

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра автомобильного транспорта

С.Ю. Коваленко, Р.Ф. Калимуллин

ИСПЫТАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ: ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ

Методические указания

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 23.03.01 Технология транспортных процессов

Оренбург
2018

УДК 629.33 (076.5)
ББК 39.35-07я7
К 56

Рецензент – доцент, кандидат технических наук А.А. Филиппов

Коваленко, С.Ю.

К 56 Испытание автомобильных двигателей: эксплуатационные испытания : методические указания / С.Ю. Коваленко, Р.Ф. Калимуллин ; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2018. – 60 с.

Основное содержание: техника безопасности при проведении испытаний автомобильных двигателей, общие сведения об организации испытаний автомобильных двигателей на обкаточно-тормозном стенде, методики проведения испытаний по оценке рабочих параметров двигателя на режиме пуска, оценке влияния сопротивления на впуске на показатели работы двигателя, оценке текущего технического состояния цилиндропоршневой группы двигателя, оценке влияния нагружения двигателя на параметры смазочного процесса в подшипниках коленчатого вала.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Транспортная энергетика» для бакалавров направления подготовки 23.03.0 Технология транспортных процессов всех форм обучения.

Методические указания могут быть использованы для самостоятельной работы обучающимися по направлениям подготовки 23.03.01 Технология транспортных процессов и 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов и по специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства, а также в практической деятельности инженерно-техническими работниками при разработке, доводке, производстве и ремонте двигателей.

УДК 629.33 (076.5)
ББК 39.35-07я7

© Коваленко С.Ю.,
Калимуллин Р.Ф., 2018
© ОГУ, 2018

Содержание

Введение.....	5
1 Лабораторная работа № 1. Исследование показателей работы ДВС на режиме пуска.....	9
1.1 Общие положения.....	9
1.2 Общие сведения о протекании рабочих процессов в ДВС на режиме пуска.....	9
1.3 Методика проведения испытаний по снятию показателей работы ДВС на режиме пуска.....	21
1.4 Задание по работе.....	22
1.5 Контрольные вопросы.....	22
2 Лабораторная работа № 2. Влияние сопротивления на впуске на показатели работы ДВС.....	24
2.1 Общие положения.....	24
2.2 Общие сведения о влиянии сопротивления на впуске при работе ДВС.....	24
2.3 Влияние воздушного фильтра на сопротивление воздуха на впуске.....	25
2.4 Влияние впускного трубопровода на организацию процесса смесеобразования в цилиндрах ДВС.....	28
2.5 Методика проведения испытаний по оценке влияния степени загрязненности воздушного фильтра на показатели работы ДВС.....	29
2.6 Задание по работе.....	31
2.7 Контрольные вопросы.....	32
3 Лабораторная работа № 3. Оценка технического состояния цилиндропоршневой группы.....	33
3.1 Общие положения.....	33
3.2 Общие сведения о влиянии текущего технического состояния элементов ЦПГ на показатели работы ДВС.....	33
3.3 Определение текущего технического состояния деталей ЦПГ.....	35
3.4 Методика проведения оценки текущего технического состояния деталей ЦПГ.....	44

3.5 Задание по работе	45
3.6 Контрольные вопросы	46
4 Лабораторная работа №4. Оценка влияния нагружения ДВС на параметры смазочного процесса в подшипниках коленчатого вала	47
4.1 Общие положения.....	47
4.2 Общие сведения о протекании смазочного процесса в ПКВ при работе ДВС ..	47
4.3 Методика проведения испытаний по оценке влияния нагружения ДВС на параметры смазочного процесса в ПКВ	50
4.4 Задание по работе	52
4.5 Контрольные вопросы	52
Заключение.....	54
Список использованных источников	55
Приложение А.....	56
Приложение Б	57
Приложение В.....	58
Приложение Г	59
Приложение Д.....	60

Введение

Целями лабораторных работ по дисциплине «Транспортная энергетика» являются:

- установление связей теории с практикой в форме экспериментального подтверждения положений теории;
- приобретение практических навыков по организации и проведению испытаний двигателей внутреннего сгорания;
- обучение студентов умению анализировать полученные результаты, сопоставлять их с теоретическими положениями и расчетными данными;
- контроль самостоятельной работы студентов по освоению курса.

Исходя из целей лабораторных работ при освоении дисциплины, студент должен научиться:

- технически грамотно и правильно пояснить устройство основного оборудования и приборов испытательного стенда, а также пользования ими;
- самостоятельно провести заданное испытание двигателя, включая обработку результатов испытания;
- правильно и четко объяснить основные закономерности и явления, полученные при испытаниях;
- самостоятельно провести научно-экспериментальное исследование какого-либо вопроса рабочего процесса автомобильного двигателя.

Для наилучшего усвоения материала перед проведением испытаний студенту необходимо изучить теорию вопроса, предполагаемого к исследованию, ознакомиться с руководством по соответствующей работе и подготовить протокол проведения работы, в который заносится название, цель работы, протоколы испытания, расчетные формулы. При подготовке к защите лабораторной работы необходимо провести анализ экспериментальных результатов, сопоставить их с известными теоретическими положениями или эмпирическими справочными данными, обобщить результаты исследований в виде выводов по работе и подготовить ответы на контрольные вопросы, приведенные в методических

указания к выполнению лабораторных работ.

Ввиду того, что работающие двигатели внутреннего сгорания (ДВС) являются объектами повышенной опасности, при проведении испытаний необходимо соблюдать требования техники безопасности. Также, кроме самих ДВС определенную опасность представляют аппаратура и некоторые приборы, применяемые при испытании.

Основную опасность при испытании двигателя представляют:

- вращающиеся детали ДВС и используемых стендов;
- детали ДВС, имеющие высокую температуру и вызывающие ожоги (выпускной коллектор);
- выхлопные газы ДВС, вызывающие отравление организма или раздражение кожных покровов;
- система зажигания бензиновых двигателей, вызывающая удар электротоком;
- топливо, вызывающее отравление организма или раздражение кожных покровов;
- приборы, имеющие питание от сети высокого напряжения (например, осциллографы, газоанализаторы и т.д.);
- шумы, возникающие при работе ДВС.

Кроме того, ДВС представляют большую пожарную опасность. Все это вызывает необходимость в разработке и соблюдении специальных правил для лиц, работающих в лаборатории ДВС.

Каждый студент должен усвоить правила техники безопасности и поведения в лаборатории, для чего преподавателем проводится соответствующий инструктаж. Студенты расписываются в специальном журнале о том, что они ознакомлены с правилами техники безопасности и обязуются их выполнять:

1) необходимо быть предельно осторожным около двигателя, несмотря на то, что все приводные и соединительные устройства вращающихся деталей снабжаются надежными ограждениями;

2) до начала испытаний необходимо осмотреть двигатель снаружи, проверить и, при необходимости, подтянуть крепления. Особое внимание следует обратить при

проверке крепления гаек болтов гибкой муфты, соединяющей валы двигателя и тормоза. Во избежание захвата одежды вращающимися деталями испытательного стенда запрещается проводить испытания двигателя с развевающимися концами одежды (шарфы, галстуки, шейные косынки, полы халатов, пиджаков и т.д.);

3) перед пуском двигателя включить вытяжную и приточную вентиляцию;

4) не допускать работу двигателя в случае подтекания топлива, масла и охлаждающей жидкости, а также при выходе отработавших газов через неплотности в соединениях выпускной системы;

5) запрещается производить регулировки, отсоединять трубопроводы горюче-смазочных материалов и охлаждающей жидкости, обтирать и смазывать вращающиеся части во время работы двигателя;

6) не допускать перелива бензина через верхнюю кромку топливной ёмкости в процессе измерения расхода топлива. В случае попадания бензина на кожный покров необходимо немедленно смыть его теплой водой с мылом;

7) запрещается бесцельное и без разрешения преподавателей включение приборов, двигателей, кнопочных пускателей, рубильников и переключателей;

8) двигатель, тормозная установка и рабочие места у тормозного стенда должны содержаться в чистоте;

9) запрещается прикасаться руками к системе выпуска отработавших газов (коллектор двигателя и трубопровод), а также находиться вблизи этих деталей, особенно при работе двигателя на полной нагрузке;

10) запрещается проводить любые испытания двигателя одному. Присутствие второго лица обязательно для оказания, в случае необходимости, первой помощи;

11) внутри помещения лаборатории должны быть расположены в необходимом количестве противопожарные средства: огнетушители, ящики с песком, кошма, пожарный рукав и т.д.;

12) пользование открытым огнем (факелами, фонарями, лампами и т.д.), разжигание и прогрев паяльных ламп, а также курение в помещении лаборатории категорически запрещается;

13) запас топлива для каждого двигателя держать только в расходном

топливном баке, ёмкость которого не должна превышать ёмкость бака заводского изготовления. Воспрещается хранение топлива и масла в дополнительных ёмкостях (бочках, флягах, бидонах и др.) в помещении лаборатории;

14) после окончания работы по испытанию двигателя отключить топливный бак, рубильник силовой электросети, водопроводную магистраль.

1 Лабораторная работа № 1. Исследование показателей работы ДВС на режиме пуска

1.1 Общие положения

Целью работы является изучение рабочих процессов, протекающих в ДВС на режиме пуска.

Задачами работы являются:

- получение представления о рабочих процессах в ДВС на режиме пуска;
- освоение методики проведения испытаний ДВС на режиме пуска;
- умение построения и анализа закономерностей изменения основных показателей работы ДВС на режиме пуска.

1.2 Общие сведения о протекании рабочих процессов в ДВС на режиме пуска

Под *режимом пуска* понимается стадия запуска и прогрева ДВС при подготовке его к эксплуатации. Режим пуска состоит из трёх основных стадий:

- стадия прокрутки коленчатого вала стартером без видимых вспышек в цилиндрах ДВС;
- стадия прокрутки коленчатого вала стартером с видимыми вспышками в цилиндрах ДВС;
- стадия прокрутки коленчатого вала от вспышек в цилиндрах ДВС без участия стартера до достижения рабочей температуры ДВС.

Режим пуска считается одним из самых неблагоприятных режимов работы ДВС, т.к. детали и эксплуатационные жидкости ДВС имеют температуру, отличную от оптимальной. Это приводит, в первую очередь, к повышенным износам деталей ДВС, а также к ухудшению его технико-эксплуатационных показателей, таких как мощность и крутящий момент и повышению расхода топлива и токсичности

отработавших газов вследствие неблагоприятных условий протекания сгорания в цилиндрах ДВС из-за плохой испаряемости и смесеобразования топлива.

Увеличенный износ трущихся поверхностей деталей происходит в результате ухудшения их условий смазки из-за недостаточной подачи масла ввиду повышенной его вязкости, смывания его топливом, наличия в масле воды и топлива и проявления процессов электрохимической коррозии от сконденсировавшихся агрессивных продуктов сгорания топлива в цилиндрах ДВС. Кроме того, при пониженном тепловом режиме увеличивается количество низкотемпературных отложений (шламов) на деталях, а из-за увеличения вязкости масла повышаются потери на трение.

Рассмотрим более подробно протекание рабочих процессов в ДВС на режиме пуска и факторы, влияющие на их качество протекания.

1. Прогрев эксплуатационных жидкостей

К эксплуатационным жидкостям, влияющим на протекание рабочих процессов в ДВС относятся охлаждающая жидкость (ОЖ) и моторное масло. ОЖ, циркулируя в системе охлаждения, воспринимает теплоту от стенок и головки цилиндров и передает ее через радиатор в окружающую среду, что отрицательно влияет на скорость прогрева ДВС, значительно его увеличивая. Для снижения этого отрицательного влияния ограничивают поступление ОЖ от непрогретого ДВС к радиатору, используя термостаты, которые перекрывают «большой круг» системы охлаждения и ОЖ циркулирует только в блоке цилиндров, что позволяет ДВС быстрее выйти на рабочий температурный режим (в среднем от 85 до 95 °С в зависимости от модели двигателя). На современных ДВС для ускорения прогрева ОЖ и снижения расхода топлива на режиме пуска применяют насосы ОЖ с электроприводом, позволяющим отключать насос, либо снижать его производительность для уменьшения циркуляции ОЖ и ускорения её прогрева.

Момент сопротивления прокручиванию коленчатого вала, а также надёжность работы пар трения на режиме пуска в большей степени определяются температурой моторного масла, от которой зависят, в первую очередь, вязкостно-температурные характеристики масла. Чем ниже температура моторного масла, тем выше его

вязкость, последствиями чего являются повышенное давление масла в масляной системе, худшая прокачиваемость масла в системе, вызывающая запаздывание поступления масла к парам трения в необходимом количестве, тем самым увеличивается время работы пар трения без смазки и их износ. Вязкость масла по мере его прогрева снижается и протекание смазочных процессов нормализуется при достижении маслом рабочей температуры в пределах от 80 °С до 100 °С. Вместе с тем, из-за меньшей площади контакта масла с рубашкой охлаждения по сравнению с ОЖ, температура масла растёт медленнее температуры ОЖ на величины, находящиеся в пределах от 10 °С до 30 °С. Для исключения данного запаздывания применяют масляные радиаторы с жидкостным охлаждением. Для снижения влияния температуры на вязкость масла применяют два основных пути – использование масел с соответствующими характеристиками и предпусковой подогрев моторного масла в картере ДВС или масляном фильтре (пример зависимости динамической вязкости масел различных классов от температуры представлены на рисунке 1.1 а).

