |
| 7. Теоретические числа попа-  даний в интервалы m\* | 1,932 | 4,914 | 8,799 | 10,521 | 4,914 | 4,599 | 1,68 |
| 8. Слагаемые критерия  Пирсона | 0,455 | 0,013 | 0,854 | 0,567 | 0,177 | 0,01 | 0,016 |
| 9. Теоретическая функция  распределения F(xi) | 0,046 | 0,163 | 0,3725 | 0,623 | 0,74 | 0,8495 | 0,89 |

Вычисляем общее статистическое математическое ожидание наработки:



Вычисляем статистическую дисперсию:



Несмещенное значение среднеквадратического отклонения:



Выдвигаем гипотезу о нормальном распределении опытных данных.

Вычисляем с помощью табличной функции Лапласа теоретические вероятности попадания случайной величины в интервалы:

Для 1-го интервала

;



Для 2-го интервала

;



Для 3-го интервала

;



Для 4-го интервала

;



Для 5-го интервала

;



Для 6-го интервала



;



Для 7-ого интервала

.



Значения теоретических вероятностей заносим в табл. 2.2 строка 5



На основании полученных теоретических вероятностей производим сглаживание опытной гистограммы теоретической кривой нормального закона.



Находим теоретические числа попадания случайных точек в интервалы и записываем значения в табл. 2.2 строка 6.



;



;



;



;



;



;



Вычисляем слагаемые критерия Пирсона, заполняя тем самым табл. 2.2 строка 7.



1-ый интервал 4-ый интервал



; ;



2-ой интервал 5-ый интервал

; ;



3-ий интервал 6-ой интервал

; ;



7-ой интервал

.



Суммируя слагаемые критерия Пирсона по интервалам, получаем значение критерия Пирсона:



.



Проверяем правдоподобность гипотезы о принадлежности опытных данных к нормальному закону с помощью критерия Пирсона:

-число степеней свободы равно

.



-гипотеза не отвергается.



Проверяем правдоподобность гипотезы о принадлежности опытных данных к нормальному распределению с помощью критерия Романовского:



Таким образом, по критерию Романовского гипотеза не отвергается.

Расчет критерия Колмогорова.

В каждом из интервалов определяем модуль разности между экспериментальными значениями интегральной функции F(xi)э и теоретическими F(xi), т.е.



и выбираем максимальное значение Dmax. Вычисляем расчетное значение критерия:



Таким образом, по критерию Колмогорова гипотеза не отвергается.

**2.4.3 Логарифмически-нормальной распределения**

В этом случае нормальное распределение имеет не сама величина, а значение ее логарифма. Логарифмически-нормальное распределение формируется в случае, если на протекание исследуемого процесса и его результата влияет сравнительно большое число случайных и взаимно независимых величин, интенсивность действия которых зависит от достигнутого случайной величиной состояния.

Модель формирования называется моделью “пропорционального эффекта”. Данным законом хорошо описывать изменение геометрических, диагностических параметров, а так же для описания усталостных процессов, коррозии, наработки крепежных соединений.

