

**МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
(МАДИ)**

Кафедра «Эксплуатация автомобильного транспорта и автосервис»

**ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ ПО КУРСАМ:
«ЭКСПЛУАТАЦИЯ НАЗЕМНЫХ
ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ»;
«ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ
СИЛОВЫХ АГРЕГАТОВ И ТРАНСМИССИЙ»

МОСКВА
МАДИ
2020

<https://diagnoscar.ru/>

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Эффективность работы двигателя зависит от технического состояния его механизмов и систем, которые, взаимодействуя между собой, обеспечивают требуемую мощность, крутящий момент, расход топлива.

В первую очередь это относится к кривошипно-шатунному (КШМ) и газораспределительному (ГРМ) механизмам. Именно на их долю приходится большая часть возникающих неисправностей и отказов.

Неисправности и отказы являются следствием естественного изнашивания сопряженных деталей, ослабления соединений, нарушения регулировок, старения металлов и других причин.

К характерным неисправностям КШМ относятся: износ цилиндров, поршневых колец, канавок и отверстий в бобышках поршней, поршневых пальцев, втулок головок шатунов, шеек и вкладышей коленчатого вала, закоксовывание и залегание колец.

К характерным отказам – поломка поршневых колец, задиры зеркала цилиндров и заклинивание поршней, подплавление подшипников и проворачивание вкладышей, трещины блока цилиндров и головки блока цилиндров, прогорание прокладки между блоком и головкой.

Основными признаками неисправности КШМ являются: появление шумов и стуков при работе двигателя, прорыв газов в картер и появление из маслосливной горловины голубоватого дыма с резким запахом, увеличение расхода масла, разжижение масла в картере из-за проникновения паров рабочей смеси при тактах сжатия, загрязнение свечей зажигания маслом, отчего на электродах образуется нагар. При этом, как правило, снижается мощность двигателя и повышается расход топлива

К характерным неисправностям ГРМ относятся: износ толкателей и их направляющих втулок, тарелок клапанов и их гнезд, шестерен, кулачков и опорных шеек распределительного вала, нарушение зазора между стержнями клапанов и толкателями (коромыслами).

К характерным отказам – поломка и потеря упругости клапанных пружин, поломка зубьев распределительной шестерни, прогорание клапанов, изгиб стержней клапанов.

Признаками неисправности ГРМ являются стуки, вспышки в карбюраторе и хлопки в глушителе.

Двигатель диагностируют с целью определения его технического состояния, выявления и устранения возникших неисправностей и отказов, а также определения остаточного ресурса его работы.

На практике применяют следующие основные методы диагностирования КШМ и ГРМ двигателя (рис. 1):

- по разрежению во впускном трубопроводе (2);
- по количеству газов, прорвавшихся в картер (1);
- по давлению в конце такта сжатия (3);
- по утечке сжатого воздуха, подаваемого в цилиндры (4);
- путем последовательного отключения цилиндров и замера падения частоты вращения коленчатого вала двигателя;
- по давлению масла в системе смазки (5);
- путем прослушивания двигателя с помощью стетоскопа (6).

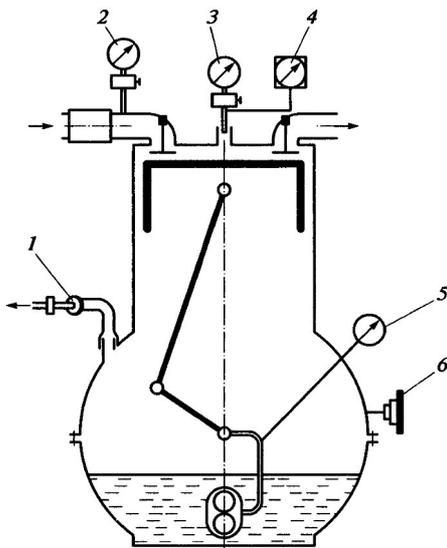


Рис. 1 Основные приборы для диагностирования двигателя:
 1 – газовой расходомер; 2 – вакуумметр;
 3 – компрессометр; 4 – прибор К-272;
 5 – манометр; 6 – стетоскоп

Замеры разрежения во впускном трубопроводе, количества газов, прорвавшихся в картер, и падения частоты вращения коленчатого вала при отключении цилиндров осуществляются после регулировки приборов системы питания и зажигания.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить основные методы и технологию диагностирования двигателя.

Определить остаточный ресурс двигателя.

Провести сравнительную оценку различных методов диагностирования ДВС.

ОСНАЩЕНИЕ УЧЕБНОГО МЕСТА

Стенд СТЭУ-28-1000 с двигателем ЗМЗ-406.

Вакуумметр со шкалой до 75 кПа.

Компрессометр или компрессограф.

Прибор (пневмотестер) для определения утечки воздуха К-272.

Мотор-тестер для определения работоспособности двигателя.

Плакаты и инструкции по диагностированию двигателя.

МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Двигатель запускается только с разрешения преподавателя.

Во время работы двигателя подключать приборы запрещается.

Прибор К-272 подключать к воздушной сети при закрытом кране и при давлении в сети не более 0,8 МПа.

Запрещается прикасаться к горячим и вращающимся деталям двигателя, к аккумуляторным батареям.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

ПЕРЕД НАЧАЛОМ ЗАНЯТИЯ:

- Цель диагностирования двигателя.
- Состояние каких узлов проверяют, замеряя давление в системе смазки ДВС?
- Почему возникает разрежение во всасывающем трубопроводе при работе ДВС?
- Основная причина прорыва газов в картер при работе ДВС?
- Какими методами можно определить работоспособность цилиндров ДВС?
- Какими приборами определяют давление в конце такта сжатия?

В КОНЦЕ ЗАНЯТИЯ:

- Каковы характерные неисправности и отказы КШМ?
- Каковы характерные неисправности и отказы ГРМ?
- Какое бывает разрежение во впускном трубопроводе у карбюраторных и дизельных двигателей? Какими приборами его измеряют?

- Какие неисправности можно выявить, измеряя разрежение во впускном трубопроводе?
- Можно ли объективно судить об износе цилиндрико-поршневой группы, замеряя давление в конце такта сжатия?
- Принцип работы прибора К-272.
- Какие неисправности можно выявить при пользовании прибором К-272?
- Какие методы диагностирования двигателя являются более достоверными и информативными?
- Как можно определить остаточный ресурс работы двигателя до капитального ремонта?
- В чем заключается различие между степенью сжатия и давлением в конце такта сжатия? Назовите оптимальные их значения для бензиновых и дизельных двигателей.

ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАНЯТИЙ

До начала занятий студенты должны изучить материалы раздела «Технология ТО и ТР автомобилей» учебника «Техническая эксплуатация автомобилей» и методические указания к лабораторной работе.

Контрольные вопросы задаются перед началом лабораторной работы и в конце занятий. При слабой подготовке студенты к занятиям не допускаются.

Перед началом занятий всей группе студентов ставится задача на выполнение лабораторных работ и изучаются общие меры безопасности, после чего студенты расписываются в специальном журнале лаборатории. Затем группа студентов делится, как правило, на три подгруппы.

Первая подгруппа (5...7 человек) переходит на учебное место «Технология диагностирования двигателя», где преподаватель задает контрольные вопросы и излагает порядок выполнения работы. Вторая и третья подгруппы обучаются на других учебных местах.

В процессе работы студенты определяют техническое состояние двигателя ЗМЗ-406 (автомобиль ГАЗ-3110) различными методами диагностирования и заполняют отчетный бланк, делая заключение об исправности двигателя.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. КОНТРОЛЬНЫЙ ОСМОТР ДВИГАТЕЛЯ:

- проверить заправку охлаждающей жидкостью и уровень масла в двигателе;
- осмотреть двигатель и убедиться в отсутствии утечки охлаждающей жидкости, масла, топлива;
- запустить и прогреть двигатель;
- проверить устойчивость работы двигателя на холостом ходу;
- проверить давление масла в системе.

Результаты занести в отчетный бланк.

2. ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ПО РАЗРЕЖЕНИЮ ВО ВПУСКНОМ ТРУБОПРОВОДЕ:

- присоединить вакуумметр к впускному коллектору;
- запустить и прогреть двигатель;
- замерить разрежение на холостом ходу. Показания вакуумметра записать в отчетный бланк.

При минимальной частоте вращения технически исправного двигателя разрежение должно соответствовать данным табл. 1.

Таблица 1

Нормативные значения разрежения во впускном трубопроводе

| Модель двигателя | Минимальная частота вращения, мин ⁻¹ | Разряжение, кПа (мм.рт.ст.) |
|------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------|
| ВАЗ-21083 | 850 | 53,3-70,6 (400-530) |
| ЗМЗ-406 | 800 | 53,3-70,6 (400-530) |
| ЗИЛ-508.01 | 500 | 53,3-70,6 (400-530) |
| ЗМЗ-511 | 500 | 53,3-70,6 (400-530) |

При разрежении 20...50 кПа могут быть изношены цилиндры или поршневые кольца, неплотности во всасывающем тракте.

При разрежении 5...20 кПа могут быть негерметичны клапаны, повреждена прокладка головки блока, сломана пружина клапана.

3. ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ПО КОЛИЧЕСТВУ ГАЗОВ, ПРОРВАВШИХСЯ В КАРТЕР ДВИГАТЕЛЯ

Прорыв газов в картер определяют расходомером мод. КИ-13671, который устанавливают на маслозаливной горловине (рис. 2). Измерение проводят при полной нагрузке двигателя.

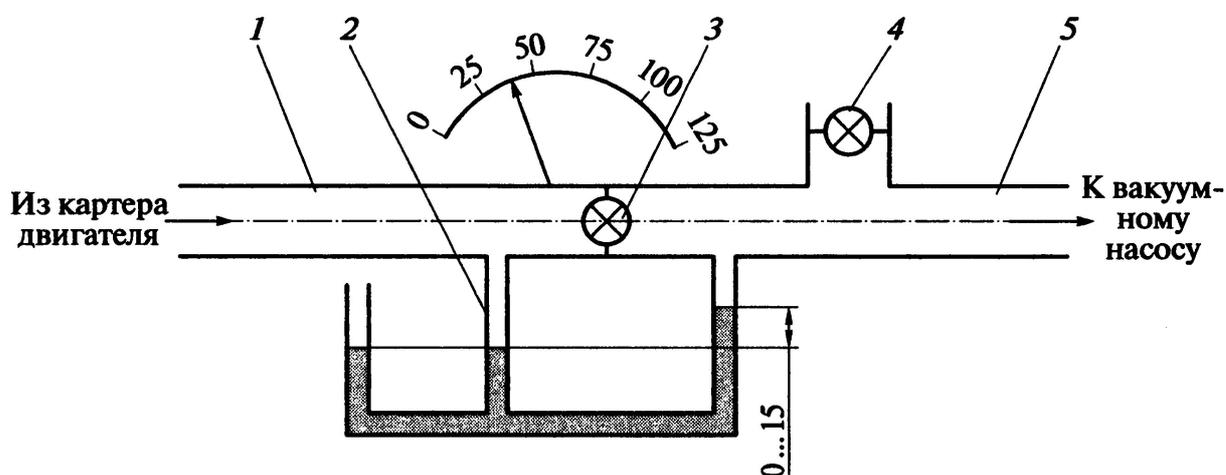


Рис. 2. Схема газодомомера модели КИ-13671:

1 – входной патрубок; 2 – пьезометр; 3 – дроссельный кран со шкалой, проградуированной; в л/мин; 4 – дроссель; 5 – выходной патрубок

Вывод газов из картера через расходомер осуществляют так, чтобы давление газов в картере поддерживалось на уровне атмосферного.

Принцип действия прибора основан на зависимости количества газов, проходящих через дроссельный кран, от площади проходного сечения при заданном перепаде давлений.

Пьезометр, контролирующий перепад давлений, выполнен из пластмассы в виде трех вертикальных каналов, которые в нижней части сообщаются между собой.

Для отвода газов используют вакуумный насос, подсоединяемый к расходомеру. Предел замера расхода газа при работе на основном дросселе (3) – от 0 до 120 л/мин. Если расход газов превышает 120 л/мин, открывают дроссель (4).

Технология диагностирования:

- прогреть двигатель;
- загерметизировать вентиляционные отверстия картера спецпробками;
- присоединить к маслозаливной горловине расходомер;

- нагрузить двигатель полностью при частоте вращения коленчатого вала 3/4 от номинальной;
- произвести замеры 3 раза и определить среднее значение количества газов, прорвавшихся в картер;
- заполнить отчетный бланк, определить техническое состояние и остаточный ресурс работы двигателя, пользуясь рис. 3.

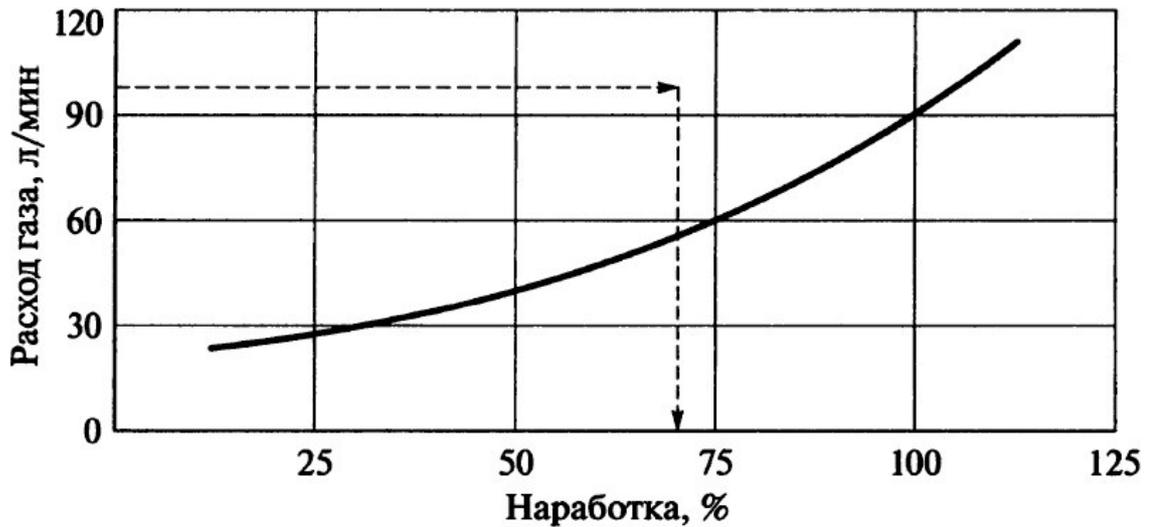


Рис. 3. Зависимость остаточного ресурса от количества газов, прорвавшихся в картер двигателя ЗМЗ-511

У двигателей грузовых автомобилей прорыв газов в картер должен соответствовать данным табл. 2. Для двигателей легковых автомобилей такие нормы **не разработаны**.

Таблица 2

Нормативные значения прорыва газов в картер, л/мин

| Модель двигателя | Прорыв газов в картер | |
|------------------|-----------------------|------------|
| | Номинальный | Предельный |
| ЗМЗ-511 | 22 | 110 |
| ЗИЛ-508.01 | 25 | 120 |
| КамАЗ-740 | 50 | 80 |

4. ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ПО ДАВЛЕНИЮ В КОНЦЕ ТАКТА СЖАТИЯ

Замер давления производят, вращая двигатель с помощью стартера, при вывернутых свечах зажигания и при частоте вращения коленчатого вала 200 мин^{-1} . Чтобы обеспечить вышеуказанную частоту вращения, аккумуляторная батарея должна быть заряжена не менее чем на 75%.

Технология диагностирования:

- прогреть двигатель;
- вывернуть свечи зажигания;
- открыть полностью воздушную и дроссельную заслонки;
- вставить наконечник компрессометра в отверстие для свечи 1-го цилиндра и плотно его прижать;
- прокрутить стартером коленчатый вал в течение 5...10 секунд и измерить давление;
- вынуть компрессометр и выпустить из него воздух;
- аналогичные операции выполнить для каждого цилиндра и записать показания в отчетный бланк.

Нормативные давления в конце такта сжатия приведены в табл. 3.

Таблица 3

Номинальные и предельные значения давления в конце такта сжатия

| Модель двигателя | Частота вращения, мин-1 | Давление, МПа | | Допустимая разность давления в цилиндрах, МПа |
|------------------|-------------------------|---------------|------------|-----------------------------------------------|
| | | номинальное | предельное | |
| ЗМЗ-406 | 200 | 1,15...1,2 | 0,8 | 0,1 |
| ВАЗ-21083 | 200 | 1,15...1,2 | 0,8 | 0,1 |
| ЗМЗ-511 | 200 | 0,8...0,85 | 0,65 | 0,1 |
| ЗИЛ-508.10 | 200 | 0,8...0,85 | 0,65 | 0,1 |
| КамАЗ-740 | 150...200 | 2,5 | 1,8 | 0,2 |

При пониженной компрессии залить в цилиндр 20 - 25 см³ моторного масла, провернуть стартером несколько раз коленчатый вал и повторно проверить

компрессию. Если давление после заливки масла повысилось, то это указывает на износ цилиндро-поршневой группы (ЦПГ). Если величина давления близка к прежней, то это указывает на неплотное прилегание клапанов или их прогорание.

5. ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ПО УТЕЧКЕ СЖАТОГО ВОЗДУХА ИЗ ЦИЛИНДРОВ ПРИБОРОМ К-272

Прибор (пневмотестер) модели К-272 (рис. 4) предназначен для проверки герметичности надпоршневого пространства автомобильных двигателей с диаметром цилиндров от 50 до 130 мм.

С его помощью определяют следующие неисправности:

- износ цилиндров;
- износ, поломка и залегание поршневых колец;
- негерматичность и прогорание клапанов;
- прогорание поршней;
- поломка пружин и зависание клапанов;
- прогорание прокладки головки блока цилиндров.

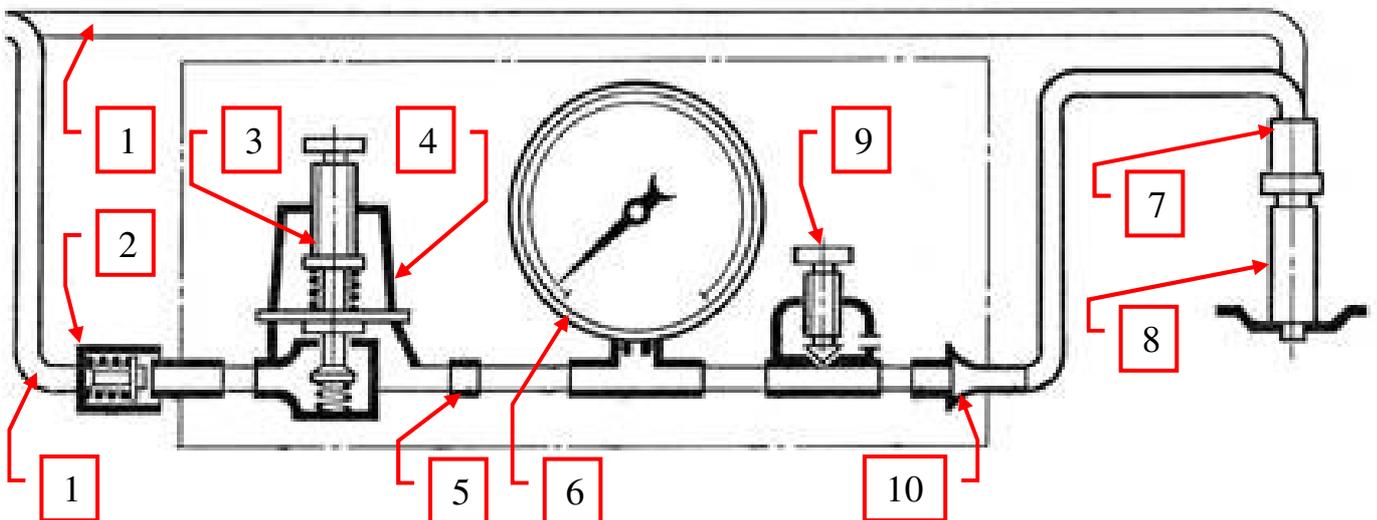


Рис. 4. Принципиальная схема пневмотестера К272:

1 – шланг подвода воздуха; 2, 7 – быстросъемные муфты (БРС – быстроразъемные соединения); 3 – регулировочный винт; 4 – редуктор; 5 – корундовая втулка; 6 – манометр; 8 – штуцер; 9 – кран подачи воздуха; 10 – втулка

Работа прибора основана на оценке утечки воздуха, вводимого внутрь цилиндра через отверстие для свечи при неработающем двигателе и фиксированном положении поршня.

Прибор К-272 (см. рис. 4) состоит из редуктора (4) с регулировочным винтом (3), указателя, регулируемого крана (9), быстросъемных муфт (2 и 7), штуцера (8), соединенных гибкими воздухопроводами (1). Указатель объединяет в себе манометр (6) и корундовую втулку (5) с калиброванным отверстием диаметром 1,2 мм. В комплекте прибора имеется сигнализатор (свисток).

Быстросъемная муфта (7) служит для подключения прибора к проверяемому цилиндру. Другая муфта (2) служит для подвода сжатого воздуха от внешней магистрали к редуктору. С помощью этой же муфты сжатый воздух может подаваться непосредственно в проверяемый цилиндр. Для этого муфту (2) отсоединяют от редуктора и подключают к штуцеру (8), ввернутому в цилиндр.

Проверка герметичности надпоршневого пространства производится путем измерения давления воздуха в цилиндре, которое пропорционально утечке воздуха через неплотности. Поскольку давление воздуха до корундовой втулки поддерживается редуктором на постоянном уровне (0,16 МПа), снижение давления, наблюдаемого по манометру, будет характеризовать износ ЦПГ, состояние клапанов и прокладки головки блока цилиндров. Чем больше износ деталей в сопряжениях «поршень – поршневые кольца – цилиндр» и «клапаны – седла», тем больше утечка воздуха и тем меньше давление.

Технология диагностирования:

- смонтировать прибор на рабочем месте, установив редуктор в вертикальном положении и закрыть кран (9);
- На конец шланга от воздушной магистрали установить быстросъемную муфту (2) и закрепить ее на входном штуцере редуктора;
- подать воздух из подающей магистрали в редуктор (4) и снять показания манометра. Если оно выходит за пределы $0,16 \pm 0,01$ МПа, установить это значение с помощью регулировочного винта (3) редуктора;
- прогреть двигатель;

- вывернуть и снять свечи;
- установить штуцер (8) в 1-й цилиндр на место свечи и укрепить на нем сигнализатор (свисток);
- пусковой рукояткой провернуть коленчатый вал до начала такта сжатия (до начала звукового сигнала);
- снять сигнализатор и установить поршень в ВМТ;
- подключить муфту (7) к штуцеру (8), установленному в первом цилиндре, открыть кран (9) и произвести отсчет давления по манометру прибора.
- аналогичным образом проверить герметичность надпоршневого пространства в других цилиндрах;
- занести результаты в отчетный бланк и сделать заключение о техническом состоянии двигателя. Указать ремонтные работы, которые следует провести.

Герметичность надпоршневого пространства карбюраторных и дизельных двигателей считается удовлетворительной, если давление будет не менее 0,11 МПа.

Место утечки воздуха определяется прослушиванием. Для этого с помощью муфты (2) подают воздух в цилиндр непосредственно от основной магистрали (сети) сжатого воздуха.

Перед подачей в цилиндр воздуха от сети необходимо принять меры для удержания поршня в верхней части цилиндра. Для этого необходимо под колеса автомобиля поставить противооткатные колодки, включить передачу и затянуть ручной тормоз.

Дефекты определяются по месту выхода воздуха:

- в выпускной коллектор – негерметичен выпускной клапан;
- во впускной коллектор – негерметичен впускной клапан;
- в маслозаливную горловину – неплотность поршневых колец, износ цилиндров;
- в наливную горловину радиатора – прогорание прокладки головки блока цилиндров.

6. ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ПУТЕМ ОТКЛЮЧЕНИЯ ЦИЛИНДРОВ

Известно, что при отключении одного из цилиндров происходит падение частоты вращения коленчатого вала двигателя. Если она изменяется существенно, то данный цилиндр работает исправно. Если же частота вращения при отключении цилиндра изменяется незначительно, то цилиндр неисправен.

Падение частоты вращения двигателя при отключении одного из цилиндров менее чем на 10...15% свидетельствует о его неисправной работе, то ли из-за большого износа ЦПГ и ГРМ, то ли из-за неисправности систем зажигания и питания.

Технология диагностирования:

- подключить мотор-тестер к двигателю;
- запустить и прогреть двигатель;
- установить начальную частоту вращения коленвала 1000 мин-1;
- последовательно отключая с помощью мотор-тестера цилиндры двигателя, определить падение частоты вращения коленвала двигателя;
- занести показания прибора в отчетный бланк и сделать заключение о работе цилиндров двигателя.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МЕТОДОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЯ

По мере увеличения пробега автомобилей с начала эксплуатации и соответствующего ухудшения технического состояния двигателей диагностические параметры изменяются по-разному (рис. 5).

Известно, что достоверность диагноза определяется качеством используемых диагностических параметров. Основными из них являются чувствительность и информативность. Чем больше приращение измеряемого диагностического параметра при различном техническом состоянии двигателя, тем больше чувствительность и информативность.

Сравнение приращения значений параметров, использованных методов диагностирования (измерение разрежения, измерение давления в конце такта сжатия, прорыв газов в картер двигателя и определение утечки сжатого воздуха) при

разной наработке двигателя (рис. 5) показывает, что чувствительность первых двух параметров (1 и 2) по сравнению с двумя другими (3 и 4) существенно ниже.

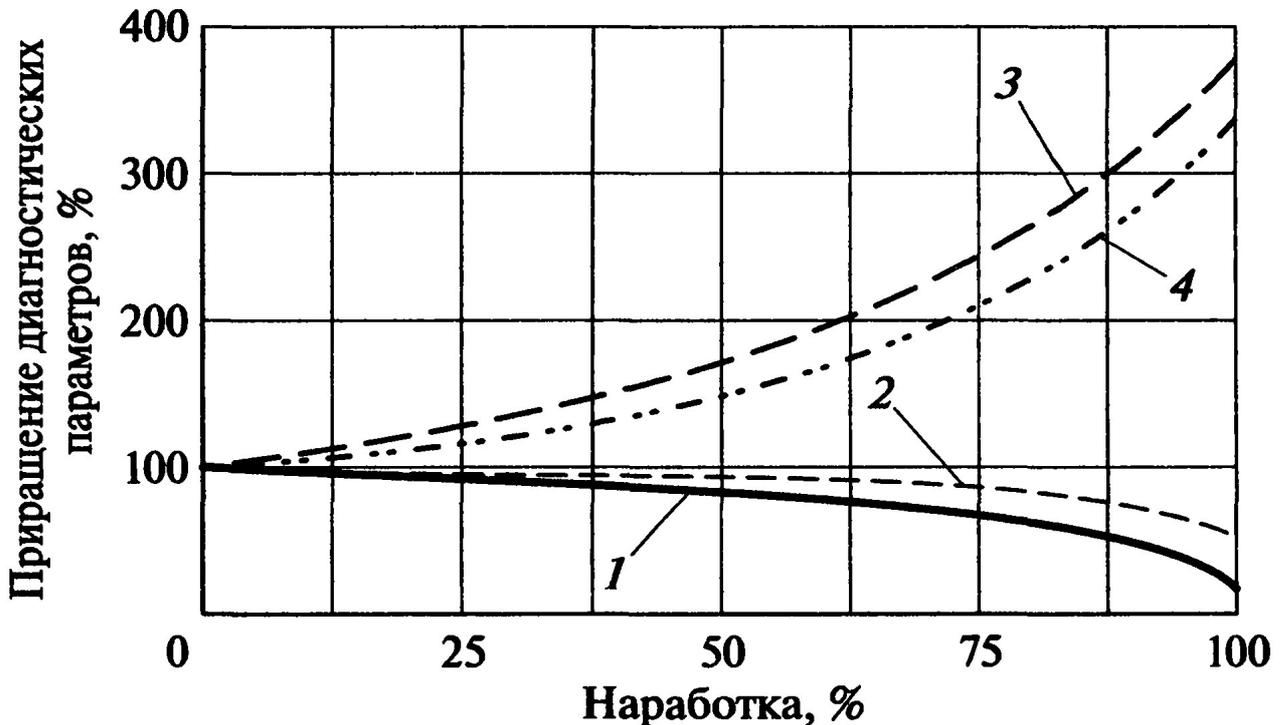


Рис. 5. Зависимость диагностических параметров от наработки двигателя:

1 – компрессии; 2 – разрежения; 3 – прорыва газов в картер; 4 – утечки сжатого воздуха

Таким образом, измерение прорыва газов в картер и определение утечки сжатого воздуха по сравнению с двумя другими методами диагностирования двигателей обеспечивают более высокую достоверность диагноза.

Сравнение их между собой показывает, что четвертый метод гораздо проще: он менее трудоемок и не требует сложного и дорогостоящего оборудования. Применение его позволяет быстро и точно диагностировать вышедшие из строя двигатели и на этой основе оперативно принимать меры для восстановления их работоспособности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Техническая эксплуатация автомобилей. Учебник для вузов. 4-е изд. перераб. и дополн. / Е.С. Кузнецов [и др.]; под ред. Е.С.Кузнецова. - М.: Наука, 2001.-535с
в книге было указано 18 авторов
2. Инструкция к пневмотестеру К-272.

БЛАНК - ОТЧЕТ**к лабораторной работе****«Диагностирование технического состояния двигателей»**

ФИО студента.

Группа

Дата.....

Преподаватель кафедры ЭАТиС

Модель двигателя

Результаты осмотра двигателя

| | | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------|-------|----------------------------|-------------------------------------------------------------|-------|-----------------------------------|---|---|---|---|
| 1. Диагностирование по разрежению во впускном коллекторе | | | 2. Диагностирование по объему газов, прорывающихся в картер | | 3. Диагностирование по компрессии | | | | |
| Применяемое оборудование | | | Применяемое оборудование | | Применяемое оборудование | | | | |
| Условия проверки | | | Условия проверки | | Условия проверки | | | | |
| Разрежение, кПа | | Характер колебаний стрелки | Объем газов, л/мин | | Давление, МПа | | | | |
| Замер | Норма | | Замер | Норма | № | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | | | | | | | | | |
| Заключение | | | Заключение | | Норма _____ Заключение _____ | | | | |

4. Диагностирование по утечкам сжатого воздуха из цилиндров двигателя

Применяемое оборудование:

Условия проверки:

Нормативное значение:

Схема прибора

| №№ ци- лин- дров | Пока- зания при- бора, вмт. | Наименование неисправных деталей | | | |
|---------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------|---------|------|--------------------------------------|
| | | ЦПГ | Клапаны | | Про- кладка головак и блока |
| | | | вп. | вып. | |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |

Заключение:

.....

5. Определение работоспособности двигателя по падению оборотов при последовательном отключении цилиндров:

1 ц _____%; 2 ц _____%; 3 ц _____%; 4 ц _____%.

Применяемое оборудование:

Условия проверки:

.....

Норма:

Заключение:

.....