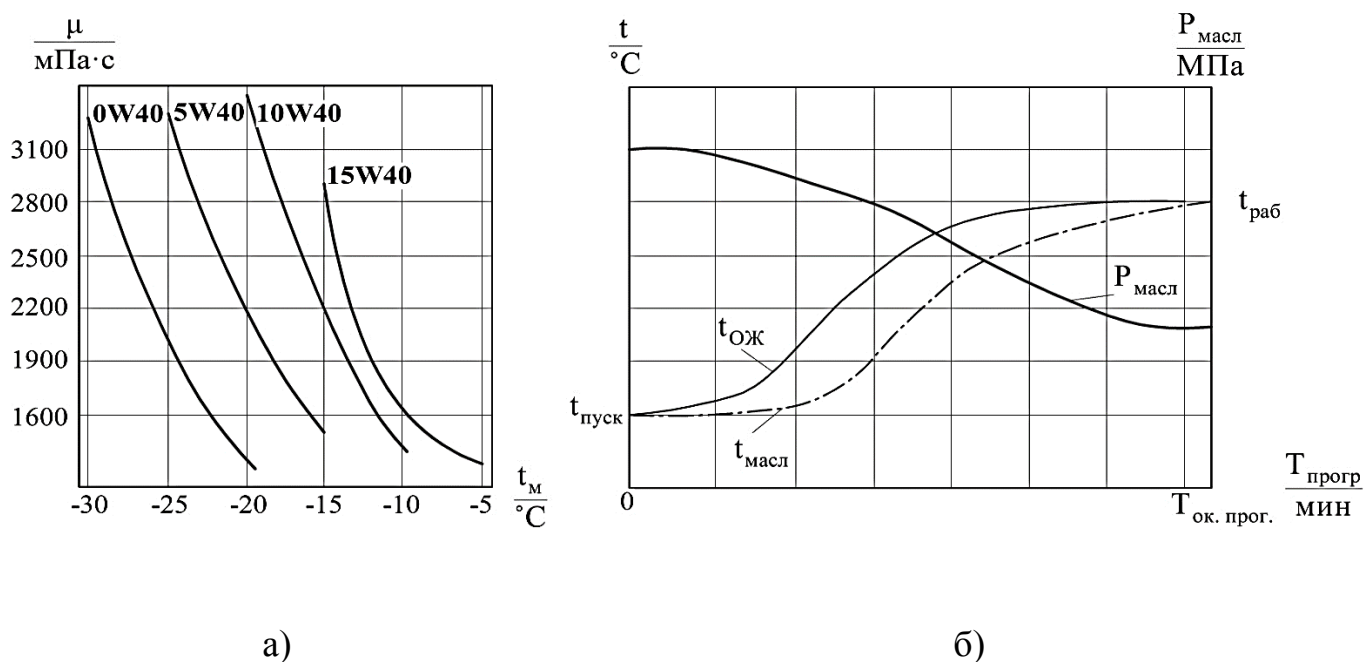


Рисунок 1.1 – Примеры зависимостей: а) вязкости масел от температуры; б) изменения температур ОЖ и масла и давления масла по мере прогрева ДВС

2. Конструкция системы охлаждения ДВС

На темп прогрева ДВС значительное влияние оказывает конструкция системы охлаждения. Длительное время привод вентилятора осуществлялся механически – в основном ременной передачей, что обуславливало его постоянную работу при работе ДВС. Такой привод создавал дополнительное охлаждение ДВС при прогреве и увеличивало время прогрева. Для исключения влияния вентилятора на темп прогрева ДВС автопроизводители отказались от жесткой связи коленчатого вала и вентилятора путем применения электропривода или привода через гидромуфту, что позволило включать вентилятор системы охлаждения только при наступлении перегрева ДВС, тем самым снизив потребление мощности ДВС и, как следствие, топлива. В последнее время для ускорения прогрева ДВС стали применять также электрический привод водяного насоса, позволяющий изменять его производительность в зависимости от режима работы и температурного режима ДВС.

3. Работа ДВС на режиме холостого хода

Основными факторами, отрицательно влияющими на стабильное протекание рабочих процессов в непрогретом ДВС являются повышенный момент сопротивления прокручиванию коленчатого вала из-за высокой вязкости моторного масла, затрудненное смесеобразование топливовоздушной смеси вследствие неудовлетворительного испарения топлива, пропуски в системе зажигания, увеличенные зазоры между трущимися поверхностями. Вместе с тем, на величину частоты вращения коленчатого вала при прогреве также влияет система питания и управления ДВС. Так, для карбюраторных ДВС (без закрытия воздушной заслонки) характерна более низкая частота вращения коленчатого вала в начале прогрева ДВС, возрастающая и принимающая стабильные значения по окончании прогрева в пределах от 750 до 800 мин⁻¹. Вместе с тем, у впрысковых ДВС при прогреве начальная частота вращения коленчатого вала находится в пределах от 1300 до 2000 мин⁻¹, что значительно превышает значения частоты у прогретого ДВС, находящейся в пределах от 650 до 850 мин⁻¹. Это связано с тем, что электронный блок управления обеспечивает подачу обогащенной смеси в цилиндры для

обеспечения бесперебойной работы ДВС. На карбюраторных ДВС для обогащения смеси прикрывают воздушную заслонку карбюратора, что также влечёт повышение частоты вращения коленчатого вала, а по мере прогрева ДВС воздушную заслонку приоткрывают, уменьшая обогащение смеси и частоту вращения коленчатого вала. Примерный вид изменения частоты вращения коленчатого вала ДВС на режиме холостого хода при прогреве представлен на рисунке 1.2.

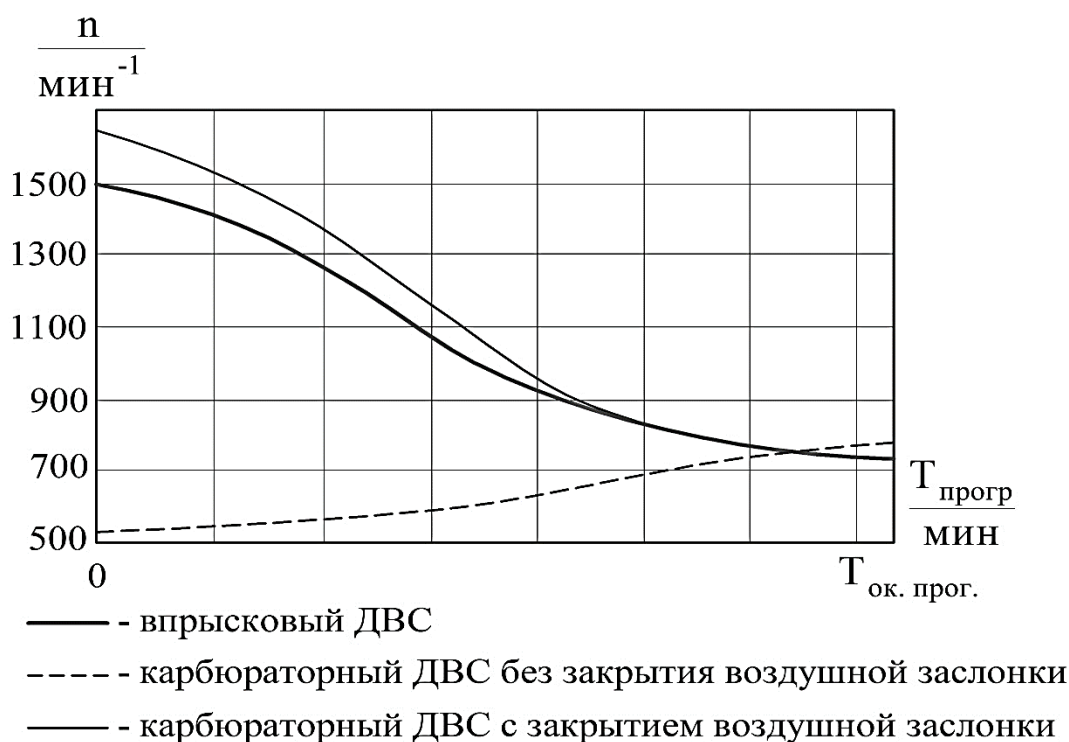


Рисунок 1.2 – Изменение частоты вращения коленчатого вала при прогреве различных типов ДВС

4. Энергетика пуска ДВС

В первые секунды пуска ДВС, особенно холодного, наблюдается практически полное отсутствие смазки между парами трения, что ведет к возникновению значительных сил сопротивления прокручиванию коленчатого вала и снижает эффективность запуска ДВС. Суммарное сопротивление движению деталей и механизмов при пуске ДВС принято оценивать величиной среднего момента сопротивления прокручиванию или пусковым моментом, состоящим из момента трения, момента преодоления сил сжатия и момента сил инерции:

$$M_{\text{пуск}} = M_{\text{тр}} + M_c + M_j, \quad (1.1)$$

где $M_{\text{тр}}$ – момент трения, Нм;

M_c – момент сопротивления сил сжатия, Нм;

M_j – момент сил инерции, Нм.

Момент трения является определяющим и зависит от вязкости моторного масла, площади поверхностей трения, частоты вращения и неравномерности вращения коленчатого вала.

$$M_{\text{тр}} = 0,875 p_m \cdot V_h, \quad (1.2)$$

где p_m – среднее давление трения, МПа;

V_h – рабочий объем цилиндров ДВС, л.

Для бензиновых ДВС среднее давление трения p_m рассчитывается по формуле:

$$p_m = (0,05 + 0,0004 \cdot n) \cdot \nu^{0,5}, \quad (1.3)$$

где n – частота прокручивания коленчатого вала, мин⁻¹;

ν – вязкость моторного масла, сСт.

Момент преодоления сил сжатия M_c является циклической величиной и действует с периодом $720/i$, где i – количество цилиндров ДВС. При вязкости моторного масла до 5 сСт средний момент сопротивления газовых сил, определяемый разностью работ сжатия и расширения рабочего заряда в цилиндрах, соизмерим с моментом сил трения. Величина момента инерции M_j незначительна при пуске холодного ДВС при вязкости масла от 17 до 60 сСт, соответствующей предельной температуре надежного пуска автомобильных ДВС.

Основную долю (до 80 %) суммарного момента сопротивления составляет момент сил трения в кинематических парах ДВС из-за практически отсутствующей смазки. У прогретого ДВС пусковой момент снижается за счёт оставшихся частиц масла в парах трения и за счёт снижения времени поступления прогретого масла в пары трения, соответственно снижаются затраты электроэнергии от АКБ. Причём, чем ниже температура ДВС, тем больший момент сопротивления прокручиванию и, соответственно, большие энергозатраты. Вместе с тем, при низкой температуре значительно снижается ёмкость АКБ, что ведёт к сокращению возможного времени прокрутки коленчатого вала, а также значительному снижению мощности искрового разряда на электродах свечей, тем самым ухудшая воспламенение топливовоздушной смеси и вероятность запуска ДВС в целом. На рисунке 1.3 показана зависимость необходимой пусковой мощности от температуры пуска.

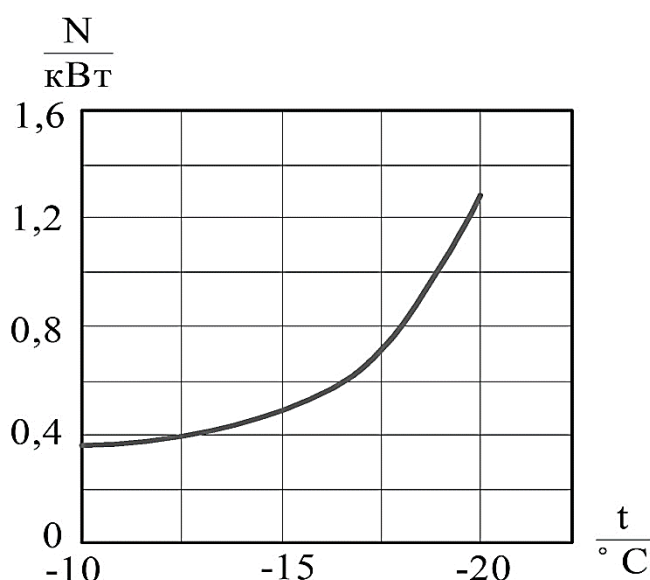


Рисунок 1.3 – Зависимость необходимой пусковой мощности от предельной температуры пуска (при степени заряженности АКБ 75 %).

5. Расход топлива на режиме пуска

При пуске ДВС при отрицательных температурах наряду со снижением энергетических показателей АКБ и повышенным сопротивлением прокручиванию коленчатого вала значительно затрудняет запуск состав топливовоздушной смеси. Так, одним из важнейших показателей как бензина, так и дизельного топлива является фракционный состав, который определяет пусковые свойства. Чем больше

легких фракций в топливе, тем большая часть его испарится при образовании топливовоздушной смеси и, тем самым, возрастает вероятность запуска ДВС. Легкие и средние фракции (содержание до 50 %) определяют скорость прогрева ДВС. Топлива, не отвечающие предъявляемым к ним требованиям по фракционному составу, как правило имеют плохую испаряемость и меньшее выделение теплоты при сгорании, что ведёт к ухудшению пусковых качеств ДВС и значительному возрастанию продолжительности прогрева, что характеризуется повышенным расходом топлива и выбросом токсичных веществ с отработавшими газами.

Плохая испаряемость топлива не дает нужную концентрацию топлива в смеси, что ведет к её обеднению и снижает вероятность воспламенения. К тому же, часть топлива испарившись, далее конденсируется на стенках впускного коллектора и деталей цилиндропоршневой группы, тем самым ещё более обедняя топливовоздушную смесь. К тому же, топливо, осевшее на стенках цилиндров смывает масло и попадает вместе с ним в картер ДВС, ухудшая физико-химические свойства моторного масла и, тем самым, условия смазки пар трения.

Для обеспечения уверенного пуска ДВС при отрицательных температурах необходимо обогащать топливовоздушную смесь для обеспечения достаточного количества испарения лёгких фракций. Так, в первые минуты работы ДВС на режиме пуска смесь имеет состав с коэффициентом избытка воздуха в пределах от 0,6 до 0,8, постепенно обедняясь по мере прогрева ДВС и улучшения условий смесеобразования и воспламенения топливовоздушной смеси.

6. Токсичность отработавших газов на режиме пуска ДВС

Сгорание топлива в цилиндрах ДВС сопровождается образованием большого количества различных токсичных веществ, которые состоят из продуктов неполного сгорания, термического разложения углеводородов топлива, оксидов азота, соединений серы и свинца и др.

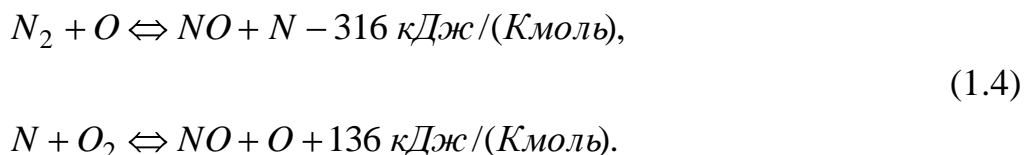
Оксид углерода (СО) образуется во время сгорания при недостатке кислорода, т.е. при обогащённой топливовоздушной смеси (присуще режиму пуска), в ходе

холоднопламенных реакций в дизельных ДВС или при диссоциации диоксида углерода CO_2 (главным образом в ДВС с искровым зажиганием).

Углеводороды (СН) состоят из исходных или распавшихся молекул топлива и масла, не принимавших участия в сгорании. Углеводороды появляются в ОГ вследствие гашения пламени вблизи относительно холодных стенок камеры сгорания, в «защемленных» объемах, находящихся в вытеснителях и в зазоре между поршнем и цилиндром над верхним компрессионным кольцом. При значительном содержании легких СН в ОГ при запуске и прогреве ДВС на выпуске наблюдается белый дым. Углеводороды могут выбрасываться в атмосферу вследствие пропусков воспламенения, негерметичности выпускного клапана или системы вентиляции картера, а также из-за испарения бензина в топливном баке и карбюраторе.

Сажа и частицы (С) представляет собой твердый продукт, состоящий из углерода, в составе которого содержится от 1 % до 3 % (по массе) водорода. Сажа образуется при температуре выше 1500 К в результате объемного процесса термического разложения (пиролиза) топлива при сильном недостатке кислорода. Начало образования сажи имеет место при α меньше значений, находящихся в пределах от 0,3 до 0,7 и зависит от температуры и давления газов, а также от вида топлива. При сгорании в ДВС с искровым зажиганием концентрационные пределы смеси не совпадают с пределами начала образования сажи, поэтому ее содержание незначительно.

Оксиды азота (NO_x). Если температура в цилиндре превышает 2000 К, то азот и кислород воздуха вступают в химическое взаимодействие по цепному механизму:



Определяющей является верхняя реакция, скорость которой зависит от концентрации атомарного кислорода. При сгорании в цилиндрах ДВС образуется главным образом оксид азота NO (свыше 95% от количества всех оксидов азота).

В ДВС с искровым зажиганием окисление азота и образование NO происходит за фронтом пламени в зоне продуктов сгорания, где в результате *Махе-эффекта* достигаются наивысшие температуры. (*Продукты сгорания первых порций смеси, расположенные вблизи свечи зажигания, подвергаются адиабатному сжатию в результате повышения давления при сгорании остальной массы смеси. Вследствие этого в начальной зоне горения имеют место повышенные значения температуры по сравнению с их значениями в остальной массе заряда. Это различие температур в камере сгорания ДВС с искровым зажиганием называется «Махе-эффектом»*). Образование NO сильно увеличивается с ростом температуры газов и концентрации кислорода.

На режиме пуска непрогретого ДВС имеет место повышенный расход топлива, следствием чего является большой выброс оксида углерода CO и углеводородов CH . Оксиды азота NO_x в отработавших газах практически отсутствуют из-за невысокой температуры сгорания ДВС. По достижении стабилизации рабочего процесса и температуры количество CO и CH снижается, но при этом наблюдается рост NO_x .

7. Условия протекания смазочных процессов в ДВС на режиме пуска

Как известно, режим пуска ДВС отличается повышенными износами трущихся деталей, являющихся результатом различных видов изнашиваний, преобладающими среди которых являются коррозионно-механическое, молекулярно-динамическое и эрозионное. Наиболее интенсивный износ происходит не в кратковременный момент пуска ДВС, а в период последующего, более продолжительного прогрева до оптимальной температуры, чему способствуют высокие давления сгорания и малая величина масляной пленки на поверхности трения, смывание ее и запаздывание поступления свежего масла к узлам трения.

Изнашивание поверхностей трения деталей цилиндропоршневой группы происходит преимущественно из-за смывания масляной пленки со стенок цилиндров. Наличие в топливе серы, коррозионно-агрессивных соединений, фракционный и групповой состав топлива, его дисперсность, направление движения

топливно-воздушного потока в цилиндре ДВС при наполнении определяют пусковой износ цилиндра.

Еще одной группой подвижных сопряжений, в значительной степени подверженных пусковым износам, является кривошипно-шатунный механизм, в частности подшипники и шейки коленчатого вала. Конструктивно подшипники скольжения спроектированы для работы в режиме жидкостного трения. Однако такой вид трения характерен для установившихся режимов, пуск и прогрев которыми не являются. Рассмотрим более подробно условия работы подшипников и шеек коленчатого вала на режиме пуска.

Выделяют три основные стадии развития смазочного процесса в подшипниках коленчатого вала:

- подготовительная стадия – работа подвижных сопряжений при сухом или граничном трении, обусловленная задержкой времени поступления масла к трущимся поверхностям. Взаимодействие поверхностей определяется двойственной молекулярно-механической природой. Механическое взаимодействие обусловлено взаимным внедрением выступов трущихся поверхностей, молекулярно – взаимным притяжением твердых тел, их адгезией;

- переходная стадия – развитие жидкостной смазки, характеризующееся прогревом масла и соответствующим снижением вязкости, а также установление рабочих зазоров из-за тепловых деформаций. Является общим случаем процессов взаимодействия и представляет собой последовательность чередующихся взаимоисключающих частных случаев – контактного и бесконтактного взаимодействия перемещающихся тел;

- рабочее состояние – смазочный процесс устойчивый, стабилизированный, способен воспринимать рабочие нагрузки. Трущиеся поверхности разделены непрерывным слоем смазочного материала значительной толщины, в несколько раз превосходящей сумму высот микронеровностей поверхностей. В режиме жидкостной смазки отсутствует прямое контактное взаимодействие между поверхностями, по этой причине процессы изнашивания практически отсутствуют за исключением кавитационного изнашивания жидкостной эрозии.

Длительность первой стадии незначительная, занимает от долей до нескольких секунд. Длительность же второй стадии, по сравнению с первой, значительно выше и существенно сказывается на износе подшипников скольжения коленчатого вала, так как основная часть режима пуска приходится на вторую, переходную, стадию. Продолжительность перехода от граничного к жидкостному трению в период пуска ДВС зависит и от времени подачи смазки к подшипнику.

Повышение вязкости моторного масла при понижении температуры увеличивает время поступления смазки к парам трения, поэтому основная доля пусковых износов поверхностей трения зависит от физико-химических свойств масел и нагрузочно-скоростного режима работы ДВС. Вязкостно-температурные свойства масел оказывают существенное влияние на момент сопротивления при пуске, а также на надежность работы трущихся пар в период прогрева. Толщина масляной пленки на поверхности трения определяется тепловым состоянием ДВС перед пуском, продолжительностью перерыва в его работе и вязкостью масла. Например, вязкие масла и толстая масляная пленка обеспечивают надежную работу пар трения в период пуска.

Режим прогрева ДВС определяет величину газовых и инерционных нагрузок на детали как цилиндропоршневой группы, так и на подшипники и шейки коленчатого вала. Увеличение данных нагрузок на шейки коленчатого вала ведет к вытеснению смазки с поверхностей трения и увеличению давления в пятне контакта, что при длительном воздействии при отсутствии смазки может привести к схватыванию и свариванию поверхностей трения, а также к задирам и вырыванию частиц металла с поверхностей трения.

Оценить условия смазки в подшипниках коленчатого вала при работе ДВС, а в частности на режиме пуска, позволяет параметр $P_{жс}$, который позволяет оценивать относительную продолжительность существования смазочного слоя. Оптимальным по параметру $P_{жс}$ следует считать такой режим работы ДВС, при котором в каждом подшипнике скольжения параметр имеет наибольшее значение - $P_{жс} \rightarrow P_{жс. max}$ (в идеале $P_{жс}=1$) и тем самым обеспечивается наименьшая интенсивность изнашивания подшипников коленчатого вала в эксплуатации. Значения данного параметра

определяется с помощью автоматизированной системы оценки смазочного процесса (АСОСП). При жидкостном трении $P_{жс}=1$, т.е. полностью отсутствует контактное взаимодействие коленчатого вала с подшипниками скольжения. С помощью данного параметра возможна оценка состояния КШМ ДВС, смазочного процесса в подшипниках коленчатого вала и т.д.

1.3 Методика проведения испытаний по снятию показателей работы ДВС на режиме пуска

Для снятия показателей работы ДВС на режиме пуска требуется следующая материально-техническая база:

- 1) испытательный моторный стенд с установленным на нем ДВС и оборудованный системами измерения параметров работы ДВС;
- 2) мотор-тестер для определения расхода воздуха и расхода топлива;
- 3) приборы для определения параметров окружающей среды (барометр для определения атмосферного давления, термометр для определения температуры окружающего воздуха);
- 4) автоматизированная система оценки смазочного процесса для определения показателей смазочного процесса в подшипниках коленчатого вала;
- 5) газоанализатор для оценки токсичности отработавших газов ДВС.

При снятии показателей работы ДВС на режиме пуска необходимо выполнение следующих условий:

- 1) положение дроссельной заслонки неизменное (определяется исходя из задания по лабораторной работе);
- 2) тепловой режим ДВС соответствует температуре окружающей среды.

Моторные испытания по снятию показателей работы ДВС на режиме пуска необходимо проводить в следующей последовательности:

- 1) проверить готовность ДВС к пуску и работоспособность измерительного оборудования;

2) запустить и прогреть ДВС до рабочих температур охлаждающей жидкости $t_{ож} = (90 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$ и масла $t_{м} = (80 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$;

3) производить запись показаний всех измерительных устройств в протокол испытаний (приложение А).

1.4 Задание по работе

1. На основании занесенных в протокол показаний измерительных приборов и устройств, произвести подсчет величин, характеризующих работу ДВС на режиме пуска и оценить погрешности измерений.

2. Построить графики следующих зависимостей: $n = f_1(T)$; $G_T = f_2(T)$; $t_{м} = f_3(T)$; $t_{ож} = f_4(T)$; $G_{\theta} = f_5(n)$; $P_{ож} = f_6(T)$; $N = f_7(T)$; $L_{к\Sigma} = f_8(T)$; $CO = f_9(T)$; $CH = f_{10}(T)$; $O_2 = f_{11}(T)$.

3. Провести анализ полученных зависимостей и сделать соответствующие выводы.

Полученные результаты оформляются на листах формата А4 в виде отчета, пример которого приведен в приложении Д. Отчет должен содержать название, цель и задачи работы, заполненный протокол испытаний, графическое представление полученных результатов, их анализ и основные выводы по работе. Отчет оформляется в соответствии с СТО 02069024.101–2015 «РАБОТЫ СТУДЕНЧЕСКИЕ. Общие требования и правила оформления».

1.5 Контрольные вопросы

1. Что понимается под режимом пуска ДВС? В чем заключаются особенности работы ДВС на режиме пуска?

2. Как изменяется работа ДВС по мере прогрева эксплуатационных жидкостей?

3. Как влияет конструкция системы охлаждения ДВС на его работу на режиме пуска?
4. Особенности энергетики пуска и работы ДВС на режиме холостого хода при его прогреве?
5. Влияние работы ДВС на режиме пуска на топливную экономичность?
6. Влияние работы ДВС на режиме пуска на токсичность отработавших газов?
7. Какая требуется материально-техническая база для снятия показаний работы ДВС на режиме пуска?
8. В какой последовательности проводится снятие основных показателей работы ДВС на режиме пуска?
9. Дайте анализ полученных зависимостей показателей работы ДВС на режиме пуска.

2 Лабораторная работа № 2. Влияние сопротивления на впуске на показатели работы ДВС

2.1 Общие положения

Целью работы является изучение и оценка влияния сопротивления на впуске в ДВС на показатели его работы.

Задачами работы являются:

- получение представления о протекании рабочих процессов в ДВС при изменяющемся сопротивлении на впуске во время работы;
- умение проведения испытаний по снятию характеристик работы ДВС;
- умение обработки полученных результатов испытаний и их анализ.

2.2 Общие сведения о влиянии сопротивления на впуске при работе ДВС

Системы впуска служат для подвода свежего заряда (воздуха или горючей смеси) к цилиндрам ДВС. В ДВС с внешним смесеобразованием во впускной системе происходит также образование смеси, так как процесс испарения жидкого топлива и смешения его паров с воздухом не успевает завершиться в карбюраторе или газосмесителе.

Общим требованием, предъявляемым системам впуска, является по возможности наименьшее сопротивление, что необходимо для уменьшения насосных потерь и улучшения наполнения цилиндров. Удовлетворить это требование путем только снижения скорости газов в системах, т.е. путем увеличения проходных сечений невозможно: увеличиваются габаритные размеры и масса ДВС. Кроме того, с понижением скорости воздуха уменьшается его турбулизация, что приводит к ухудшению смесеобразования в ДВС с внешним смесеобразованием.

Уменьшение сопротивлений при высокой скорости газового потока достигается выполнением каналов плавных очертаний для предотвращения резких

изменений направления потока и площади проходного сечения. Для равномерного распределения свежего заряда по цилиндрам впускные трубопроводы делают симметричными. Для улучшения испарения топлива впускную систему обогревают ОЖ, выходящей из системы охлаждения ДВС. В ДВС некоторых типов при расположении впускной и выпускной систем с одной стороны впускной трубопровод подогревают теплом отработавших газов от выпускного коллектора.

В ДВС с внутренним смесеобразованием, а также в газовых ДВС подогрев свежего заряда при их работе не нужен, так как он приводит к снижению плотности заряда и, тем самым, ухудшению наполнения цилиндров. Подогрев всасываемого воздуха в дизельных ДВС желателен только для облегчения пуска при низкой температуре окружающего воздуха. С этой целью во впускной системе предусматриваются специальные подогреватели, включаемые в период подготовки к пуску. В ДВС с системами наддува воздуха в системы впуска входят компрессоры и охладители надувочного воздуха, а в системы выпуска – также и газовые турбины. Для очистки воздуха от пыли устанавливают воздушные фильтры, которые объединяют с глушителями шума впуска.

В связи со сложностью систем впуска особое внимание должно быть уделено выбору размеров этих систем с целью использования газодинамических явлений для улучшения наполнения цилиндров свежим зарядом и снижения работы выпуска.

2.3 Влияние воздушного фильтра на сопротивление воздуха на впуске

Одним из основных элементов системы впуска, оказывающих значительное сопротивление движению поступающего воздуха, является воздушный фильтр, предназначенный для очистки воздуха от пыли. Запыленность воздуха, который поступает в ДВС при эксплуатации автомобиля, может колебаться в пределах от 0,0003 до 1,4 г/м³ и зависит от таких факторов, как время года, типа дороги и вида почвы, погоды, направления ветра, интенсивности движения, грузоподъемности автомобиля, типа шин, формы капота, высоты отбора воздуха и т.п. Поэтому

качество очистки поступающего в цилиндры ДВС воздуха играет определяющую роль в интенсивности изнашивания цилиндропоршневой группы. Вместе с тем, воздух очищается тем лучше, чем меньше ячейки в фильтрующем элементе, но с другой стороны, это ведёт к увеличению сопротивления воздуха, называемого гидравлическим. Повышение гидравлического сопротивления впускного трубопровода приводит к уменьшению коэффициента наполнения цилиндра ДВС η_v и, следовательно, к ухудшению эффективных и экономических показателей работы ДВС. Характеристикой гидравлического сопротивления воздушного фильтра является разность давлений Δp до и после фильтра и зависит от типа воздушного фильтра и количества ступеней очистки воздуха. Экспериментальными исследованиями установлено, что ухудшение показателей работы ДВС происходит относительно медленно (почти линейно) при увеличении гидравлического сопротивления воздушного фильтра до некоторого значения Δp_{np} (предельное или допустимое гидравлическое сопротивление), после чего показатели резко ухудшаются. Так, увеличение уровня гидравлических потерь на 100 мм водяного столба вызывает снижение мощности ДВС примерно на 1,3 %. При проектировании систем впуска значение Δp_{np} выбирают в зависимости от типа ДВС и степени его форсирования, причем отраслевыми стандартами предусматривается ограничение как начального гидравлического сопротивления $\Delta p_{нач}$, так и допустимого Δp_{np} .

Эффективность очистки воздуха от пыли оценивают коэффициентами очистки η или пропуска пыли ε . Коэффициент очистки характеризует относительное количество пыли (%), задержанной воздухоочистителем, и определяется как:

$$\eta = \frac{M_2}{M_1} \cdot 100 = \frac{M_1 - M_3}{M_1} \cdot 100, \quad (2.1)$$

где M_1 , M_2 , M_3 – соответственно массы пыли, поступающей, задержанной и пропущенной воздухоочистителем.

Коэффициент пропуска пыли определяется как относительное содержание пыли за воздухоочистителем:

$$\varepsilon = \frac{M_3}{M_1} \cdot 100 \% . \quad (2.2)$$

Коэффициенты пропуска и очистки связаны зависимостью:

$$\varepsilon = (100 - \eta), \% . \quad (2.3)$$

Количество пыли W_n (кг), которое воздухоочиститель задерживает до достижения предельно допустимой величины гидравлического сопротивления, называют пылеемкостью. Совершенство конструкции воздухоочистителя оценивается его удельной пылеемкостью (кг/м³):

$$\theta = \frac{1000W_n}{V}, \quad (2.4)$$

где V – полный объем, занимаемый системой очистки воздуха, м³.

Косвенным критерием пылеемкости фильтрующих элементов является изменение величины их удельного сопротивления:

$$Z = \frac{\Delta p_k - \Delta p_n}{\varphi}, \quad (2.5)$$

где Δp_n и, Δp_k – соответственно начальное и конечное сопротивления фильтрующего элемента; φ – запыленность воздуха, подвергаемого фильтрации.

Условия работы фильтрующего элемента оцениваются величиной удельной воздушной нагрузки:

$$q = \frac{g_g}{F}, \left(\frac{m^3}{ч \cdot m^2} \right) \quad (2.6)$$

где g_g , – расход воздуха через ДВС, м³/ч; F – площадь рабочей поверхности фильтрующего элемента, м².

Удельная пылевая нагрузка на фильтрующий элемент определяется как:

$$g_n = \frac{M_2}{F}, \quad (2.7)$$

где M_2 – количество пыли, осевшей на фильтрующем элементе к моменту повышения сопротивления воздухоочистителя до 700 мм водяного столба.

2.4 Влияние впускного трубопровода на организацию процесса смесеобразования в цилиндрах ДВС

При разработке конструкции впускных трубопроводов особое внимание уделяют их простоте, технологичности и материалоемкости при обеспечении минимального гидравлического сопротивления. Размеры сечений впускных трубопроводов выбирают на основании эмпирических соотношений, а окончательная их доводка по величине аэродинамических потерь, экономичности, токсичности отработавших газов, пусковым и динамическим качествам ДВС, распределению свежего заряда по цилиндрам, работе ДВС при различных частотах вращения коленчатого вала, антидетонационным качествам и надежности в сочетании с фазами газораспределения проводится экспериментально.

Увеличение расхода воздуха, поступающего в цилиндр, можно получить используя динамические явления во впускной системе. Каждый поршень в начале процесса впуска создает импульс волны разрежения, которая распространяется во впускной системе и отражается от открытого конца трубопровода волной давления.

Подбирая размеры системы таким образом, чтобы волна давления подходила к впускным органам во второй половине процесса впуска, можно получить избыточное давление перед ним. Дополнительное усилие импульса получают в результате резонансных явлений, устанавливая на впуске специально подобранные ресиверы и трубы.

Наиболее просто осуществляется доводка впускных систем с индивидуальными патрубками на каждый цилиндр, однако при фиксированных длинах и объемах ресиверов и труб настройка системы является эффективной только для определенного узкого диапазона режимов работы ДВС, на других же режимах такая настройка системы может оказать отрицательное влияние. Динамическая система наддува более громоздка, чем обычная, а необходимость ее регулирования значительно усложняет систему.

Выпускные трубопроводы ДВС можно разделить на трубопроводы для ДВС без наддува и с наддувом. Для ДВС с наддувом применяют трубопроводы с переменным (импульсным) и постоянным давлением. По конструкции их разделяют на охлаждаемые и неохлаждаемые. Выпускные трубопроводы ДВС без наддува выполняют цельными литыми из серого или жаростойкого чугуна.

Влияние впускной системы на работу ДВС в условиях неустановившихся режимов проявляется в характере неравномерности распределения воздушного заряда по цилиндрам. Непрерывное изменение для каждого из цилиндров, объединенных общим трубопроводом, сечения впускных органов и колебаний давления воздуха перед ними, зависящих от производительности турбокомпрессора и процесса наполнения предыдущего (по порядку работы) цилиндра, обуславливает различие в количествах поступающего в них воздуха.

2.5 Методика проведения испытаний по оценке влияния степени загрязненности воздушного фильтра на показатели работы ДВС

Для оценки влияния степени загрязненности воздушного фильтра на

показатели работы ДВС требуется следующая материально-техническая база:

1) испытательный моторный стенд с установленным на нем ДВС и оборудованный системами измерения параметров работы ДВС;

2) мотор-тестер для определения расхода воздуха, расхода топлива и контроля температурного режима ДВС;

3) приборы для определения параметров окружающей среды (барометр для определения атмосферного давления, термометр для определения температуры окружающего воздуха);

4) фильтр воздушный ДВС чистый и отработавший ресурс (загрязненный).

При проведении испытаний необходимо выполнение следующих условий:

1) нагрузка на ДВС задается тормозным устройством испытательного моторного стенда посредством опускания ножей в емкость жидкостного реостата;

2) постоянный нормальный рабочий тепловой режим ДВС;

3) постоянное положение дроссельной заслонки;

4) переменная частота вращения коленчатого вала (достигается посредством изменения нагрузки на ДВС).

Моторные испытания по оценке влияния степени загрязненности воздушного фильтра на показатели работы ДВС необходимо проводить в следующей последовательности:

1) проверить готовность ДВС к пуску и работоспособность измерительного оборудования, на ДВС должен быть установлен новый воздушный фильтр;

2) запустить и прогреть ДВС до рабочих температур охлаждающей жидкости $t_{ож} = (90 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$ и масла $t_m = (80 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$;

3) ввести ДВС в режим испытания: дроссельная заслонка в положении, обеспечивающем частоту вращения коленчатого вала 4000 мин^{-1} при нагрузке на ДВС, соответствующей заданию лабораторной работы, тепловой режим ДВС нормальный;

4) выдержать ДВС на установленном режиме работы не менее 1 мин;

5) произвести запись показаний всех измерительных устройств в протокол испытаний (приложение Б);

б) вторая и последующие экспериментальные точки снимаются при увеличении угла погружения ножей реостата в раствор в соответствии с протоколом испытаний, делается выдержка 1 мин и производится запись показаний всех измерительных устройств;

7) остановить ДВС, выключить оборудование, чистый воздушный фильтр снять и заменить на загрязненный;

8) повторить п.п. 2 – 6 для испытаний ДВС с загрязненным воздушным фильтром;

9) по окончании испытаний отключить нагрузочное устройство стенда от ДВС, установить дроссельную заслонку в положение, обеспечивающее работу ДВС на $n_{\min \text{ х.х.}}$ и остановить ДВС.

2.6 Задание по работе

1. На основании занесенных в протокол показаний измерительных приборов и устройств произвести подсчет величин, характеризующих работу ДВС, для ДВС с чистым и загрязненным воздушными фильтрами и оценить погрешности измерений.

2. Построить графики характеристик: $G_T = f_1(n)$; $G_e = f_2(n)$; $\eta_v = f_3(n)$; $g_e = f_4(n)$; $M_e = f_5(n)$; $N_e = f_6(n)$.

3. Провести анализ полученных графиков и сделать соответствующие выводы.

Полученные результаты оформляются на листах формата А4 в виде отчета, пример которого приведен в приложении Д. Отчет должен содержать название, цель и задачи работы, заполненный протокол испытаний, графическое представление полученных результатов, их анализ и основные выводы по работе. Отчет оформляется в соответствии с СТО 02069024.101–2015 «РАБОТЫ СТУДЕНЧЕСКИЕ. Общие требования и правила оформления».

2.7 Контрольные вопросы

1. В чем заключается назначение системы впуска, основные ее элементы?
2. Как проявляется влияние системы впуска на сопротивление воздуха, поступающего в цилиндры ДВС?
3. В чем проявляется влияние воздушного фильтра на работу ДВС?
4. Какие показатели характеризуют эффективность работы воздушного фильтра?
5. Что понимается под гидравлическим сопротивлением воздушного фильтра?
6. Какое оказывают влияние впускные трубопроводы на показатели работы ДВС? В чем это влияние проявляется?
7. Какая требуется материально-техническая база для оценки влияния степени загрязненности воздушного фильтра на показатели работы ДВС?
8. В какой последовательности проводится оценка влияния степени загрязненности воздушного фильтра на показатели работы ДВС?
9. Какое влияние оказывает степень загрязненности воздушного фильтра на мощностные и экономические показатели работы ДВС?

3 Лабораторная работа № 3. Оценка технического состояния цилиндропоршневой группы

3.1 Общие положения

Целью работы является изучение методов и способов оценки текущего технического состояния элементов цилиндропоршневой группы (ЦПГ).

Задачами работы являются:

- получение представления о влиянии технического состояния ЦПГ на показатели работы ДВС, методах и способах оценки текущего технического состояния элементов ЦПГ;
- приобретение навыков проведения испытаний по оценке текущего технического состояния элементов ЦПГ;
- умение обработки полученных результатов испытаний и их анализ.

3.2 Общие сведения о влиянии текущего технического состояния элементов ЦПГ на показатели работы ДВС

В ДВС кривошипно-шатунный механизм (КШМ) предназначен для преобразования возвратно-поступательного движения поршня во вращательное движение коленчатого вала. Детали КШМ делят на две группы – подвижные и неподвижные детали. К неподвижным относят блок цилиндров, который является базовой деталью ДВС и представляет собой общую отливку с картером, головка цилиндров, картер маховика и сцепления, масляный поддон, гильзы цилиндров (если есть), крышки блока, крепежные детали, прокладки крышек блока, кронштейны, полукольца коленчатого вала. К подвижным относят поршень с поршневыми кольцами, поршневой палец, шатун, коленчатый вал с подшипниками или кривошип, маховик. Цилиндр ДВС и поршень с поршневыми кольцами и пальцем образуют ЦПГ. Назначение ЦПГ – восприятие поршнем при рабочем ходе силы давления газов и передача её через шатун коленчатому валу. Поршневые

кольца, компрессионные и маслосъёмные, установленные на поршне, снижают прорыв газов из цилиндра в картер и снимают излишки масла со стенок цилиндров соответственно.

В процессе работы ДВС происходит неизбежное изнашивание трущихся деталей, которое ведёт к изменению технического состояния и работоспособности ДВС, от которых во многом зависит их надёжность. Основными показателями изношенности ДВС считают угар и давление моторного масла, прорыв газов в картер и интенсивность изнашивания деталей. К показателям, являющимся следствием первых, относят мощность, расход топлива и пусковые качества ДВС, а также соответствие нормам токсичности и дымности отработавших газов, шуму и вибрации. На характер изменения этих показателей оказывают износы деталей КШМ и газораспределительного механизма. Одним из основных критериев износа деталей ЦПГ является повышенный расход масла на угар, который сопровождается повышенным прорывом картерных газов, увеличением давления в картере и усилением дымления. Например, расход масла зависит главным образом от увеличения зазора между маслосъёмным кольцом и канавкой поршня (рисунок 3.1), когда кольцо не может плотно прилегать к опорным торцевым поверхностям поршня, перемещение кольца в осевом направлении увеличивается, что приводит к повышенному перекачиванию масла.

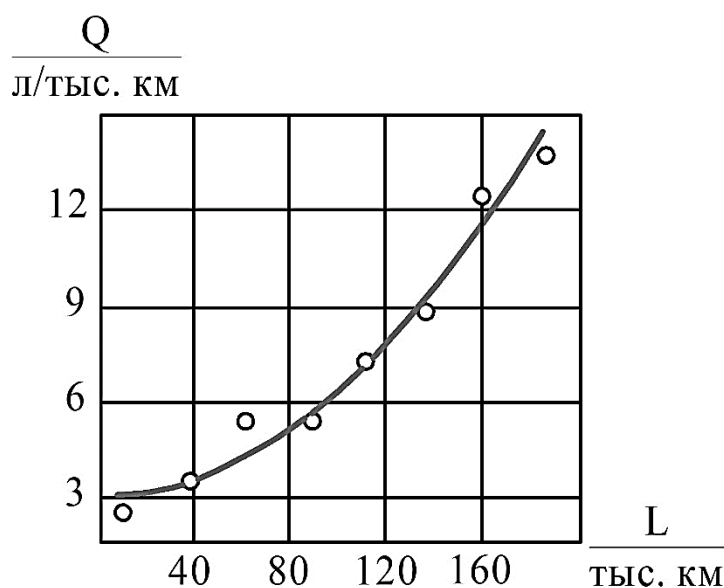


Рисунок 3.1 – Зависимость расхода масла Q от пробега L автомобиля

Прорыв картерных газов главным образом зависит от зазора между компрессионными кольцами и канавкой поршня, деформации уплотняющих деталей и увеличении зазора между выпускными клапанами и направляющими втулками, а существенное увеличение прорыва картерных газов происходит при вибрации колец.

Увеличение прорвавшихся в картер газов вызывает снижение мощности и повышение удельного расхода топлива, повышение температуры деталей ЦПГ, потерю упругости колец, повышенный износ цилиндров и колец, загрязнение моторного масла и образование осадков и отложений на деталях, коксование масла в канавках поршня и поршневых кольцах с последующей потерей подвижности колец, ухудшение системы вентиляции, потерю масла из картера через систему вентиляции и сальниковые уплотнения. Все это ухудшает нормальную работу ДВС и резко снижает их работоспособность, поэтому обеспечение хорошей плотности прилегания компрессионных и маслосъемных колец к цилиндрам и поршневым канавкам является залогом нормальной работы ДВС.

На мощностные и экономические показатели ДВС износ деталей ЦПГ оказывает незначительное влияние, так как основную роль в снижении данных показателей играет изменение рабочих параметров систем питания и зажигания. Вместе с тем, повышенный износ деталей ЦПГ оказывает значительное влияние на пусковые качества ДВС, и в большей степени дизельных ДВС, так как при пуске, особенно холодном, не обеспечивается достаточная для воспламенения топлива температура заряда в конце такта сжатия из-за значительных утечек части заряда в картер.

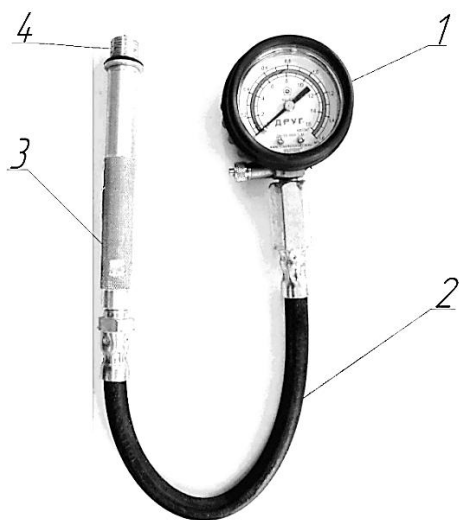
3.3 Определение текущего технического состояния деталей ЦПГ

Так как детали ЦПГ являются составной частью КШМ и находятся внутри ДВС, оценка их геометрических размеров на соответствие нормативным возможна только микрометрированием деталей при разборке ДВС, что влечет к большим

затратам времени и является трудоемким процессом.

Вместе с тем, в настоящее время разработаны различные методы и способы безразборной оценки текущего технического состояния как ДВС в целом, так и отдельных механизмов и систем, называемые *диагностированием*. Диагностирование технического состояния ЦПГ относится к локальной системе технического диагностирования. Техническое состояние сопряжений ЦПГ зависит от структурных параметров цилиндра (износа, изменения геометрической формы), колец (износа, поломки, закоксовывания, потери упругости), поршня (износа).

Наиболее распространенным способом диагностирования данной группы сопряжений является определение герметичности надпоршневых объемов цилиндров ДВС по давлению воздуха в цилиндре в конце такта сжатия (так называемой «компрессии»). Прибор, применяемый для измерения давления в конце такта сжатия, называется компрессометр. Компрессометр – это манометр с запорным клапаном, который предотвращает при проворачивании коленчатого вала сбрасывание давления, создаваемое поршнем. На рисунке 3.2 представлен пример универсального компрессометра ДМ 02-050-1М, состоящего из манометра 1, гибкого шланга 2 для более удобного доступа к свечным колодцам на разных ДВС и сменной трубки 3 для различных диаметров свечных колодцев ДВС с запорным клапаном 4



1 – манометр; 2 – гибкий шланг; 3 – сменная трубка; 4 – запорный клапан

Рисунок 3.2 – Компрессометр ДМ 02-050-1М

Определение давления в конце такта сжатия проводят в определенной последовательности при соблюдении следующих условий:

- 1) проверить и при необходимости отрегулировать тепловые зазоры в клапанах, аккумуляторная батарея должна быть полностью заряжена;
- 2) запустить и прогреть ДВС до рабочих температур охлаждающей жидкости $t_{о.жс} = (90 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$ и масла $t_{.м} = (80 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$;
- 3) отключить систему зажигания (снять клеммы с катушек зажигания) и предотвратить подачу топлива (обесточить реле бензонасоса);
- 4) очистить свечные ниши от пыли и снять наконечники проводов, вывернуть все свечи зажигания;
- 5) подсоединить компрессометр к первому цилиндру и при полностью открытой дроссельной заслонке провернуть коленчатый вал стартером в течение 5 секунд, пока не установится максимальное показание на приборе, которое следует зафиксировать;
- 6) поочередно проверить давление в конце такта сжатия в остальных цилиндрах двигателя;
- 7) вернуть все в первоначальное положение.

С распространением ДВС с электронным блоком управления (ЭБУ) появилась возможность оценки относительной компрессии на работающем ДВС с помощью различных мотор-тестеров. В данной работе используется Мотор-Тестер МТ10КМ Плюс, позволяющий определять «цилиндровый баланс» (подробное описание данного комплекса представлено в лабораторной работе №4 методических указаний «Испытание автомобильных двигателей: техническая база испытаний»). «Цилиндровый баланс» – вид испытаний ДВС, позволяющий оценить вклад каждого цилиндра в общую работу ДВС посредством поочередного отключения форсунок системы питания на заданном режиме частоты вращения коленчатого вала, отключая тем самым цилиндр из работы ДВС. Отключение форсунок проводится по четыре раза для более точного определения значений. По падению частоты вращения коленчатого вала проводится анализ и выводятся на монитор результаты испытаний, которые представлены в виде гистограммы, показывающей в

процентном соотношении вклад каждого цилиндра в работу ДВС.

Для проведения данного вида испытаний необходимо выполнить ряд последовательных действий:

- 1) подключить к ЭБУ ДВС Мотор-Тестер МТ10КМ Плюс, включить все необходимое оборудование и запустить программное обеспечение к мотор-тестеру;
- 2) включить зажигание и определить тип ДВС и ЭБУ;
- 3) запустить и прогреть ДВС до рабочих температур охлаждающей жидкости $t_{ож} = (90 \pm 5) ^\circ\text{C}$ и масла $t_{м} = (80 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
- 4) в режиме «Сканер» выбрать режим «Испытания» и перейти в режим «Цилиндровый баланс»;
- 5) мотор-тестер автоматически запустит программу испытаний;
- 6) после окончания испытаний остановить ДВС, отключить и выключить оборудование.

Определение текущего технического состояния ЦПГ с помощью мотор-тестеров отличается простотой и малой трудоемкостью. Вместе с тем, на результаты испытаний довольно часто оказывают влияние посторонние факторы, которые вносят определенную погрешность и не позволяют объективно оценить состояние деталей ЦПГ. Для более детальной и достоверной диагностики деталей ЦПГ был разработан и применяется в настоящее время прибор АГЦ-2 («анализатор герметичности цилиндров – 2»).

Прибор АГЦ-2 позволяет:

- дифференцированно и достоверно определять состояние ЦПГ любого ДВС;
- контролировать состояние цилиндров, поршней, поршневых колец, впускных и выпускных клапанов;
- определять техническое состояние маслосъемных колпачков, степень износа цилиндровых гильз, закоксовывания поршневых колец и неисправности клапанов газораспределения.

Данный прибор замеряет два параметра: P1 – величину полного вакуума в цилиндре; P2 – величину остаточного вакуума в цилиндре.

Величину максимального разрежения в цилиндре, которое способна создать

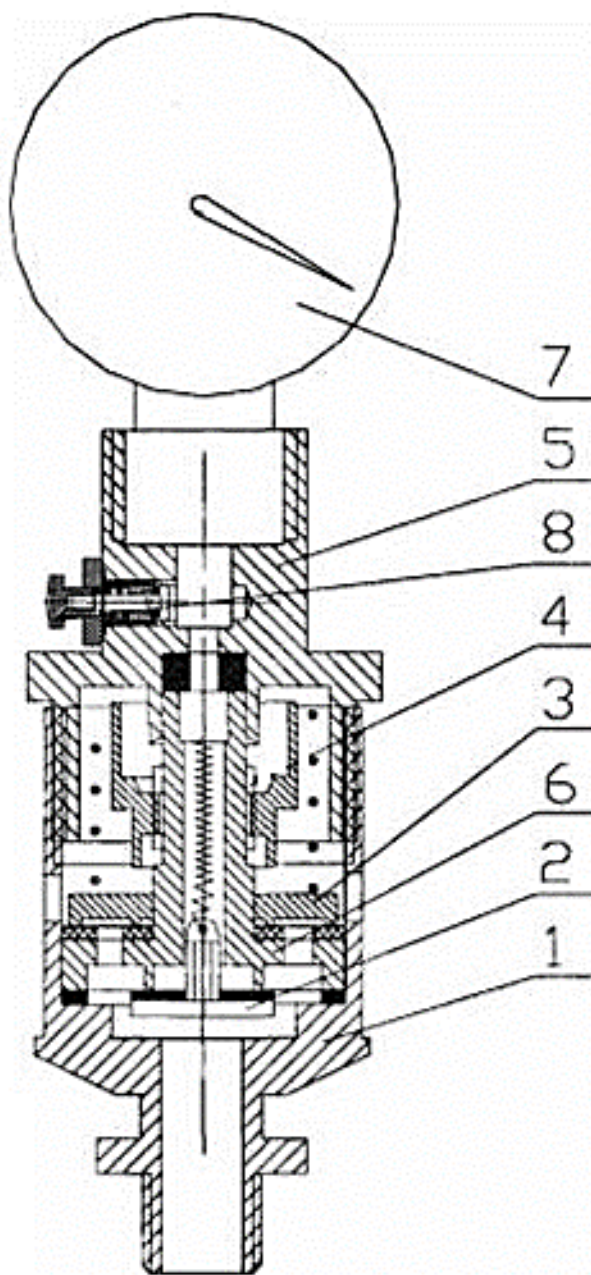
ЦПГ, называют полным (полезным) вакуумом (P_1). Благодаря эффекту масляного клина, величина полного вакуума при удовлетворительном состоянии гильзы цилиндра и герметичности клапанов не бывает ниже определенного значения ($P_{1\min}$) для каждого типа ДВС и практически не зависит от состояния поршневых колец. Поэтому в зависимости от величины полного вакуума (P_1) можно сделать вывод о состоянии гильзы цилиндра (эллипсность, наличие задиров).

Величину потерь давления рабочего тела в цилиндре ДВС при максимальном давлении в цилиндре называют остаточным (паразитным) вакуумом (P_2). При удовлетворительном состоянии гильзы цилиндра и герметичности клапанов величина остаточного вакуума характеризует состояние поршневых колец – степень износа, залегание (закоксовка), поломку перемычек на поршне, поломку колец. Пневмоплотность закрытия клапанов, а также наличие трещин в днище поршня, в головке блока ДВС в большей мере влияет на значение величины соотношения P_1/P_2 , соответственно в случае пониженного значения величины P_1/P_2 от номинально допустимых, можно выявить неполадки, связанные с клапанами, трещинами в деталях. Причем степень расхождения с номинальными значениями P_1/P_2 позволяет разделить негерметичность клапанов или же трещины в деталях.

АГЦ-2 имеет следующую конструкцию (рисунок 3.3): в нижней части корпуса прибора 1 размещен клапанный механизм, в корпусе клапана 6 которого находится вакуумный клапан 2 и подвижный элемент 3 с пружиной 4. В верхней части корпуса 5 расположены уравнивательный клапан 8 и вакуумметр 7. Подсоединение АГЦ-2 к проверяемому цилиндру осуществляется через свечное отверстие или форсуночное отверстие посредством переходного устройства, соответствующего посадочному диаметру свечи или форсунки испытуемого ДВС.

Замер полного вакуума (P_1) происходит следующим образом: при движении поршня вверх на такте сжатия (рисунок 3.4) рабочее тело через редукционный клапан практически полностью выталкивается из камеры сгорания в атмосферу. После ВМТ поршень начинает двигаться вниз, редукционный клапан закрывается и в цилиндре создается разрежение. Посредством вакуумного клапана фиксируется

максимальное значение разряжения, которое способна создать ЦПГ в данном цилиндре. Значение величины полного вакуума (P1) фиксируется на вакуумметре.



1 – нижняя часть корпуса; 2 – вакуумный клапан; 3 – подвижный элемент; 4 – пружина; 5 – верхняя крышка корпуса; 6 – корпус клапана; 7 – вакуумметр; 8 – уравнительный клапан

Рисунок 3.3 – АГЦ-2

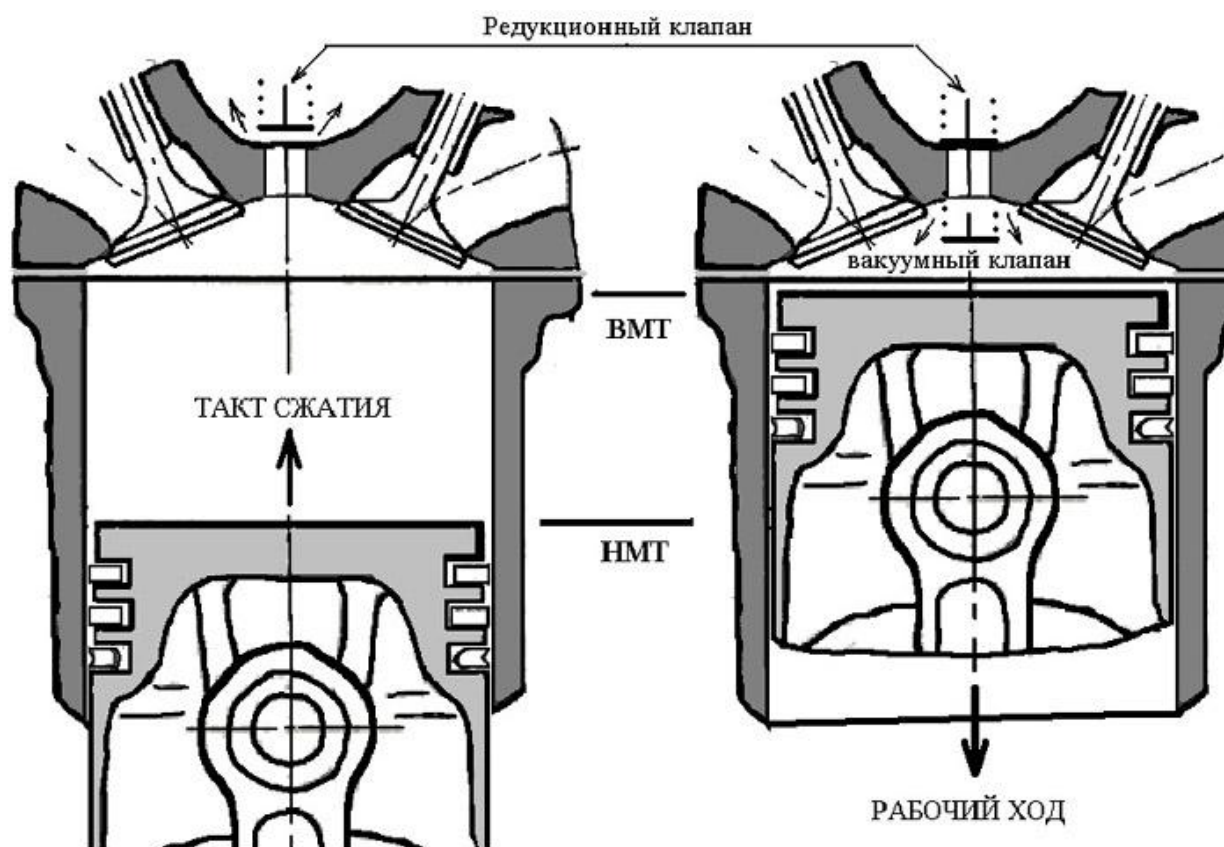


Рисунок 3.4 - Схема замера полного вакуума (-P1)

Если при движении поршня вверх (рисунок 3.5) на такте сжатия надпоршневое пространство будет перекрыто, то есть в камере сгорания будет нагнетаться максимальное давление, то часть рабочего тела через поршневые кольца будет проникать в картер двигателя, соответственно масса рабочего тела в начале такта сжатия в конце такта рабочего хода будет уменьшаться на величину утечек Δm через поршневые кольца. Эта величина на рисунке 3.5 обозначена как h . Соответственно, не доходя h до НМГ в цилиндре будет возникать разрежение, которое фиксируется вакуумным клапаном, и величина которого снимается с показания вакуумметра.

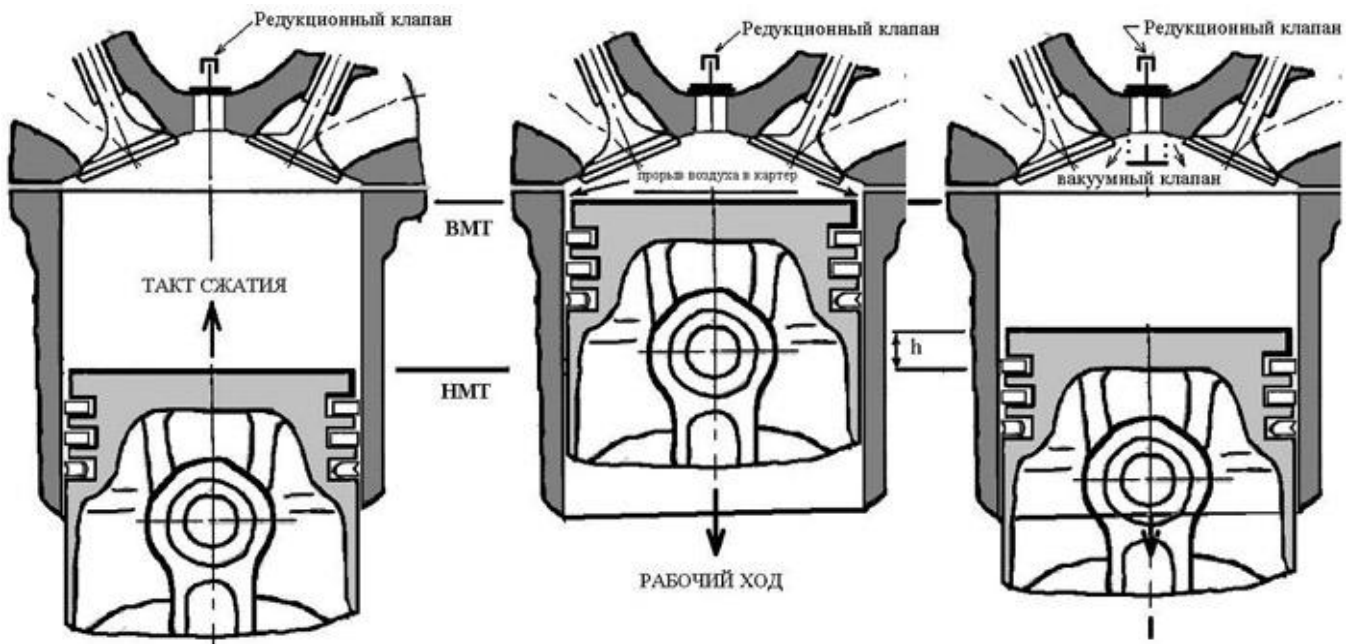


Рисунок 3.5 - Схема замера остаточного вакуума (-P2)

Во время замера (P2) прибором АГЦ необходимо, перед тем, как начать вращение коленчатого вала, нажать на кнопку сброса и держать 3 секунды после начала вращения коленчатого вала. Отпустив кнопку сброса, отследить значение (P2) на вакуумметре. Это необходимо делать потому, что во время остановки двигателя до подключения АГЦ к цилиндру поршень может находиться выше НМТ на такте сжатия, т.е. начал движение вверх, или при движении вниз на рабочем ходе не опустился до НМТ. Если не открывать клапан сброса в этих ситуациях, то вакуумный клапан зафиксирует часть значения полного вакуума (P1), что как правило, значительно больше по величине, чем значение остаточного вакуума (P2). Более того, в процессе замера (P2) рекомендуется несколько раз подряд сбросить показания нажатием кнопки сброса для подтверждения значения (P2), зафиксированного на вакуумметре, в процессе вращения коленчатого вала.

Порядок диагностирования текущего технического состояния ЦПГ проводится в следующем порядке:

- 1) запустить и прогреть ДВС до рабочих температур охлаждающей жидкости $t_{o.ж} = (90 \pm 5) ^\circ\text{C}$ и масла $t_m = (80 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
- 2) выкрутить свечи (форсунки) из всех цилиндров;

3) отключить систему зажигания и питания;

4) присоединить переходное устройство к свечным (форсуночным) отверстиям и соединить АГЦ-2 с переходным устройством, после чего посредством стартера проворачивать коленчатый вал в течение 3 секунд и зафиксировать величину полного вакуума (P1). Произвести аналогично измерения полного вакуума в остальных цилиндрах ДВС;

5) перекрыть редукционный клапан для обеспечения измерения остаточного вакуума (P2), соединить с переходным устройством, ввернутым в свечное (форсуночное) отверстие, после чего посредством стартера проворачивать коленчатый вал в течение 8 секунд, при этом в течении прокрутки три раза нажимать кнопку сброса и зафиксировать величину (P2) остаточного вакуума. Произвести аналогично измерения остаточного вакуума в остальных цилиндрах ДВС;

б) после проведения диагностирования установить свечи (форсунки) обратно, включить систему зажигания и питания.

Как было отмечено выше, минимальное значение полного вакуума при плотно закрытых клапанах не зависит от состояния поршневых колец благодаря эффекту «масляного клина». В свою очередь, величина (P2) при плотно закрытых клапанах отражает количество утечек через поршневые кольца, т.е. характеризует пневмоплотность поршневых колец. Пневмоплотность закрытия клапанов, а также наличие трещин, влияет на величину (P1) и (P2) одновременно.

Для удобства диагностики составлены диаграммы состояния ЦПГ для различных типов двигателей. На диаграмме состояния элементов ЦПГ, учитывая выше изложенное, выделены зоны состояния элементов ЦПГ в зависимости от значений (P1) и (P2). Зная значения (P1) и (P2) в конкретном цилиндре и сопоставив значения с диагностической диаграммой (рисунок 3.6) можно быстро и достоверно оценить состояние элементов ЦПГ.

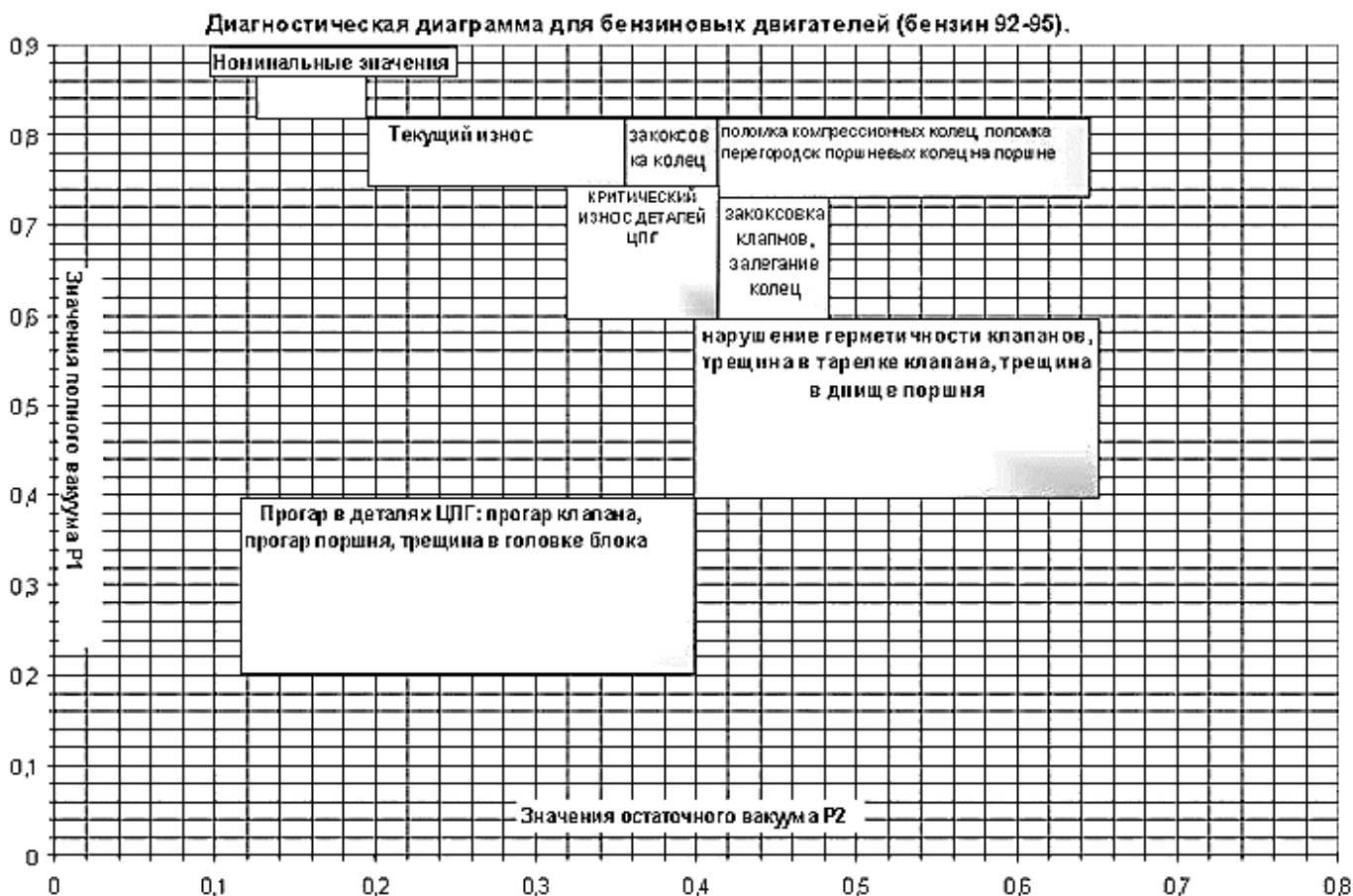


Рисунок 3.6 – Диагностическая диаграмма для бензиновых двигателей

3.4 Методика проведения оценки текущего технического состояния деталей ЦПГ

Для оценки текущего технического состояния деталей ЦПГ ДВС требуется следующая материально-техническая база:

- 1) испытательный моторный стенд с установленным на нем ДВС;
- 2) мотор-тестер для проведения испытаний «Цилиндровый баланс», компрессометр для замера давления в цилиндре в конце такта сжатия; АГЦ-2 для замера полного и остаточного вакуума в цилиндре;
- 3) приборы для определения параметров окружающей среды (барометр для определения атмосферного давления, термометр для определения температуры окружающего воздуха).

При оценке текущего технического состояния деталей ЦПГ необходимо

выполнение следующих условий:

1) положение дроссельной заслонки определяется исходя из задания по лабораторной работе;

2) ДВС должен быть прогрет.

Оценку текущего технического состояния деталей ЦПГ необходимо проводить в следующей последовательности:

1) проверить готовность ДВС к пуску и работоспособность измерительного оборудования;

2) запустить и прогревать ДВС до рабочих температур охлаждающей жидкости $t_{ож} = (90 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$ и масла $t_{м} = (80 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$;

3) остановить ДВС и выкрутить свечи из цилиндров;

4) провести замер давления в конце такта сжатия компрессометром по описанной в п. 3.3 методике во всех цилиндрах ДВС и зафиксировать полученные значения в протоколе испытаний (приложение В);

5) установить свечи и запустить ДВС для повторного прогрева до рабочей температуры;

6) на работающем ДВС провести испытания в режиме «Цилиндровый баланс» с помощью мотор-тестера и зафиксировать результаты в протоколе испытаний;

7) остановить ДВС и выкрутить свечи из цилиндров;

8) провести замер полного и остаточного вакуума с помощью АГЦ-2 по описанной в п. 3.3 методике во всех цилиндрах ДВС и зафиксировать полученные значения в протоколе испытаний;

9) установить свечи в ДВС, отключить измерительное оборудование;

10) провести анализ полученных результатов испытаний.

3.5 Задание по работе

1. На основании занесенных в протокол показаний измерительных приборов и устройств, провести анализ полученных результатов.

2. Анализ проводится путем сравнения результатов замеров давления в конце такта сжатия по каждому из цилиндров, результатов вклада в работу ДВС каждого цилиндра, полученных с помощью мотор-тестера в режиме «Цилиндровый баланс» и результатов замеров полного и остаточного вакуума в каждом цилиндре.

Полученные результаты оформляются на листах формата А4 в виде отчета, пример которого приведен в приложении Д. Отчет должен содержать название, цель и задачи работы, заполненный протокол испытаний, их анализ и основные выводы по работе. Отчет оформляется в соответствии с СТО 02069024.101–2015 «РАБОТЫ СТУДЕНЧЕСКИЕ. Общие требования и правила оформления».

3.6 Контрольные вопросы

1. Какие детали ДВС образуют ЦПГ и их назначение? По каким основным показателям оценивают текущее техническое состояние ЦПГ?

2. Как влияет текущее техническое состояние ЦПГ на показатели работы ДВС?

3. Какие существуют способы и методы диагностирования деталей ЦПГ?

4. Каково назначение и принцип работы компрессометра? Каков порядок диагностирования ЦПГ с помощью компрессометра?

5. Каково назначение мотор-тестера и каков порядок диагностирования ЦПГ с помощью мотор-тестера в режиме «Цилиндровый баланс»?

6. Каково назначение и принцип работы АГЦ-2?

7. Что характеризуют показания параметра «полный вакуум»?

8. Что характеризуют показания параметра «остаточный вакуум»?

9. Каков порядок диагностирования ЦПГ с помощью АГЦ-2?

10. Какова методика оценки текущего технического состояния деталей ЦПГ?

11. Как проводится анализ результатов испытаний по оценке текущего технического состояния деталей ЦПГ?

4 Лабораторная работа №4. Оценка влияния нагружения ДВС на параметры смазочного процесса в подшипниках коленчатого вала

4.1 Общие положения

Целью работы является закрепление теоретического материала на практике по влиянию режимов работы ДВС на условия смазки подшипников коленчатого вала (ПКВ).

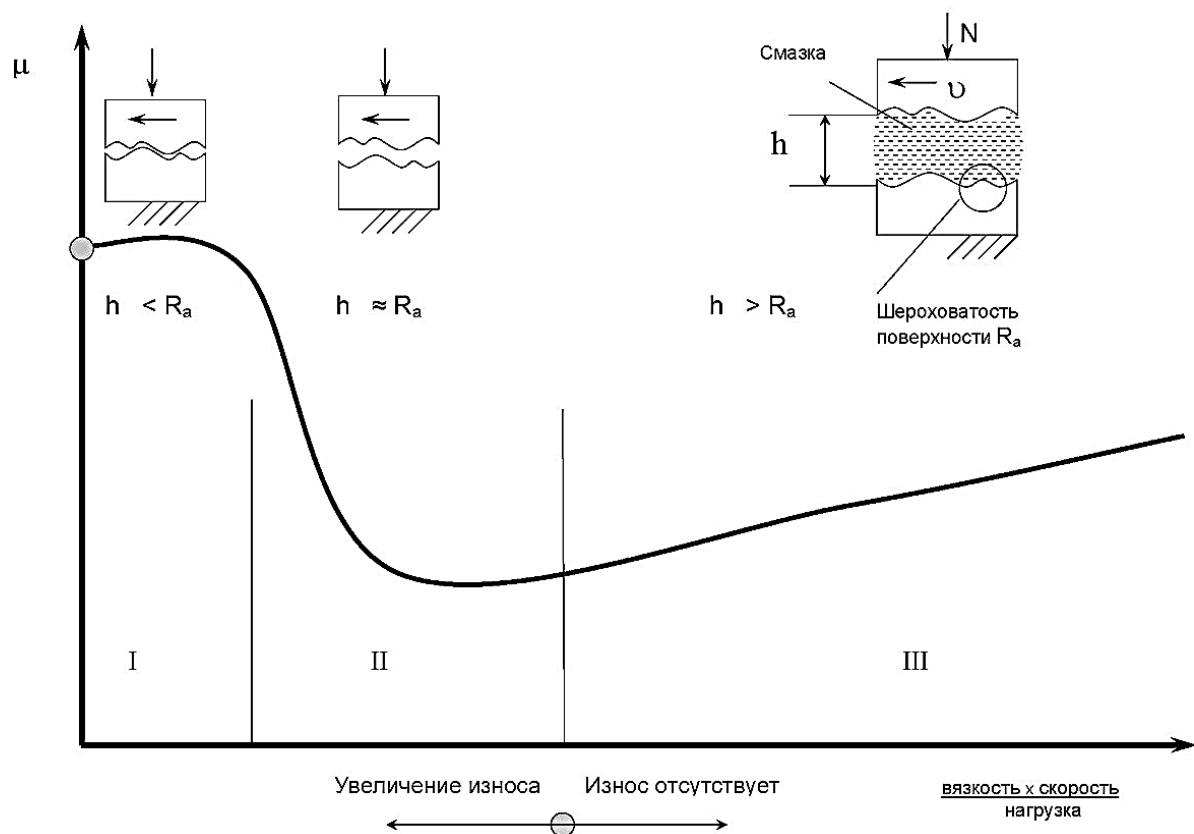
Задачами работы являются:

- получение представления о влиянии режимов работы ДВС на протекание смазочного процесса в ПКВ;
- умение проведения испытаний по оценке влияния нагружения ДВС на параметры смазочного процесса в ПКВ;
- умение обработки полученных результатов испытаний и их анализ.

4.2 Общие сведения о протекании смазочного процесса в ПКВ при работе ДВС

Поверхности сопряженных деталей ДВС отличаются высокой точностью и чистотой обработки, однако на них остаются микроскопические неровности, которые при перемещении одной детали по другой создают силу, сопротивляющуюся перемещению, - силу трения. Она зависит от точности обработки трущихся поверхностей, давления и относительной скорости перемещения деталей, а на ее преодоление затрачивается до 15 % мощности ДВС. Для снижения трения соприкасаемых деталей между ними вводят слой масла, что позволяет образовать жидкостное трение (трение между частицами масла), значительно снижающее силу трения и износ деталей, а также предохранить детали от коррозии, охлаждать детали проходящим между ними маслом и уносить продукты износа из зоны контакта.

Группой подвижных сопряжений, определяющих ресурс ДВС и наиболее требовательных к стабильности смазочного процесса являются подшипники и шейки коленчатого вала. Конструктивно подшипники скольжения спроектированы для работы в режиме жидкостной смазки, однако такой вид смазки характерен не для всех режимов работы ДВС. В общем случае, режимы смазки – это условия работы смазываемых деталей, характеризующие их контактное взаимодействие при трении. Режимы смазки удобно рассматривать при помощи диаграммы Герси-Штрибека (рисунок 4.1), в которой коэффициент трения μ связан с характеристикой режима смазки (вязкостью, скоростью – v и нагрузкой - N) сопряжения. Различают граничный (контактное взаимодействие), смешанный (переходный смазочный процесс) и гидродинамический (жидкостное трение) режимы смазки.