В решении задач ТЭА Vx=0,3…0,7

Заготавливаем статистическую таблицу

Таблица 2.3

Статистическая таблица для логарифмически-нормального распределения.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование параметра | Номер интервала | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1.Границы интервалов | 10,0;  11,5 | 11,5;13,0 | 13,0;  14,5 | 14,5;  16,0 | 16,0;  17,5 | 17,5;  19,0 | 19,0;  20,5 |
| 2.Середины интервалов | 10,75 | 12,25 | 13,75 | 15,25 | 16,75 | 18,25 | 19,75 |
| 3.Опытные числа попаданий в  интервалы mi | 4 | 2 | 8 | 16 | 5 | 4 | 3 |
| 4.Опытные частоты попаданий в  интервалы | 0,095 | 0,048 | 0,19 | 0,381 | 0,119 | 0,095 | 0,071 |
| 5. Натуральный логарифм для  середины интервала | 2,375 | 2,506 | 2,621 | 2,725 | 2,818 | 2,904 | 2,983 |
| 6. Центрированная и норми-  рованная случайная величина | 1,793 | 1,082 | 0,457 | 0,109 | 0,614 | 1,082 | 1,511 |
| 7. Плотность нормированной  и центрированной  случайной величины | 0,080 | 0,222 | 0,359 | 0,391 | 0,330 | 0,222 | 0,127 |
| 8. Плотности распределения  f(xi) | 0,04 | 0,098 | 0,142 | 0,139 | 0,107 | 0,066 | 0,035 |
| 9. Теоретические числа  попаданий в интервалы mi\* | 2,52 | 6,174 | 8,946 | 8,779 | 6,741 | 4,158 | 2,205 |
| 10. Слагаемые критерия  Пирсона | 0,869 | 2,822 | 0,1 | 5,939 | 0,449 | 0,006 | 0,287 |
| 11. Вероятности не попадания  в интервалы | 0,94 | 0,853 | 0,787 | 0,791 | 0,839 | 0,901 | 0,947 |
| 12. Теоретические  вероятности  попадания в интервалы Pi | 0,06 | 0,147 | 0,213 | 0,209 | 0,161 | 0,099 | 0,053 |
| 13. Теоретическая функция  распределения F(xi) | 0,06 | 0,207 | 0,42 | 0,629 | 0,79 | 0,889 | 0,942 |
| 14.Экспериментальные  значения  интегральной функции F(xi)э | 0,095 | 0,143 | 0,333 | 0,714 | 0,833 | 0,929 | 1 |

Выдвигаем гипотезу о возможности распределения по логарифмически-нормальному закону.

Вычисляем значения натуральных логарифмов для середины интервалов:



Вычисляем статистическое математическое ожидание и дисперсию случайной величины:



Несмещенная оценка для дисперсии :



Вычисляем центрированные и нормированные значения случайной величины и заносим значения в таблицу 2.3 строка 6.



Находим плотности распределения для центрированных и нормированных случайных величин, используя таблицу:



Заносим данные в таблицу 2.3 строка 7

Вычисляем плотности распределения случайной величины, заполняем строку 8 табл. 2.3



Вычисляем теоретические вероятности попадания случайной величины в интервал по формуле:



Заполняем строку 12 табл.2.3

Вычисляем теоретические числа попадания случайной величины в интервалы по формуле: и заполняем строку 9 табл.2.3



Вычисляем составляющие критерия Пирсона для каждого интервала и заполняем строку 10 табл. 2.3



Суммируя слагаемые критерия Пирсона по интервалам, получаем значение критерия Пирсона:



Проверяем правдоподобность гипотезы о принадлежности опытных данных к логарифмически-нормальному закону.

По критерию Пирсона:



Следовательно, по критерию Пирсона гипотеза о принадлежности опытных данных к логарифмически-нормальному закону отвергается.

По критерию Романовского:

- гипотеза не отвергается



Вычисляем вероятности исправной работы (кривая ресурса), для этого суммируем плотности распределения



Расчет критерия Колмогорова.

В каждом из интервалов определяем модуль разности между экспериментальными значениями интегральной функции F(xi)э и теоретическими F(xi), т.е.



и выбираем максимальное значение Dmax. Вычисляем расчетное значение критерия:



Таким образом, по критерию Колмогорова гипотеза не отвергается.

**2.5 Выбор оптимальной математической модели и проверка её на адекватность**

При выполнении данной курсовой работы также были просчитаны законы распределения: Вейбулла, экспоненциальный и - распределение. Эти законы распределения отвергаются по всем критериям и однозначно не подходят к данному вариационному ряду.



В результате проделанных расчетов мы можем сделать вывод, что в нашем случае больше всего подходит нормальное распределение времени монтажа-демонтажа стартера автомобиля Merсedes. Это заключение мы сделали на основании рассчитанных критериев о принадлежности той или иной гипотезы. Выбранное распределение не отвергается не по одному из критериев и имеет наименьшее их значение:

- критерий Пирсона:



- критерий Романовского:



- критерий Колмогорова:

