



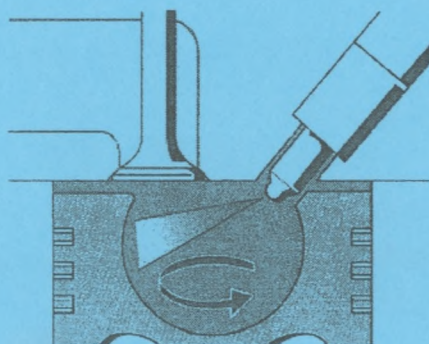
Министерство образования
Республики Беларусь

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Двигатели внутреннего сгорания»

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

*Методические указания
к контрольной и лабораторным работам*



Минск 2005

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра “Двигатели внутреннего сгорания”

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Методические указания
к контрольной и лабораторным работам
по дисциплине “Автомобильные двигатели”
для студентов специальностей 1 – 37 01 06 “Техническая
эксплуатация автомобилей” и 1 – 37 01 07 “Автосервис”
заочной формы обучения

М и н с к 2 0 0 5

Настоящее издание включает в себя указания по выполнению контрольной работы и лабораторные работы по курсу “Автомобильные двигатели” для студентов специальностей “Техническая эксплуатация автомобилей” и “Автосервис”. Приводятся общие положения по организации проведения лабораторных работ и требования к содержанию и оформлению отчета. Дается описание оборудования и приборов для проведения стендовых испытаний двигателей. В каждой работе приводятся основные понятия из теории изучаемого вопроса, рассматривается методика проведения испытаний.

Составители:

Г.М. Кухаренок, И.К. Русецкий

Рецензенты:

Л.А. Молибошко, Н.С. Янкевич

Предисловие

Методические указания предназначены для студентов специальностей 1 – 37 01 06 “Техническая эксплуатация автомобилей” и 1 – 37 01 07 “Автосервис”.

Основной целью контрольной и лабораторных работ является усвоение и закрепление знаний по отдельным разделам курса, а также получение практических навыков по расчету рабочего цикла, организации и проведению испытаний двигателей и их регулировкам.

В процессе выполнения контрольной работы студенты изучают основные процессы рабочего цикла двигателей, их показатели и методы расчета.

При выполнении лабораторных работ они знакомятся с оборудованием стендов для испытаний двигателей и их топливной аппаратуры, с методикой проведения и правилами обработки результатов испытаний; изучают конструкцию и регулировки топливной аппаратуры и основных механизмов двигателей; составляют технические отчеты по результатам работ.

Одной из наиболее трудных задач лабораторных работ является анализ результатов испытаний, заключающийся в умении объяснить полученные опытные зависимости и особенности конструкции изучаемых агрегатов и механизмов.

По содержанию методические указания являются пособием по подготовке, выполнению и анализу результатов контрольной и лабораторных работ.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

При изучении курса “Автомобильные двигатели” студенты выполняют контрольную работу по расчету рабочего цикла двигателя. Задание по контрольной работе каждому студенту выдается кафедрой.

Расчет рабочего цикла является начальным этапом выполнения курсовой работы. Этот расчет выполняется в осеннем семестре, и после его проверки преподавателем студенты могут приступить к выполнению курсовой работы.

Для выполнения теплового расчета могут быть использованы методические указания кафедры [3,6] или другие пособия по курсу “Автомобильные двигатели” [1,4].

Студентам, у которых заданием предусмотрен расчет двухтактных двигателей или двигателей с наддувом, после выбора параметров окружающей среды p_0 , T_0 необходимо задаться значением давления наддува p_K и определить температуру после компрессора

$$T_K = T_0 \left(\frac{p_K}{p_0} \right)^{\frac{m-1}{m}},$$

где m — показатель политропы сжатия в компрессоре.

Величины p_K и T_K являются исходными для проведения последующего расчета. При тепловом расчете определяются параметры в характерных точках индикаторной диаграммы, индикаторные и эффективные показатели рабочего цикла проектируемого двигателя, а также его основные размеры. По результатам расчета строится индикаторная диаграмма.

Все обозначения в расчетах должны быть стандартными. Решение необходимо снабжать краткими пояснениями. Диаграммы выполняются карандашом на миллиметровой бумаге.

В результате выполнения работы студенты должны изучить значения и методы расчета основных показателей рабочего цикла, уметь давать оценку получаемых величин.

Контрольная работа сдается вместе с лабораторными работами при проведении собеседования.

2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Правила выполнения работ

Перед началом лабораторных работ студенты проходят обязательный инструктаж по технике безопасности. Инструктаж проводится преподавателем на первом занятии в каждой лаборатории и регистрируется в специальном журнале. Студенты, не прошедшие

инструктаж по технике безопасности, к работе в лаборатории не допускаются.

Каждая лабораторная работа рассчитана на два академических часа и включает:

- а) проверку самостоятельной подготовки студентов к работе;
- б) изложение преподавателем целей и содержания работы;
- в) выполнение работы;
- г) обработку результатов работы с оформлением протокола испытаний и построением схем и графиков;
- д) сдача оформленной работы.

К каждой лабораторной работе студенты должны предварительно самостоятельно изучить по настоящим методическим указаниям основные положения, описание и методику выполнения работы, приборы и оборудование необходимые для её проведения, а также подготовить протоколы (таблицы) для регистрации результатов работы.

До начала проведения очередной работы преподавателем проводится индивидуальный опрос студентов в объеме материала, изложенного в «Методических указаниях». Студенты, не прошедшие проверку, могут быть не допущены к выполнению работы и обязаны пройти проверку знаний.

Для выполнения работ студенты делятся на отдельные подгруппы и распределяются по рабочим местам.

В процессе выполнения работ студенты проводят необходимые измерения с записью результатов в протоколе (таблицах), изучают ход проведения работы и закрепляют теоретические знания.

Результаты выполненной работы представляются преподавателю для проверки.

Каждый студент оформляет отчет по лабораторной работе.

Содержание отчета по лабораторной работе

На титульном листе отчета указывается:

1. Наименование учебного заведения и кафедры, на которой выполняется лабораторная работа.
2. Номер учебной группы.
3. Название лабораторной работы.
4. Наименование курса (дисциплины), по которому выполняется работа.

5. Фамилии и инициалы исполнителя (студента) и руководителя (преподавателя).

На следующих страницах указываются:

1. Цель работы и краткая методика ее выполнения.
2. Расчетные формулы.
3. Протокол испытаний. По лабораторным работам № 2-4 протокол оформляется по форме № 1, по работе № 5 по форме № 2 (см. прил. 1).

4. Необходимые схемы и диаграммы.

Диаграммы строят на миллиметровой бумаге формата А4 (размером 210 x 297 мм.) с выполнением поля, рамки, штампа и заголовка диаграммы. Требования к выполнению диаграмм изложены в Р50-77-88 "Правила выполнения диаграмм". На осях координат надо наносить равномерные масштабные шкалы и обозначать размерность для каждого параметра. Если на графике нанесено несколько кривых, каждая из них должна быть обозначена условным индексом. Экспериментальные точки на графиках, полученные в результате непосредственного измерения, необходимо выделять. По полученным данным в результате опытов строятся кривые с соблюдением правил графического осреднения экспериментальных данных. При подсчете производных величин в соответствующие формулы подставляются значения величин, взятых по координатам точек, лежащих на скорректированных кривых.

Образец выполнения рамки характеристики дан в прил. 2. Примеры оформления диаграмм и схем приведены в методических указаниях по лабораторным работам.

5. Анализ результатов, вывод и заключение по работе.

6. Перечень использованных источников.

Более подробно требования по содержанию и оформлению отчета по лабораторной работе изложены в Стандарте предприятия СТП 10-02.01-87.

Методика стендовых испытаний двигателей и обработка результатов

Условия и порядок проведения испытаний

Стендовые испытания двигателей делятся на контрольные, приемочные и испытания по определению характеристик двигателя, которые служат для оценки показателей его работы.

Характеристикой двигателя называется графически выраженная зависимость одного или нескольких показателей работы от другого показателя при некоторых неизменных условиях. Название и вид характеристики определяется независимым переменным или аргументом.

Объем и порядок испытаний автомобильных двигателей определяется ГОСТ 14846-81 «Двигатели автомобильные, методы стендовых испытаний».

В соответствии с указанным стандартом должны выполняться следующие общие условия проведения стендовых испытаний:

1. Перед началом испытаний двигатель жидкостного охлаждения должен быть прогрет до температуры охлаждающей жидкости и масла, указанной предприятием-изготовителем. При отсутствии таких указаний температура жидкости на выходе из двигателя должна поддерживаться от $+80^{\circ}$ до $+90^{\circ}\text{C}$, а температура масла в картере – от $+85^{\circ}$ до $+95^{\circ}\text{C}$.

2. Показатели двигателя должны определяться при установившемся режиме работы, при котором крутящий момент, частота вращения, температура воды и масла стабилизировались.

3. На каждой характеристике количество точек замера должно быть достаточным (не менее шести) для выявления формы и характера кривой изменения параметра в исследуемом диапазоне.

В процессе испытаний необходимо строить контрольный график, который позволяет контролировать точность проведения экспериментов.

Обработка результатов испытаний

После снятия характеристик проводятся расчеты по определению показателей двигателей, которые заносятся в протокол. Расчеты ведутся по следующим формулам:

1. Эффективный крутящий момент двигателя, $H \cdot м$:

$$M_e = P \cdot l,$$

где P – показания весового механизма тормоза, H ;

l – плечо тормоза, $м$, (для большинства существующих конструкций $l = 0,7162 м$).

Эффективная мощность двигателя, $кВт$:

$$N_e = M_e \cdot n / 9550,$$

где n – частота вращения коленчатого вала, $мин^{-1}$.

Часовой расход топлива при массовом способе измерения, $кг/ч$:

$$G_t = 3,6 \cdot G_0 / t,$$

где G_0 – расход топлива за опыт, $г$;

t – время замера, $с$.

4. Удельный эффективный расход топлива, $г/кВт \cdot ч$:

$$g_e = 1000 G_t / N_e.$$

Все подсчеты при обработке результатов испытаний должны проводиться с точностью до трех значащих цифр.

Приведение параметров двигателей к стандартным атмосферным условиям

Величины расхода топлива, мощности и крутящего момента двигателей зависят от атмосферных условий, при которых проводились испытания. Так, при увеличении температуры и уменьшении давления окружающей среды уменьшается плотность, а следовательно, и масса заряда, поступающего в цилиндр. Это приводит к снижению мощности двигателя. Кроме того, атмосферные условия (давление, температура и влажность) влияют на протекание рабочего цикла двигателя. Поэтому для сравнения результатов испытаний

двигателей, полученных в разных атмосферных условиях, их показатели на определенных режимах приводят к стандартным атмосферным условиям.

За стандартные атмосферные условия принимают: барометрическое давление 100 кПа, температуру воздуха + 25°C, относительную влажность воздуха – 50 %.

При выполнении лабораторных работ к стандартным условиям приводятся значения мощности (крутящего момента) двигателей на следующих режимах работы:

для двигателей с искровым зажиганием – при полном открытии дросселя;

для дизелей – при работе на номинальном скоростном режиме при полной подаче топлива.

Это приведение осуществляют путем умножения мощности (крутящего момента) на поправочный коэффициент K_N .

Величина коэффициента приведения для двигателей с искровым зажиганием определяется соотношением

$$K_N = (100/B_0)(T/298)^{0,5}.$$

Для дизелей без наддува

$$K_N = (100/B_0)^{0,65} (T/298)^{0,5},$$

где B_0 – атмосферное давление, кПа;

T – абсолютная температура воздуха на впуске, К.

Поправочный коэффициент используют в пределах 0,96 – 1,06. Если по расчетам величина K_N больше 1,06 или меньше 0,96, то он также может быть использован, но значения этого коэффициента, давления и температуры всасываемого воздуха должны быть указаны в протоколе испытаний.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Лабораторная работа № 1

ОБОРУДОВАНИЕ И ПРИБОРЫ ДЛЯ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Цель работы: ознакомление с устройством и работой стендов, оборудования и приборов, применяемых при испытаниях двигателей.

В стационарных условиях двигатели внутреннего сгорания испытывают в отведенных для этой цели и соответствующим образом оборудованных помещениях (боксах) на специальных установках – стендах (рис 1.1).

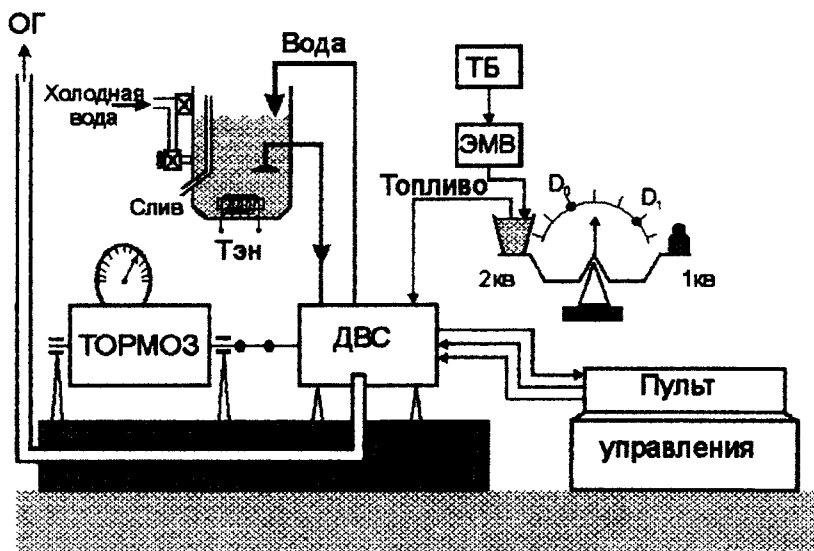


Рис. 1.1. Схема стенда для испытания двигателя внутреннего сгорания:

ТБ – топливный бак; ЭМВ – электромагнитный вентиль;

1 кв, 2 кв – концевые выключатели; D₁ и D₀ – датчики начала и конца измерения (времени); ОГ – отработанные газы; ТЭН – тручатый электронагреватель

Стенд для испытаний должен иметь следующие основные агрегаты:

- а) устройство для установки и закрепления двигателя;
- б) тормозную установку;
- в) устройство для соединения двигателя с тормозом;
- г) устройство, обеспечивающее охлаждение двигателя;
- д) устройство для отвода отработанных и картерных газов за пределы бокса;
- е) устройство для питания двигателя топливом;
- ж) органы управления двигателем;
- з) пульт управления двигателем и приборы для проведения измерений.

Основные особенности стендового оборудования для испытания двигателей

Устройство для установки и крепления двигателя

Двигатель устанавливается на массивном бетонном фундаменте, изолированном от стен здания и пола. Крепление осуществляется с помощью специального универсального устройства, состоящего из плит на фундаменте и четырех стоек с регулируемыми по высоте лапами. Пазы в плитах и стойках позволяют закреплять последние в любом месте плиты, благодаря чему легко обеспечивается возможность установки на стенде двигателей с различными расстояниями между их точками крепления.

Тормозные устройства

Эффективная мощность (мощность, снимаемая с маховика), развиваемая двигателем, поглощается тормозной установкой. При испытании автотракторных двигателей наибольшее распространение получили стенды с гидравлическими и электрическими тормозными установками.

По особенностям конструкции гидравлические тормоза разделяют на дисковые, штифтовые и лопастные.

На рис. 1.2 представлена схема дискового тормоза. Описываемый тормоз состоит из закрытого литого чугунного корпуса 1,

внутри которого помещен ротор 2 (вал с диском). Вал ротора соединяется с валом двигателя и приводится им во вращение. Корпус подвешен на подшипниках 3 в неподвижных стойках 4 и имеет возможность качаться. В свою очередь, вал ротора вращается на шариковых подшипниках 5, расположенных в корпусе.

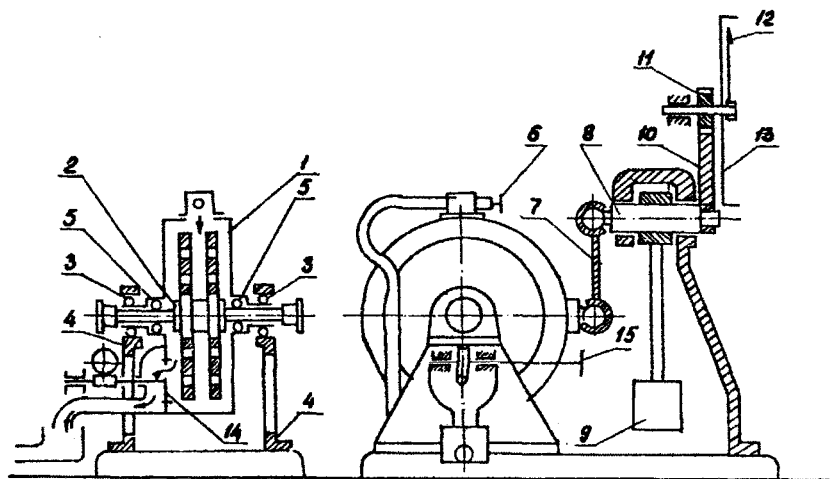


Рис. 1.2. Схема дискового гидротормоза

В корпус через специальные каналы и кран 6 подается вода. Развиваемая двигателем мощность поглощается силами сопротивления, возникающими при вращении ротора в воде и противодействующими этому вращению. Этот процесс происходит с выделением теплоты, которая отводится проходящей через тормоз водой. Для повышения эффективности торможения диски ротора выполнены со сквозными отверстиями, а внутри поверхность корпуса – волнисто-шероховатой. Вследствие этого силы сопротивления создают реакции, действующие на корпус и стремящиеся повернуть его в сторону, совпадающую с направлением вращения ротора. Развиваемый реактивный момент передается через корпус 1 на тягу 7, эксцентриковый валик 8. Уравновешивание момента производится

поворотом маятника 9 на угол, пропорциональный величине реактивного момента.

С эксцентриковым валиком 8 соединен зубчатый сектор 10, который через шестеренку 11 передает качания корпуса стрелке 12. Измерение величины реактивного момента производится по градуированной шкале 13.

На установившемся режиме реактивный момент статора тормоза равен крутящему моменту испытуемого двигателя.

Установки, у которых крутящий момент на валу двигателя определяется по реактивному моменту, называются балансирными.

Тормозной момент зависит от реальной ширины кольцевого слоя воды, который образуется при вращении дисков ротора. С изменением радиальной ширины кольца воды изменяется и поверхность соприкосновения с водой дисков ротора и корпуса.

Ширина кольцевого слоя воды может регулироваться двумя путями:

а) изменением положения сливного отверстия в заслонке 14. При вращении заслонки маховичком 15 окно ее перемещается от наиболее удаленной от оси тормоза точки к наиболее близкой. При этом необходимо поддерживать постоянную подачу воды в корпус;

б) изменением количества подаваемой воды при зафиксированном положении сливного отверстия в заслонке 14.

Гидравлические тормоза просты по устройству, дешевы в изготовлении, удобны в эксплуатации, обладают высокой энергоемкостью и бесшумны в работе.

Однако следует отметить и недостатки, а именно: невозможность использовать энергию, вырабатываемую двигателем; для проворачивания коленчатого вала при запуске двигателя необходимо иметь посторонний источник энергии. На тормозной установке, оборудованной гидротормозом, невозможно производить холодную обкатку двигателя. Большая инерционность гидротормозов является серьезным препятствием для введения автоматического регулирования нагрузки.

Электрические тормоза представляют собой электрические машины, способные работать как в режиме генератора, так и в режиме мотора. Эффективная мощность испытуемого двигателя в данном случае трансформируется в электрическую. Для торможения двигателей используют машины переменного или постоянного тока. Корпус (статор) машины имеет балансирную подвеску. Наряду с

балансирной машиной в их комплект входят весовое устройство, станция управления, комплект нагрузочных реостатов и пульт управления.

Тормоза постоянного тока отличаются плавностью и широкими пределами регулирования скоростных и нагрузочных режимов. Поэтому они получили широкое применение при испытаниях двигателей.

На рис. 1.3 показана схема электрической балансирной машины. Статор 1 электрической машины опирается на подшипники 2 в стойках 3. Ротор 4 имеет свои две опоры в виде подшипников 5, установленных в статоре. Ротор соединяется с коленчатым валом испытуемого двигателя. Статор и ротор, имея общую ось вращения, могут совершать угловые перемещения независимо друг от друга.

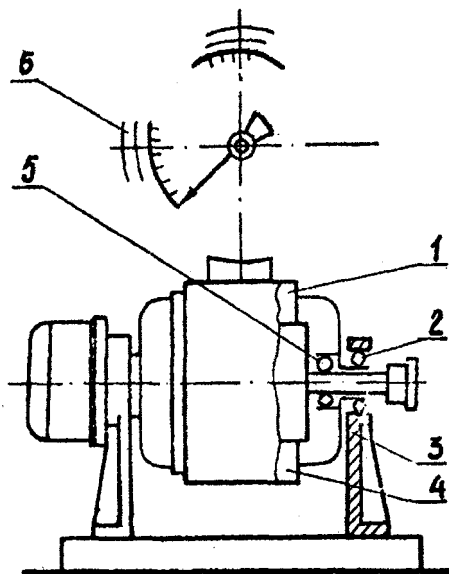


Рис. 1.3. Схема электротормоза

Весовой механизм имеет устройство, аналогичное рассмотренному при описании гидротормоза. Работа электрических тормозов основана на силах взаимодействия магнитных полей ротора и статора при их взаимном перемещении. Величина этих сил регулируется

ется с помощью переменных сопротивлений, включенных в цепь якоря и обмотку возбуждения статора. Подбирая величину сопротивления, регулируют частоту вращения ротора (режим мотора) или нагрузку (режим генератора).

Тормозное устройство должно обеспечивать точность измерения крутящего момента $\pm 0,5 \%$.

Охлаждение двигателя

Для охлаждения двигателя используется водопроводная вода, которой заполняется специальный бак постоянного напора. Из бака вода поступает в теплообменник, расположенный в непосредственной близости от двигателя и заменяющий радиатор системы охлаждения (рис. 1.1). Выходящая из двигателя вода, поступает в верхнюю часть теплообменника, перемещается в его нижнюю часть, откуда забирается водяным насосом и нагнетается в водяную рубашку двигателя. Нужный перепад температур на выходе из двигателя и на входе в его систему охлаждения обеспечивается путем добавления воды из бака постоянного напора и одновременного слива в канализацию соответствующего количества наиболее нагретой воды (через верхний патрубок теплообменника).

Измерение частоты вращения коленчатого вала

Частоту вращения измеряют приборами двух типов: суммарными счетчиками, фиксирующими количество оборотов за определенный промежуток времени, и тахометрами, которые дают текущее значение частоты вращения.

В современных испытательных стендах дистанционное измерение частоты вращения осуществляется с помощью фотометрических импульсных тахометров ЦАТ – 2 М и электронных тахометров 7 ТЭ. Основными элементами тахометров являются преобразователь и измеритель. Первый служит для преобразования частоты вращения коленчатого вала в электрические импульсы, второй – для измерения частоты этих импульсов.

Схема тахометра 7 ТЭ приведена на рис. 1.4. На валу двигателя устанавливается зубчатая деталь, вращающаяся с частотой вращения вала. Деталь выполнена из ферромагнитного материала. Преоб-

разователь обеспечивает бесконтактное преобразование частоты вращения зубчатой детали в последовательность импульсов. Эти импульсы подаются на вход измерителя, который регистрирует на цифровом указателе частоту вращения вала двигателя (n , мин⁻¹).

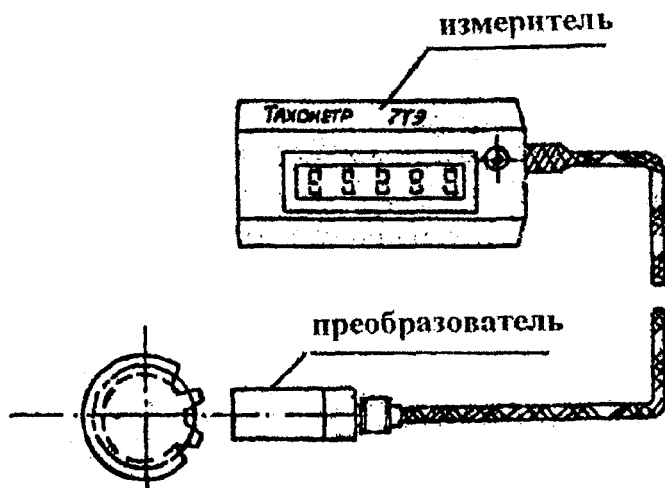


Рис. 1.4. Схема тахометра 7 ТЭ

В тахометре ЦАТ-2М применяется фотоэлектрический датчик-преобразователь.

При испытаниях точность измерения частоты вращения должна составлять $\pm 0,5 \%$.

Измерение расхода топлива

Величина часового расхода рассчитывается по результатам непосредственных измерений времени, за которое двигатель расходует определенную дозу топлива. Величину этой дозы выбирают такой, чтобы время замера было не менее 30 – 60 с.

Наиболее удобным способом измерения расхода топлива, применяемым для бензиновых двигателей и дизелей, является массовый способ (см. рис. 1.1). При применении этого способа достаточно просто осуществляется автоматизация процесса измерения.

Применяемые приборы и устройства должны обеспечивать точность измерения расхода топлива $\pm 0,5 \%$.

Приборы для измерения температуры

При испытании двигателей приходится измерять температуру воздуха, отработанных газов, охлаждающей жидкости и масла. Обычно измерение температур воздуха, жидкости и масла осуществляется с помощью термометров сопротивления. Действие этих термометров основано на свойствах некоторых проводников электричества изменять свое сопротивление при нагреве. В качестве чувствительного элемента при изготовлении термометров сопротивления используют платиновую или медную проволоку. Платиновые термометры применяют для измерения температур в пределах -200 до $+500^{\circ}\text{C}$; медные – от 50 до $+150^{\circ}\text{C}$.

Для измерения температуры отработанных газов применяют термоэлектрические термометры (пирометры).

Они основаны на использовании термоэлектрического эффекта, возникающего при нагреве места спая двух проводников из неоднородных металлов или сплавов (такую пару разнородных проводников называют термопарой). На рис. 1.5 представлена схема термоэлектрического термометра.

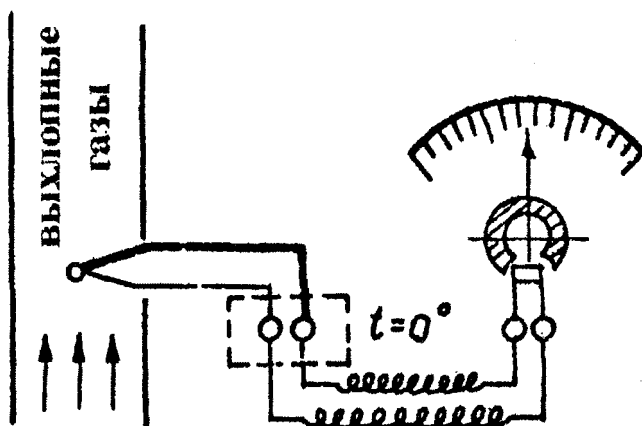


Рис. 1.5. Схема термоэлектрического термометра

При нагревании горячего спая (точка соединения двух проводников, находящихся при температуре измеряемой среды) в проводниках возникает электродвижущая сила, величина которой зависит от разности температур горячего спая и свободных концов термопары. В качестве проводников для измерения температуры отработавших газов используют хромель-алюмель (предел измерения до 1000°C) и хромель-копель (до 500°C).

При испытаниях должна быть обеспечена точность измерения температуры воздуха $\pm 5^\circ\text{C}$; температуры охлаждающей жидкости и масла $\pm 1^\circ\text{C}$; температуры отработавших газов $\pm 20^\circ\text{C}$.

Контрольные вопросы

1. Какие установки и приборы применяются для испытания двигателей?
2. Расскажите об устройстве и принципе действия гидравлического и электрического тормозов.
3. Какими преимуществами и недостатками обладают гидравлические тормоза по сравнению с электрическими тормозами?
4. Какие способы измерения расхода топлива применяются при испытаниях двигателей?
5. Какие термометры применяются для измерения температур воздуха, охлаждающей жидкости и отработанных газов?
6. Какую точность измерения должны обеспечивать приборы и устройства, применяемые при испытаниях двигателей?

Лабораторная работа № 2

СКОРОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Цель работы: изучение методики и получение практических навыков по снятию скоростной характеристики двигателя.

Скоростные характеристики служат для оценки экономических и энергетических показателей работы двигателя при различных частотах вращения. Эти показатели определяют тяговые, динамические и другие эксплуатационные качества автомобилей.

Скоростная характеристика бензиновых двигателя

Скоростной характеристикой бензинового двигателя называется зависимость мощности N_e , крутящего момента M_e , часового G_T и удельного g_e расхода топлива, а также других показателей работы двигателя от частоты вращения коленчатого вала при постоянном угле открытия дроссельной заслонки.

Различают скоростную характеристику при полностью открытой дроссельной заслонке, которая называется внешней характеристикой, и скоростные частичные характеристики, определяемые при промежуточных, но постоянных положениях дросселя.

Скоростные характеристики снимают в диапазоне от минимально устойчивой частоты вращения коленчатого вала ($n_{\min}$) до частоты вращения на 10 % превышающей номинальную ($1,1 n_{\text{ном}}$).

При определении скоростной характеристики должны быть выявлены точки, соответствующие минимальной рабочей частоте вращения ($n_{\min}$), номинальной частоте вращения ($n_{\text{ном}}$), частоте вращения при максимальном крутящем моменте ($n_{M_{e \max}}$) и минимальном удельном расходе ($n_{g_{e \min}}$).

Рассмотрим характер протекания кривых скоростной характеристики, приведенной на рисунке 2.1.

С увеличением частоты вращения выше $n_{\min}$ крутящий момент двигателя возрастает и достигает максимальных значений при частоте $n_{M_{e \max}}$. Причиной этого увеличения M_e является улучшение процесса смесеобразования и снижение относительных потерь теплоты от газов в стенки в течение рабочего цикла. При дальнейшем увеличении частоты вращения M_e уменьшается, что связано главным образом со значительным увеличением механических потерь (снижением механического КПД η_M).

Эффективная мощность, пропорциональная произведению $M_e \cdot n$, достигает своего максимума при более высокой частоте вращения ($n_{\text{ном}}$), чем крутящий момент.

Для автомобильных двигателей значение

$$n_{M_{e \max}} = (0,5 \dots 0,6) n_{\text{ном}}.$$

При неизменном положении дроссельной заслонки с ростом частоты вращения скорость потока воздуха в диффузоре карбюратора уве-

личивается, и соответственно растет часовой расход топлива (G_T). Некоторое замедление роста G_T при большой частоте вращения связано с уменьшением коэффициента наполнения.

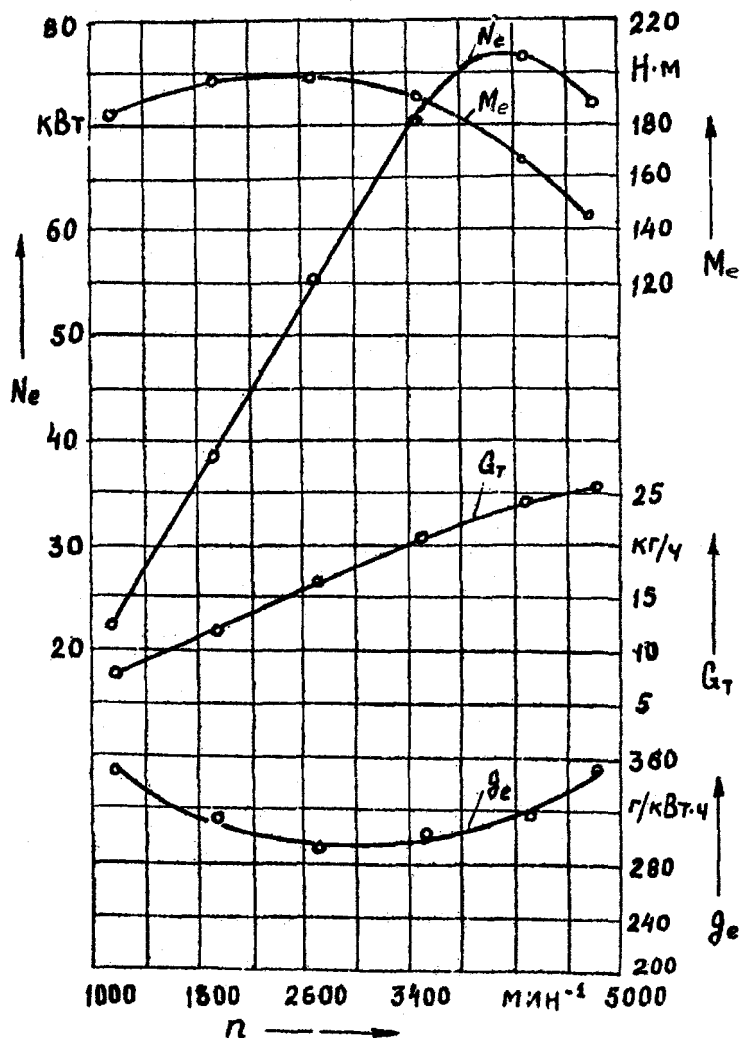


Рис. 2.1. Скоростная характеристика бензинового двигателя

Обычно минимальная величина удельного расхода топлива g_e по скоростной внешней характеристике наблюдается в зоне средних частот вращения. Увеличение g_e с уменьшением частоты вращения объясняется, в основном, возрастанием тепловых потерь и ухудшением процесса смесеобразования. С увеличением частоты вращения g_e возрастает из-за увеличения механических потерь и соответствующего снижения η_M .

Важным оценочным параметром двигателя является запас крутящегося момента

$$\mu = \frac{M_{e\max} - M_{eN\max}}{M_{eN_{\max}}} \cdot 100\%,$$

где $M_{e\max}$ – максимальное значение крутящего момента двигателя по скоростной характеристике;

$M_{eN_{\max}}$ – значение крутящего момента, соответствующее максимальной мощности двигателя по скоростной характеристике.

Запас крутящего момента характеризует способность машин преодолевать кратковременные препятствия без перехода на понижающую передачу.

Порядок снятия скоростной характеристики

1. Перед проведением испытаний двигатель прогревают при малой нагрузке, затем устанавливают дроссельную заслонку в фиксированное (постоянное) положение, при котором решено снимать характеристику.

2. Первый опыт проводят при минимально устойчивой частоте вращения коленчатого вала. Это достигается увеличением нагрузки тормозом.

3. Второй опыт начинают с постепенного уменьшения нагрузки тормозом до тех пор, пока частота вращения не увеличится примерно на $100\text{--}200 \text{ мин}^{-1}$.

4. Третий и последующие опыты выполняют аналогичным образом, уменьшая нагрузку тормозом и увеличивая тем самым частоту вращения коленчатого вала каждый раз на одинаковую величину.

5. Для построения скоростной характеристики двигателя число скоростных режимов, при которых проводятся измерения, должно быть не менее 6-8, т.е. достаточным, чтобы выявить форму и характер кривых во всем диапазоне исследуемых режимов.

Скоростная внешняя характеристика дизеля

Скоростной внешней характеристикой дизеля называется зависимость мощности, крутящего момента, часового и удельного расходов топлива, а также других показателей работы двигателя от частоты вращения коленчатого вала при неизменном положении зубчатой рейки топливного насоса, соответствующем максимальной подаче топлива.

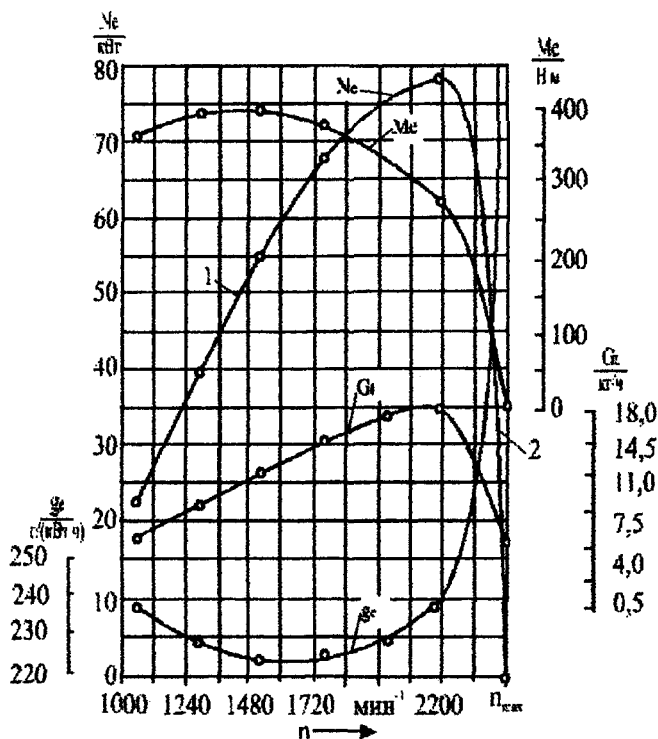


Рис. 2.2. Скоростная внешняя характеристика дизеля

На рис. 2.2 приведена скоростная внешняя характеристика дизеля с регуляторной ветвью. Кривая такой характеристики состоит из двух ветвей: участок 1, соответствующий режимам минимально устойчивой частоты вращения коленчатого вала ($n_{\min}$) до максимальной мощности (корректорная ветвь), и участок 2, соответствующий режимам максимальной мощности до максимальной частоты вращения холостого хода ($n_{\max}$) (регуляторная ветвь).

Порядок снятия скоростной внешней характеристики

1. Перед проведением испытаний двигатель прогревают при малой нагрузке, затем устанавливают рейку топливного насоса в положение, соответствующее максимальной подаче топлива.

2. Первый опыт проводят при максимальной частоте вращения холостого хода, т.е. без нагрузки.

3. Второй опыт проводится при нагрузке на тормозе равной 50 Нм, что приводит к уменьшению частоты вращения коленчатого вала двигателя.

4. Третий и последующие опыты выполняют аналогичным образом, увеличивая нагрузку тормозом и уменьшая тем самым частоту коленвала вплоть до $n_{\min}$.

5. Для построения скоростной внешней характеристики дизеля необходимо произвести измерения не менее чем на 8 режимах, чтобы выявить форму и характер кривых во всем диапазоне исследуемых режимов.

Контрольные вопросы

1. Что называется скоростной характеристикой двигателя?
2. Чем отличается скоростная внешняя характеристика от частичной?
3. Объясните характер изменения по скоростной характеристике следующих показателей рабочего процесса: N_e , g_e , G_T .
4. Что такое запас крутящего момента?
5. Каков порядок снятия скоростной характеристики на стенде?

Лабораторная работа №3

НАГРУЗОЧНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИЗЕЛЯ

Цель работы: изучение методики и получение практических навыков по снятию нагрузочной характеристики.

Показатели работы дизеля при изменении нагрузки и постоянной частоте вращения коленчатого вала определяют по нагрузочным характеристикам.

Нагрузочной характеристикой дизеля называют зависимость часового и удельного расходов топлива и других параметров рабочего процесса двигателя от нагрузки, т.е. от его мощности N_e или среднего эффективного давления p_e при постоянной частоте вращения коленчатого вала двигателя.

По нагрузочным характеристикам, снятым при разных частотах вращения, могут быть определены наивыгоднейшие режимы работы двигателя в эксплуатации, обеспечивающие получение минимального расхода топлива для каждой нагрузки.

Типовая нагрузочная характеристика представлена на рис.3.1. С увеличением нагрузки часовой расход топлива растет. Это связано с тем, что изменение нагрузки при постоянной частоте вращения достигается изменением количества топлива, подаваемого за цикл (перемещением рейки топливного насоса).

Характер изменения кривой удельного расхода топлива по нагрузочной характеристике объясняется тем, что этот расход определяется величиной, обратной произведению индикаторного КПД на механический ($\eta_i \cdot \eta_m$).

С ростом нагрузки механический КПД двигателя

$$\eta_m = 1 - \frac{N_m}{N_i}$$

увеличивается, так как при постоянной частоте вращения коленчатого вала абсолютная величина мощности, затрачиваемой на механические потери N_m , изменяется незначительно, а ее относительная величина по мере увеличения индикаторной мощности N_i снижается.

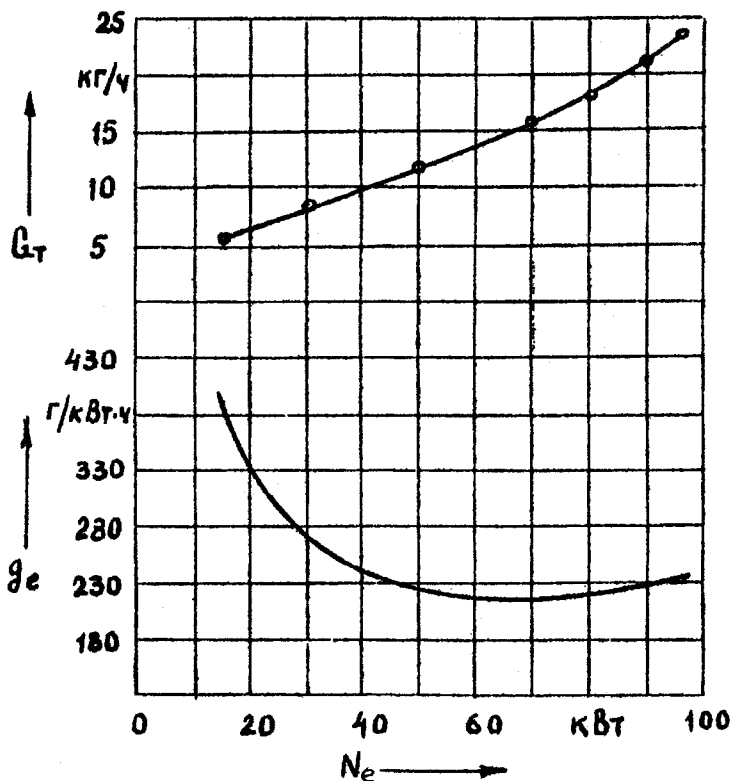


Рис. 3.1. Нагрузочная характеристика дизеля

Изменение индикаторного КПД в дизелях связано с изменением коэффициента избытка воздуха α . При увеличении нагрузки увеличивают подачу топлива, а наполнение цилиндра воздухом остается практически постоянным. В результате коэффициент избытка воздуха уменьшается от 6 единиц на режимах, близких к холостому ходу, до 1,4-1,8 на полной нагрузке. С уменьшением α снижается индикаторный КПД вследствие химической неполноты сгорания.

Очевидно, что при нагрузке, соответствующей максимальной величине произведения $\eta_i \cdot \eta_m$, удельный расход топлива будет иметь минимальные значения. При отклонении от этого режима как в сто-

рону меньших, так и в сторону больших нагрузок, удельный расход топлива увеличивается.

Увеличение g_e при переходе к режимам малых нагрузок определяется прогрессирующим уменьшением η_M при сравнительно небольшом возрастании η_i .

Увеличение удельного расхода в области больших нагрузок является следствием интенсивного снижения индикаторного КПД в то время, как рост механического КПД замедляется.

Порядок выполнения работы

1. Нагрузочная характеристика снимается при постоянной частоте вращения коленчатого вала ($n = \text{const}$) в диапазоне крайних положений рычага управления подачей топлива.

2. Первый опыт проводят при заданной частоте вращения на холостом ходу.

3. Во втором и последующих опытах увеличивают нагрузку на двигатель на 50-100 Н (по указанию преподавателя). Для поддержания заданной частоты вращения увеличивают подачу топлива.

4. Последний опыт проводят при крайнем положении органа управления подачей топлива, соответствующем максимальной подаче. Изменением нагрузки на тормозе поддерживают заданную частоту вращения. Число опытов должно быть 6 – 8.

Контрольные вопросы

1. Что называется нагрузочной характеристикой дизеля?

2. Каковы ориентировочные пределы изменения α у дизелей по нагрузке?

3. Какова методика снятия нагрузочной характеристики дизеля на стенде?

4. При каком условии отмечается минимальный удельный расход топлива?

5. Сравните величины минимального удельного расхода топлива дизеля и карбюраторного двигателя?

6. Почему при работе по нагрузочной характеристике часовой расход топлива увеличивается?

Лабораторная работа № 4

РЕГУЛИРОВОЧНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПО УГЛУ ОПЕРЕЖЕНИЯ ЗАЖИГАНИЯ

Цель работы: изучение методики и получение практических навыков по снятию регулировочной характеристики по углу опережения зажигания.

Закон изменения во времени давления в процессе сгорания определяет развиваемую двигателем мощность и экономичность. Для получения наибольшей мощности и наилучшей топливной экономичности необходимо стремиться к такой организации процесса сгорания, при которой основная фаза сгорания будет протекать вблизи верхней мертвой точки (ВМТ).

Скорость распространения пламени при нормальном сгорании бензовоздушных смесей составляет 40-60 м/с. При этом продолжительность основной фазы процесса сгорания получается равной 40-50° поворота коленчатого вала (ПКВ) ($n = 5000 \text{ мин}^{-1}$). Осуществить протекание основной фазы сгорания вблизи ВМТ возможно только при условии соответствующей установки момента зажигания.

Угол поворота коленчатого вала от момента искрового разряда в свече зажигания до ВМТ называется углом опережения зажигания. Этот угол обозначается θ .

С изменением режима работы двигателя (нагрузка, частота вращения) меняются условия сгорания и соответственно наивыгоднейший угол опережения зажигания.

С ростом скоростного режима работы двигателя и при уменьшении нагрузки (прикрытии дроссельной заслонки) наивыгоднейший угол опережения увеличивается. В эксплуатации изменение угла опережения зажигания с ростом скоростного режима двигателя осуществляется центробежным автоматом опережения зажигания, установленным в прерывателе-распределителе, а изменение угла с прикрытием дроссельной заслонки осуществляется вакуумным корректором опережения зажигания.

Величина наивыгоднейшего угла для различных режимов работы двигателя определяется путем снятия регулировочных характеристик по углу опережения зажигания. Эти характеристики опреде-

ляют зависимость мощности, экономичности и других показателей двигателя от угла опережения зажигания. Они снимаются при неизменном положении дроссельной заслонки и постоянной частоте вращения коленчатого вала.

На рис.4.1 приведена типичная характеристика по углу опережения зажигания. Кривая мощности имеет максимум при оптимальном угле опережения зажигания (θ_{opt}). При позднем зажигании сгорание значительной части смеси переносится на линию расширения. В результате увеличиваются потери в систему охлаждения и с отработанными газами, что ведет к уменьшению мощности и перегреву двигателя.

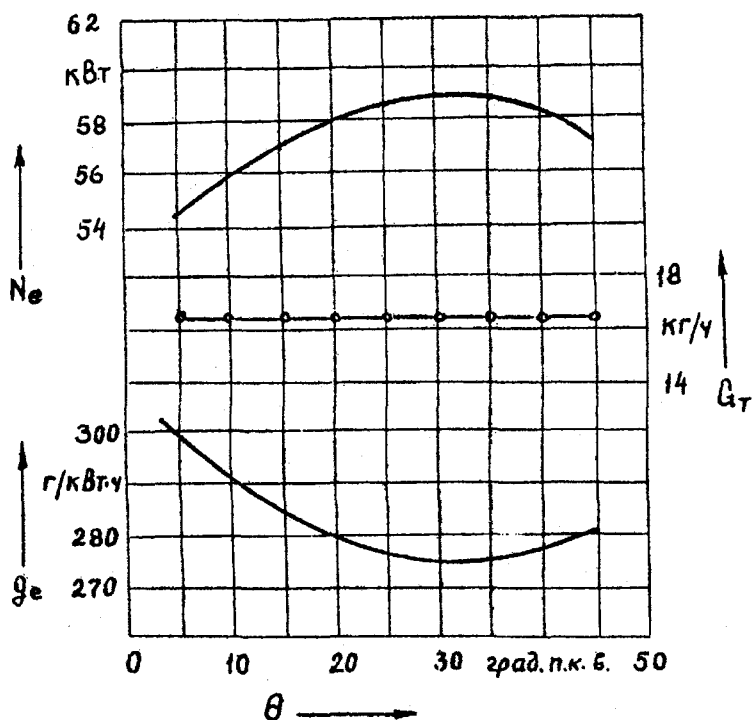


Рис. 4.1. Регулировочная характеристика по углу опережения зажигания

При раннем зажигании значительная доля теплоты выделяется до прихода поршня в ВМТ, что ведет к увеличению работы, затрачиваемой на сжатие газов. Кроме того, с увеличением опережения

зажигания растут максимальное давление и температура газов в цилиндре. Их увеличение ведет к повышению потерь теплоты в системе охлаждения и из-за диссоциации продуктов сгорания. Все это вместе с увеличением работы сжатия приводит к уменьшению мощности двигателя. Увеличение температуры при раннем зажигании может приводить к детонационному сгоранию.

Условия снятия характеристики – постоянные частота вращения и угол открытия дроссельной заслонки – обуславливают неизменное значение часового расхода топлива.

Поскольку часовой расход топлива остается постоянным, зависимость удельного расхода топлива от угла опережения зажигания носит характер, обратный зависимости $N = f(\theta)$. Таким образом, угол опережения зажигания, обеспечивающий получение максимальной мощности двигателя, обеспечивает и минимальный удельный расход. Этот угол называется наивыгоднейшим или оптимальным углом опережения зажигания.

Для определения значения угла опережения зажигания в стационарных условиях испытуемый двигатель оборудован устройством, схема которого приведена на рис. 4.2.

В эбонитовом диске, укрепленном на переднем носке коленчатого вала, установлена безынерционная неоновая лампа 1. В непосредственной близости от плоскости движения лампы на торце блока цилиндров установлен металлический градуированный диск 3. Диск изолирован от массы двигателя и включен в цепь напряжения первого цилиндра. При размыкании контактов прерывателя 2 в результате электрической индукции через лампу проходит ток, вызывая ее свечение. При быстром вращении коленчатого вала вспышки лампы часто следуют друг за другом, сливаясь в непрерывный светящийся поток. Этот световой поток указывает на диске 3 угловое положение относительно ВМТ коленчатого вала в момент начала зажигания смеси в первом цилиндре. В процессе снятия характеристики изменение угла опережения зажигания производится поворотом корпуса прерывателя-распределителя.

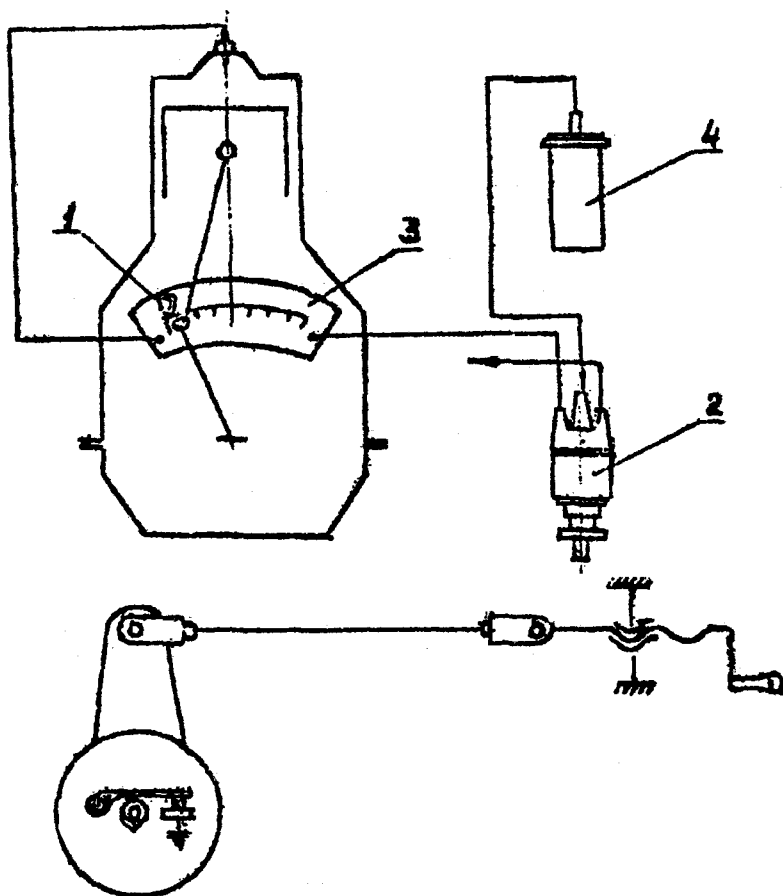


Рис. 4.2. Схема устройства для регулирования угла опережения зажигания

Порядок выполнения работы

1. Нанести на миллиметровую бумагу координаты дежурной кривой: по вертикальной оси отложить показания весового механизма, по горизонтальной – угол опережения зажигания.

2. После запуска двигателя вращением корпуса прерывателя-распределителя установить угол опережения зажигания $\theta = 0$ градусов и, загружая двигатель, установить заданную частоту вращения.

3. Увеличить угол опережения зажигания на 5 градусов и установить тормозом заданную частоту вращения.

4. При соответствующем увеличении угла опережения зажигания провести последующие опыты до тех пор, пока мощность двигателя не начнет уменьшаться. После получения $N_{e \max}$ желательно определить не менее двух точек. Возникновение различных на слух детонационных стуков двигателя следует отмечать в “Протоколе испытаний” и на графике дежурной кривой.

5. Вычислить значения N_e , M_e , G_T , g_e . Привести полученные значения N_e и M_e к стандартным атмосферным условиям.

6. Построить графики характеристики.

Контрольные вопросы

1. Какой угол опережения зажигания называется оптимальным?

2. Почему мощность двигателя уменьшается при отклонении угла опережения зажигания от оптимальной величины?

3. Объясните характер протекания зависимости $G_T = f(\theta)$.

4. Почему кривая изменения удельного расхода топлива носит характер обратный кривой изменения мощности?

5. Назовите внешние признаки работы двигателя, связанные со слишком ранним и поздним зажиганием.

6. Как влияет на величину угла опережения зажигания скоростной режим и нагрузка двигателя?

Лабораторная работа № 5

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА ДВИГАТЕЛЯ

Цель работы: изучение методики и приобретение практических навыков по определению теплового баланса двигателя.

В двигателях внутреннего сгорания на совершение эффективной работы расходуется 20-43 % теплоты, выделяющейся от сгорания топлива. Остальная часть теплоты расходуется на различные виды тепловых потерь.

Распределение теплоты, выделившейся от сгорания топлива, на отдельные составляющие характеризуется внешним тепловым балансом.

Внешний тепловой баланс и его составляющие позволяют судить о теплонапряженности деталей двигателя, рассчитать систему охлаждения, выяснить возможности использования теплоты отработанных газов, а также разработать рациональные средства, повышающие топливную экономичность двигателя и установки в целом.

Обычно тепловой баланс определяется экспериментально в зависимости от различных параметров, характеризующих условия эксплуатации (нагрузка, частота вращения, состав смеси и т.п.).

Величину каждого члена теплового баланса подсчитывают в кДж за один час работы двигателя или в процентах по отношению ко всему количеству подведенной теплоты.

Уравнение внешнего теплового баланса в абсолютных величинах имеет вид:

$$Q = Q_e + Q_{\text{охл}} + Q_{\text{г}} + Q_{\text{нс}} + Q_{\text{ост}}, \text{ кДж/ч}, \quad (1)$$

где Q – теплота, выделившаяся при сгорании в цилиндре топлива;

Q_e – теплота, превращенная в полезную работу;

$Q_{\text{охл}}$ – теплота, отведенная в систему охлаждения;

$Q_{\text{г}}$ – теплота, унесенная с отработанными газами;

$Q_{\text{нс}}$ – теплота, соответствующая неполноте сгорания;

$Q_{\text{ост}}$ – неучтенные потери (остаточный член).

Методика экспериментального определения теплового баланса заключается в определении составляющих уравнения (1).

Теплота, выделившаяся при сгорании топлива:

$$Q = H_U G_T, \text{ кДж/ч}, \quad (2)$$

где H_U – низшая теплота сгорания топлива, (величину H_U можно принять: для бензина равной 45000 кДж/кг, для дизтоплива – 42700 кДж/кг);

G_T – часовой расход топлива, кг/ч.

Количество теплоты, превращенной в эффективную работу двигателя за час:

$$Q_e = 3600 N_e, \text{ кДж/ч}, \quad (3)$$

где N_e – замеренная эффективная мощность, кВт.

Количество теплоты, отведенной в охлаждающую среду:

$$Q_{\text{охл}} = G_{\text{охл}}(T_{\text{вых}} - T_{\text{вх}}) C, \text{ кДж/ч}, \quad (4)$$

где $G_{\text{охл}}$ – расход охладителя через систему охлаждения двигателя, кДж/ч;

C – теплоемкость охладителя, кДж/(кг·К) (для воды $C = 4,18$);

$T_{\text{вх}}, T_{\text{вых}}$ – температура охлаждающей жидкости на входе в систему охлаждения и на выходе из нее, К.

Расход охладителя подсчитывается по первичному значению времени t расходования измеряемого количества охладителя $\Delta G_{\text{охл}}$ (кг):

$$G_{\text{охл}} = \Delta G_{\text{охл}} \frac{3600}{t}, \text{ кг/ч}. \quad (5)$$

Количество теплоты, унесенной с отработанными газами:

$$Q_{\text{г}} = (G_{\text{т}} + G_{\text{в}}) C_{\text{р}}(T_{\text{г}} - T_0), \text{ кДж/ч}, \quad (6)$$

где $G_{\text{т}}, G_{\text{в}}$ – часовой расход топлива и воздуха, кг/ч;

$C_{\text{р}}$ – изобарная теплоемкость отработанных газов, кДж/(кг · К) (для бензиновых двигателей – 1,17, для дизелей – 1,09);

$T_{\text{г}}, T_0$ – температуры отработанных газов и окружающей среды, °С.

Если стенд не оборудован устройством для замера расхода воздуха, то величину $G_{\text{в}}$ можно ориентировочно определить по формуле

$$G_{\text{в}} = (V_{\text{h}} / 1000)(n/2)\eta_{\text{v}} \cdot 60 \cdot \rho, \text{ кг/ч}, \quad (7)$$

где V_{h} – рабочий объем двигателя, л;

n – частота вращения, об/мин;

ρ – плотность воздуха, кг/м³ (ориентировочно можно принять 1,17).

Величину η_{v} находим по технической характеристике двигателя.

Потери теплоты вследствие химической неполноты сгорания топлива при $\alpha \geq 1$ обычно отдельно не подсчитывают и включают в остаточный член. Если испытания проводятся при $\alpha < 1$, то расчет ведут по уравнению:

$$Q_{\text{НС}} = [119600(1-\alpha)L_0] G_{\text{т}}, \text{ кДж/ч}, \quad (8)$$

где L_0 – теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива, кмоль/кг.

Остаточный член баланса включает неучтенные тепловые потери

$$Q_{\text{ост}} = Q - (Q_e + Q_{\text{охл}} + Q_{\text{г}} + Q_{\text{нс}}), \text{ кДж/ч.} \quad (9)$$

Наиболее распространено представление теплового баланса в процентах:

$$q = q_e + q_{\text{охл}} + q_{\text{г}} + q_{\text{нс}} + q_{\text{ост}} = 100 \%, \quad (10)$$

где $q_e = (Q_e/Q)100 \%$; $q_{\text{охл}} = (Q_{\text{охл}}/Q)100 \%$ и т.д.

Значения отдельных составляющих внешнего теплового баланса на номинальном режиме работы двигателей приведены в табл. 5.1.

Т а б л и ц а 5.1

Составляющие теплового баланса (в %)

Двигатели	q_e	$q_{\text{охл}}$	$q_{\text{г}}$	$q_{\text{нс}}$	$q_{\text{ост}}$
Бензиновые	21-29	12-27	30-55	0-45	3-8
Дизели:					
без наддува	29-42	20-35	25-40	0-5	2-7
с наддувом	35-45	10-25	25-45	0-5	2-7

Порядок выполнения работы

При выполнении лабораторной работы тепловой баланс определяется по скоростной или нагрузочной характеристике. Работа выполняется в порядке, определяемом типом характеристики. Дополнительно измеряется расход охладителя.

При определении теплового баланса особое внимание надо обращать на то, чтобы замеры производились при установившемся тепловом состоянии двигателя, о чем может свидетельствовать постоянство температуры охладителя.

Результаты замеров и расчетов по формулам (1-10) заносятся в “Протокол испытаний” двигателя (прил. 1 форма № 2).

По результатам работы строятся графики зависимости составляющих теплового баланса от частоты вращения коленчатого вала или от нагрузки (рис. 5.1).

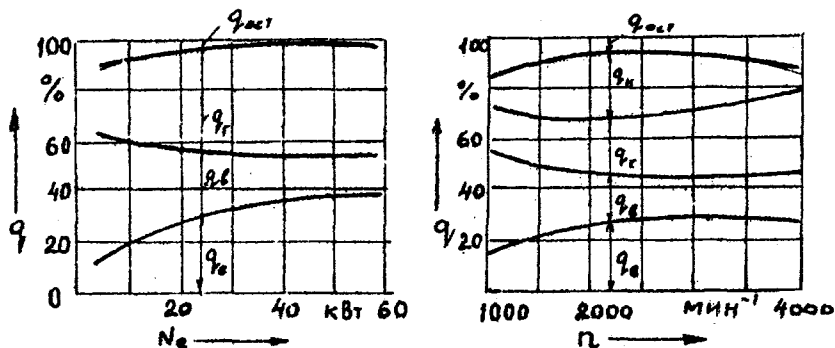


Рис. 5.1. Измерение составляющих теплового баланса

Контрольные вопросы

1. Что называют внешним тепловым балансом?
2. Какие потери теплоты включают основные составляющие теплового баланса?
3. Как определяются составляющие теплового баланса?
4. Чему равны значения составляющих теплового баланса в %?

Лабораторная работа № 6

КРИВОШИПНО-ШАТУННЫЙ МЕХАНИЗМ

Цель работы: изучение назначения и конструкции кривошипно-шатунного механизма.

Кривошипно-шатунный механизм является основным механизмом двигателей внутреннего сгорания.

Этот механизм воспринимает давление газов, образующихся при сгорании топлива в цилиндрах, и преобразует прямолинейное движение поршня во вращательное движение коленчатого вала. Кривошипно-шатунный механизм автотракторных двигателей состоит из неподвижных и подвижных элементов.

Цилиндры, головки цилиндров, картер и детали крепления являются элементами корпуса (остова) двигателя, т.е. составляют неподвижную часть кривошипно-шатунного механизма.

Поршень с поршневыми кольцами и поршневым пальцем, шатун, коленчатый вал, маховик составляют подвижную часть кривошипно-шатунного механизма.

Элементы кривошипно-шатунного механизма двигателя нагружены силами давления газов, силами инерции и воспринимают тепловую нагрузку.

По конструкции цилиндры современных двигателей можно разделить на две основные группы:

1. Цилиндры, выполненные раздельно один от другого и крепящиеся к картеру независимо друг от друга.

2. Цилиндры, выполненные в виде одной общей отливки, называемой блоком цилиндров.

Рабочая поверхность цилиндров может быть расточена непосредственно в блоке цилиндров или выполняется в виде отдельных деталей – вставных гильз.

В зависимости от способа установки в блоке гильзы цилиндров разделяются на мокрые и сухие.

Нижняя часть картера – поддон, прикрывающий снизу коленчатый вал с подшипниками, обычно является резервуаром для масла.

Поршень, поршневые кольца, поршневой палец и детали его крепления составляют поршковую группу. Поршень состоит из следующих основных элементов: боковых стенок и бобышек. Боковые стенки поршня можно условно разделить на две части: верхнюю (уплотняющую) и нижнюю (направляющую или юбку). Верхняя торцовая поверхность поршня называется днищем. Для изготовления поршней применяют алюминиевые сплавы, значительно реже чугуны.

Поршневые кольца делятся на компрессионные (уплотняющие) и маслосъемные. Компрессионные кольца препятствуют прорыву газов из надпоршневого пространства в картер двигателя, кроме того, они отводят в стенки цилиндра часть теплоты, воспринимаемой днищем поршня. Маслосъемные кольца служат для предупреждения попадания масла в камеру сгорания.

Поршневой палец служит для шарнирного соединения поршня с шатуном. Наиболее распространена форма поршневого пальца, которая обеспечивает выполнение требований, предъявляемых к поршневому пальцу, при минимальной массе. У современных двигателей широко применяется плавающий палец, который может свободно проворачиваться как в бобышках поршня, так и в порш-

невой головке шатуна. Находят применение пальцы, закрепленные при помощи натяга в поршневой головке шатуна (ВАЗ). Плавающие пальцы от осевого перемещения могут фиксироваться пружинными кольцами, установленными в канавках бобышек поршня, или при помощи заглушек из мягкого материала.

Шатун служит для передачи усилий от поршневого пальца кривошипу коленчатого вала. Основными элементами шатуна являются: поршневая и кривошипная головки, соединенные стержнем. Поршневая головка шатуна обычно выполняется неразъемной. В нее запрессовывается подшипник скольжения. Подшипник поршневой головки шатуна и поршневой палец, чаще всего, смазываются разбрызгиванием. Стержень шатуна обычно имеет двутавровое сечение, которое обеспечивает максимальную жесткость при минимальной массе. Кривошипная головка шатуна у большинства автомобильных двигателей выполняется разъемной с прямым (перпендикулярным к оси шатуна) или косым разъемом.

Для автомобильных двигателей в качестве подшипников скольжения широко применяют вкладыши из би- или триметаллической ленты.

Коленчатый вал является вращающейся частью кривошипно-шатунного механизма. Коленчатый вал должен обладать высокой прочностью и жесткостью, высокой износостойкостью рабочих поверхностей коренных и шатунных шеек.

Основные элементы коленчатого вала: коренные и шатунные шейки; щеки, связывающие коренные и шатунные шейки; передний конец вала-носок; задний конец вала-хвостовик, к фланцу которого крепится маховик. Число шатунных шеек зависит от числа цилиндров и компоновки двигателя. По числу коренных шеек валы можно разделить на полноопорные и неполноопорные. У полноопорных валов каждая шатунная шейка расположена между двумя коренными опорами. Для фиксации вала от осевых перемещений на одной из коренных шеек коленчатого вала устанавливают упорный подшипник.

Порядок выполнения работы

1. Используя плакаты, схемы и планшеты с отдельными деталями, а также специальную литературу, изучить общее устройство

кривошипно-шатунного механизма двигателя (тип двигателя указывается преподавателем).

2. Разобрать двигатель и сделать эскиз отдельных деталей кривошипно-шатунного механизма.

3. Произвести сборку двигателя и отрегулировать затяжку крышек коренных и шатунных подшипников.

Контрольные вопросы

1. Как производится уплотнение жидкостного стыка мокрой гильзы?

2. Каковы особенности конструкции поршней двигателей ЗИЛ-130 и КамАЗ-740?

3. Для чего на поршне выполнены продольные и поперечные разрезы?

4. Как фиксируются от отворачивания гайки шатунных болтов?

5. Какова схема подвода смазки к подшипникам коленчатого вала?

6. Как фиксируются коленчатые валы от осевых перемещений?

7. Каково усилие затяжки шпилек головки блока, шатунных болтов и шпилек коренных подшипников?

8. Какие способы фиксации поршневого пальца от осевых перемещений?

Лабораторная работа № 7

ПРОВЕРКА И РЕГУЛИРОВКА ЗАЗОРОВ В КЛАПАННОМ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОМ МЕХАНИЗМЕ

Цель работы: приобретение навыков регулировки зазоров в приводе клапанов; углубление и закрепление теоретических знаний по конструкции клапанного механизма газораспределения.