I – граничный режим смазки; II – смешанный режим смазки;
III – гидродинамический режим смазки

Рисунок 4.1 – Диаграмма Герси-Штрибека

При граничной смазке (I) поверхности сопряжения контактируют между собой таким образом, что толщина смазочного слоя значительно меньше величины шероховатости поверхностей. Износ поверхностей обусловлен физико-химическими взаимодействиями, происходящими на пятнах фактического контакта поверхностей. В режиме граничной смазки ПКВ работают при запуске ДВС, когда в системе смазки отсутствует давление и моторное масло не поступает к парам трения или создаются настолько неблагоприятные условия работы ДВС (очень высокая нагрузка, повышенная температура моторного масла, пониженная вязкость моторного масла, недостаточное давление в системе смазки), что происходит полное разрушение масляного клина и коленчатый вал имеет постоянный контакт с ПКВ.

При смешанном режиме смазки (II) участки поверхностей находятся в режиме гидродинамической и граничной смазки. Расстояние между поверхностями сравнимо с величиной их шероховатости. То есть ПКВ работают в режиме переходного смазочного процесса, когда происходит поочередная смена контактного взаимодействия и жидкостного трения. Переходный смазочный процесс при работе ДВС возникает в основном на неустановившихся режимах работы, то есть при резких изменениях нагрузки на ДВС и частоты вращения коленчатого вала, а также резком снижении давления в системе смазки и вязкости моторного масла.

При гидродинамическом режиме смазки (III) поверхности сопряжения полностью разделены слоем смазочного материала. Толщина слоя смазки (h) значительно больше величины шероховатости поверхностей (R_a). Износ поверхностей отсутствует. Гидродинамический режим смазки в ПКВ обычно характерен для установившихся режимов работы ДВС при выполнении следующих условий: нормальное давление, температура и вязкость моторного масла в системе смазки, частота вращения коленчатого вала и нагрузка на ДВС обеспечивают образование масляного клина.

4.3 Методика проведения испытаний по оценке влияния нагрузки ДВС на параметры смазочного процесса в ПКВ

В данной работе предполагается проведение оценки влияния нагрузки на ДВС при работе на параметры смазочного процесса в ПКВ. Параметры смазочного процесса, их физический смысл и оборудование, необходимое для их замера, рассматривалось ранее в лабораторной работе №5 методический указаний «Испытание автомобильных двигателей: техническая база испытаний».

Для проведения испытаний требуется следующая материально-техническая база:

- 1) испытательный моторный стенд с установленным на нем ДВС и оборудованный системами измерения параметров работы ДВС;
- 2) АСОСП для определения параметров смазочного процесса;
- 3) приборы для определения параметров окружающей среды (барометр для определения атмосферного давления, термометр для определения температуры окружающего воздуха).

При проведении испытаний необходимо выполнение следующих условий:

- 1) частота вращения коленчатого вала переменная (исходя из задания по лабораторной работе);
- 2) постоянный нормальный рабочий тепловой режим ДВС;
- 3) нагрузка на ДВС переменная и регулируется путем изменения положения дроссельной заслонки и регулировкой тормозного момента на тормозом устройстве.

Моторные испытания по оценке влияния нагрузки ДВС на параметры смазочного процесса в ПКВ необходимо проводить в следующей последовательности:

- 1) проверить готовность ДВС к пуску и работоспособность измерительного оборудования;
- 2) запустить и прогреть ДВС до рабочих температур охлаждающей жидкости $t_{о.жс} = (90 \pm 5) \text{ } ^\circ\text{C}$ и масла $t_{м} = (80 \pm 5) \text{ } ^\circ\text{C}$;
- 3) ввести ДВС в режим работы, соответствующий началу испытаний: частота

вращения – заданная, нагрузка на тормозном устройстве заданная, положение дроссельной заслонки – обеспечивающее получение заданной частоты вращения коленчатого вала;

4) выдержать ДВС на установленном режиме работы не менее 1 мин;

5) произвести запись показаний всех измерительных устройств в протокол испытаний (приложение Г);

6) несколько увеличить открытие дроссельной заслонки, установить заданную частоту вращения коленчатого вала, соответствующую следующей экспериментальной точке;

7) выдержать ДВС на установленном режиме работы не менее 1 мин;

8) произвести запись показаний всех измерительных устройств в протокол испытаний;

9) аналогично провести замеры параметров для всех экспериментальных точек для заданного уровня нагрузки;

10) увеличить нагрузку на ДВС регулировкой тормозного устройства стенда, установить частоту вращения коленчатого вала изменением положения дроссельной заслонки, соответствующую начальной экспериментальной точке (исходя из задания по лабораторной работе);

11) выдержать ДВС на установленном режиме работы не менее 1 мин и произвести запись показаний всех измерительных устройств в протокол испытаний;

12) аналогично провести замеры параметров для всех экспериментальных точек для установленного уровня нагрузки.

Аналогичным образом, постепенно увеличивая открытие дроссельной заслонки, снять все остальные экспериментальные точки для заданных частот вращения коленчатого вала для каждого нагрузочного режима. Во время проведения моторных испытаний следить за стабильностью теплового режима работы ДВС.

4.4 Задание по работе

1. На основании занесенных в протокол показаний измерительных приборов и устройств, произвести подсчет величин, характеризующих работу ДВС и смазочный процесс в ПКВ.

2. Построение графических зависимостей производится в следующей последовательности:

- строятся зависимости параметра $L_k = f_1(n)$ для каждого режима нагружения ДВС;

- строятся зависимости $N_e = f_2(n)$ для каждого режима нагружения ДВС;

- далее, исходя из номинально мощности испытываемого ДВС определяются уровни мощности, соответствующие от 10 % до 50 % с шагом в 10 %, по значениям которой определяется взаимопересечение кривых N_e и L_k по соответствующему уровню нагружения ДВС;

- исходя из полученных значений строятся зависимости $L_k = f_3(n)$ по уровню текущей мощности ДВС.

3. Провести анализ графиков текущей мощности N_e и параметра смазочного процесса L_k и сделать соответствующие выводы о влиянии нагружения ДВС на параметры смазочного процесса в ПКВ.

Полученные результаты заносятся в отчет (приложение Д), который должен содержать название, цель и задачи работы, заполненный протокол испытаний, графическое представление полученных результатов, их анализ и основные выводы по работе. Отчет оформляется в соответствии с СТО 02069024.101–2015 «РАБОТЫ СТУДЕНЧЕСКИЕ. Общие требования и правила оформления».

4.5 Контрольные вопросы

1. Вследствие каких процессов возникает сила трения при работе ДВС?
2. Что характеризует диаграмма Герси-Штрибека?

3. Какие виды протекания смазочного процесса существуют и при каких условиях они возникают??

4. По каким параметрам в данной работе проводится оценка смазочного процесса в ПКВ?

5. Для чего предназначена и каков принцип работы АСОСП?

6. Какая техническая база необходима для проведения оценки влияния нагружения ДВС на параметры смазочного процесса в ПКВ и какие условия должны соблюдаться?

7. В какой последовательности проводятся моторные испытания по оценке влияния нагружения ДВС на параметры смазочного процесса в ПКВ?

Заключение

В данных методических указаниях приведен комплекс лабораторных работ, предназначенный для более углубленного изучения дисциплины «Транспортная энергетика» и понимания на практике протекания процессов в ДВС автомобилей.

Рассмотрены основные положения протекания рабочих процессов в ДВС при влиянии различных эксплуатационных факторов – нагрузка на ДВС, сопротивление на впуске в ДВС, режим пуска ДВС, а также рассмотрены основы диагностирования технического состояния ЦПГ ДВС

При проведении испытаний используется испытательный моторный стенд, выполненный на базе обкаточно-тормозного стенда КИ-5543.

В тексте методических указаний приведена информация о рабочих процессах в ДВС на различных режимах, а также методики определения показателей работы ДВС на данных режимах.

После проведения эксплуатационных испытаний в соответствии с заданием по лабораторной работе студент должен оформить полученные результаты в виде отчета, который должен содержать название работы, цель работы, протоколы испытаний, расчетные формулы, полученные результаты испытаний, представленные в виде графических зависимостей, а также анализ данных зависимостей и обобщающие выводы по работе.

Причем анализ полученных результатов дается в развернутом виде – необходимо дать описание протекания рассматриваемого процесса, сопоставить полученные данные с известными теоретическими положениями или эмпирическими справочными данными, обобщить результаты исследований в виде лаконичных выводов по работе, подготовить ответы на вопросы, приводимые в методических указаниях к выполнению лабораторных работ.

Список использованных источников

1. ГОСТ 14846-81. Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний.- Взамен ГОСТ 14846-69 ; введ. 1981–06–24. – М. : Изд-во стандартов, 2003. – 43 с.
2. Луканин, В.Н. Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн. 1. Теория рабочих процессов: учебник для ВУЗов / В.Н. Луканин [и др.] ; под ред. В.Н. Луканина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2005. – 479 с.
3. Туревский, И.С. Теория двигателя: учеб. пособие / И.С. Туревский. – М.: Высш. шк., 2005. – 238 с.
4. Вырубов, Д.Н. Двигатели внутреннего сгорания: Конструирование и расчет на прочность поршневых и комбинированных двигателей: учебник для ВУЗов / Д.Н. Вырубов [и др.] ; под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1984. – 384 с.
5. Колчин, А.И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей: учеб. пособие для ВУЗов / А.И. Колчин, В.П. Демидов – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2002 – 496 с.: ил.
6. Райков, И. Я. Испытания двигателей внутреннего сгорания: учеб. для вузов / И. Я. Райков. - М. : Высш. шк., 1975. - 320 с. - Библиогр.: с. 315-317.
7. Дмитриевский, А.В. Автомобильные бензиновые двигатели / А.В. Дмитриевский. – М.: ООО «Издательство АСТ»: ООО «Издательство Астрель», 2005. – 127 с.
8. Авдонькин, Ф.Н. Изменение технического состояния автомобиля в процессе эксплуатации / Ф.Н. Авдонькин. – Изд. : Саратов: Саратовский Университет, 1973. - 192 с.
9. Центр новейших технологий [электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.cnt-moscow.ru> (дата обращения: 17.12.2017 г.).

Приложение А
(обязательное)

Таблица А.1 – Протокол проведения испытаний

Время прогрева, мин	$t_{ожс}, ^\circ\text{C}$	$t_m, ^\circ\text{C}$	$p_m, \text{МПа}$	$P_{эж}$	N	$G_{тв}, \text{л/час}$	$G_{вс}, \text{кг/час}$	$n, \text{мин}^{-1}$	CO	CH
0										
0,5										
1										
1,5										
2										
2,5										
3										
3,5										
.....										

П р и м е ч а н и е: Прогрев ДВС и замеры параметров работы ДВС проводятся до достижения охлаждающей жидкостью рабочей температуры $t_{ожс} = 90\text{ }^\circ\text{C}$

Приложение Б (обязательное)

Таблица Б.1 - Протокол проведения испытаний

Исходные данные:
 атмосферное давление $P_{атм} =$ _____ МПа
 температура окружающей среды $t_{ос} =$ _____ °С

Чистый воздушный фильтр			Загрязненный воздушный фильтр						
Угол погружения ножей реостата, °	$n, \text{ мин}^{-1}$	$G_m, \text{ л/час}$	$G_b, \text{ кг/час}$	$M_y, \text{ кгс}$	Угол погружения ножей реостата, °	$n, \text{ мин}^{-1}$	$G_m, \text{ л/час}$	$G_b, \text{ кг/час}$	$M_y, \text{ кгс}$
10	4000				10	4000			
20					20				
30					30				
40					40				
50					50				

Приложение В
(обязательное)

Таблица В.1 – Протокол проведения испытаний

Исходные данные:
атмосферное давление $P_{atm} =$ _____ МПа
температура окружающей среды $t_{oc} =$ _____ °С

№ замера	ДМ 02-050-1М				МТ10КМ Плюс				АГЦ-2			
	№ цилиндра				№ цилиндра				№ цилиндра			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1												
2												
3												
Ср. значение												

Приложение Г

(обязательное)

Таблица Г.1 – Протокол проведения испытаний

Исходные данные:

атмосферное давление $P_{ат} = \underline{\hspace{2cm}}$ МПа

температура окружающей среды $t_{ос} = \underline{\hspace{2cm}}$ °С

<i>Угол погружения ножей реостата, °</i>	$\alpha_{др}, \%$	$n, \text{мин}^{-1}$	$M_y, \text{кгс}$	$P_{ж}$	N
10	20				
	40				
	60				
	80				
	100				
20	20				
	40				
	60				
	80				
	100				
30	20				
	40				
	60				
	80				
	100				
40	20				
	40				
	60				
	80				
	100				
50	20				
	40				
	60				
	80				
	100				

Приложение Д

(обязательное)

Пример выполнения отчета по лабораторным работам

Лабораторная работа №___

«_____»

Цели и задачи: _____

Оборудование

Замеряемый параметр	Используемое устройство
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Порядок проведения испытания

Протокол испытаний

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Таблица расчета замеряемых параметров

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Построение графиков:

Рисунок - _____

Выводы по работе: _____

Студент _____

Преподаватель _____