Для обеспечения плотности посадки на седло в автомобильных двигателях предусматривают зазор (тепловой зазор) между клапаном и ударником коромысла (ЗМЗ-53/66, ЗИЛ-130, КамАЗ-740, Д-243 и др.) или между затылком кулачка и толкателем (ВАЗ-2101/2108). Упомянутый зазор компенсирует удлинение деталей клапанного механизма от их нагревания.

При недостаточном зазоре может иметь место неплотная посадка клапана в седло, что приводит к прорыву газов из цилиндра, обгоранию фасок клапанов и их седел, снижению мощности двигателя, перерасходу топлива. Увеличенный зазор вызывает стук при подъеме клапана и повышенное изнашивание соприкасающихся поверхностей. С увеличением зазоров уменьшается ход клапана, что приводит к ухудшению наполнения цилиндров двигателя.

Зазор обычно регулируют при помощи ввертываемого в одно из плеч коромысла и закрепленного с помощью контргайки винта (ЗМЗ-24, ЗМЗ-53, ЗИЛ-130, КамАЗ-740, Д-243 и др.).

В некоторых конструкциях (ВАЗ-2101/06) регулировка зазора осуществляется за счет изменения высоты сферической опоры рычага (толкателя). В двигателях, у которых распределительный вал располагается непосредственно над клапанами (ВАЗ-2108/09), величина зазора обеспечивается толщиной специальной прокладки, устанавливаемой в верхней части толкателя.

Величина зазора в двигателях автотракторного назначения 0,05...0,4 мм.

Порядок выполнения работы

1. По техническому описанию двигателя изучить порядок регулировки зазора в приводе клапанного механизма.
2. В соответствии с рекомендациями технического описания подготовить двигатель к проведению регулировки зазоров.
3. Плоским щупом проверить величину тепловых зазоров и сопоставить их с рекомендуемым техническим описанием.
4. При необходимости отрегулировать зазоры. С этой целью следует отпустить контргайку регулировочного винта на коромысле регулируемого клапана и, поворачивая винт, установить между бойком коромысла и торцом стержня клапана необходимый зазор по щупу. Удерживая винт от проворачивания отверткой, затянуть контргайку и после этого снова проверить зазор.
5. В соответствии с порядком работы цилиндров произвести проверку зазоров в приводе клапанов всех оставшихся цилиндров.

Контрольные вопросы

1. Назначение газораспределительного механизма.
2. Какими причинами обусловлена необходимость поддержания в заданных пределах теплового зазора?
3. При каком положении поршня рекомендуется проводить регулировку тепловых зазоров в клапанном механизме?

Лабораторная работа № 8

СМАЗОЧНАЯ СИСТЕМА

Цель работы: изучение назначения и устройства смазочной системы.

Смазочная система двигателя предопределяет долговечность и надёжность его работы и должна обеспечивать: подачу необходимого количества масла к трущимся поверхностям, вынос продуктов изнашивания из зоны трения соприкасающихся поверхностей, охлаждение и антикоррозионную защиту трущихся и иных внутренних поверхностей, очистку масла от твердых частиц, поддержание оптимальной температуры смазочного масла.

По способу подачи масла к трущимся поверхностям различают принудительную подачу под давлением, когда зазор между трущимися поверхностями заполняется с помощью насоса, и разбрызгиванием, когда масло подается к трущимся поверхностям каплеуловителями, форсунками-разбрызгивателями или поступает в виде капелек и масляного тумана, образующегося при выходе масла из зазоров пар трения.

Комбинированные системы смазывания современных двигателей используют оба способа подачи масла. Под давлением масло подаётся к коренным и шатунным подшипникам коленчатого вала, в ряде случаев к верхней головке шатуна для смазывания поршневого пальца, втулкам коромысла, направляющим толкателей, подшипникам уравнивающих валиков и т.п. Остальные пары смазываются разбрызгиванием.

В зависимости от расположения емкости для масла различают системы с «мокрым» картером, где основной емкостью для масла служит нижняя часть картера (поддон) и «сухим» картером, где масло находится в отдельном баке-отстойнике, размещаемом вне двигателя.

Масляные насосы, применяемые в системе смазывания современных двигателей, бывают двух типов – шестеренчатые с внешним зацеплением зубьев, и с внутренним зацеплением – так называемые роторные насосы. Обязательным элементом насоса является редукционный клапан, предохраняющий систему от чрезмерных давлений, особенно при пуске холодного двигателя, когда вязкость масла велика.

При номинальных частотах вращения вала давление в системе смазывания карбюраторных двигателей составляет 0,3...0,5 МПа, в дизелях – 0,4...0,7 МПа. Минимальное давление под нагрузкой не допускают ниже 0,1 МПа в карбюраторных двигателях и 0,15 в дизелях.

К вспомогательным элементам масляных насосов относятся маслоприемники, через которые масло засасывается в систему смазывания.

Чаще всего масляные насосы располагают внутри картера, и привод их осуществляется либо от носка коленчатого вала с помощью цилиндрических шестерен (дизели), с помощью дополнительных валиков, приводимых самостоятельными шестернями (ВАЗ-2101/06), или от распределительного вала (ЗИЛ, ЗМЗ). Последняя схема привода наиболее распространена на бензиновых двигателях, когда масляный насос и прерыватель-распределитель располагают на противоположных концах вертикального или наклонного вала.

Масляные фильтры по размеру задерживаемых частиц разделяют на фильтры грубой очистки (отсеивание частиц более 70 мкм) и фильтры тонкой очистки (до 5...40 мкм), а по принципу действия – на щелевые и центробежные.

Через полнопоточные фильтры, включенные в масляную магистраль последовательно, прокачивается все масло, поступающее к трущимся поверхностям. Такие фильтры часто используют для грубой очистки.

В последнее время широкое распространение получили полнопоточные фильтры тонкой очистки с большой фильтрующей поверхностью (бумажные фильтры).

Центробежная очистка масла основана на принципе отделения более тяжелых примесей, находящихся в масле, под действием центробежных сил во вращающемся сосуде (роторе).

Получили распространение масляные центрифуги с реактивным и активно – реактивным приводами, которые, как правило, являются фильтрами тонкой очистки, включаемыми в систему смазывания параллельно или последовательно.

При достижении в главной масляной магистрали минимального допустимого давления двигатель следует ремонтировать.

Контрольными устройствами в системах смазывания двигателей являются: указатель количества масла в емкостях системы (картерах, циркуляционных баках), манометры, позволяющие контролировать давление в главных масляных магистралях, термометры для определения температуры масла.

Дополнительные устройства системы смазывания: спускные отверстия с пробками; горловины для заливки масла в картеры и баки; системы вентиляции картеров; предохранительные клапаны с пламегасительными сетками.

Порядок выполнения работы

1. Используя плакаты, схемы и планшеты с отдельными элементами системы смазывания, а также специальную литературу, изучить общее устройство системы смазывания (тип двигателей указывается преподавателем).

2. Зафиксировать отдельные элементы системы.

Контрольные вопросы

1. Назначение системы смазывания.
2. Как классифицируются системы смазывания?
3. Где применяется система смазывания с «сухим» картером.
4. Какие фильтры применяются в системе смазывания?
5. Какие регулирующие и управляющие устройства имеются в системе смазывания?

Лабораторная работа № 9

УСТРОЙСТВО И РЕГУЛИРОВКА ФОРСУНКИ ДИЗЕЛЯ

Цель работы: изучить устройство, принцип работы и регулировку форсунки дизеля.

Форсунки предназначены для введения топлива в камеру сгорания. Различают форсунки открытые и закрытые. Открытые форсун-

ки относятся к простейшим. Изготавливают их в виде одного (или нескольких) распыливающих отверстий, постоянно соединяющих турбопровод высокого давления и камеру сгорания.

Принципиальные схемы открытой (а) и закрытой (б) форсунок приведены на рис. 9.1.

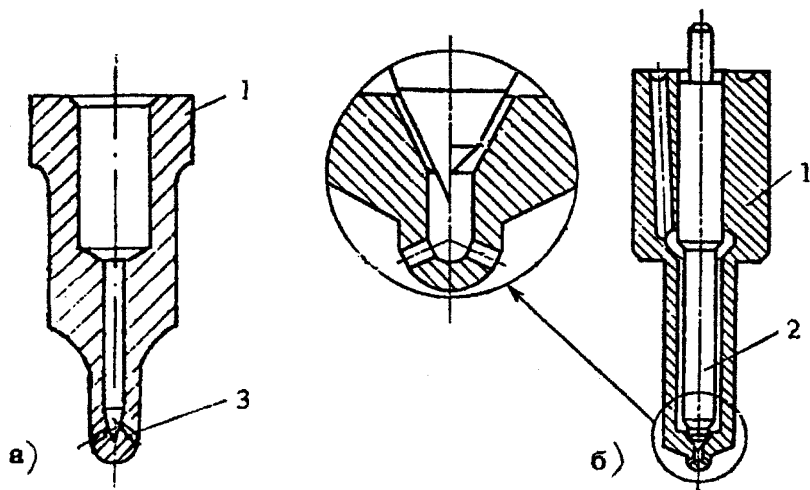


Рис. 9.1. Принципиальные схемы форсунок

Открытая форсунка используется, например, в двухтактных дизелях ЯАЗ–М204/206, в системе питания которых они объединены с насосом высокого давления в один узел, называемый насос-форсункой. Распылитель ее многодырчатый с 6-ю или 7-ю отверстиями диаметром 0,25 мм, направленными под углом примерно 78° к оси форсунки.

Подача топлива через открытые форсунки начинается сразу же, как только давление на выходе из распылительных отверстий превысит давление в камере сгорания и продолжается все время, пока существует такая разница в давлениях. Вследствие этого начало и конец фиксируются не совсем четко. Возможно и подтекание топлива в результате неизбежного расширения после отсечки. Чтобы уменьшить нежелательные последствия указанных явлений, в системах с закрытыми форсунками стремятся к более глубокой разгрузке топливоподводящего канала, а продолжительность подачи сводят к минимуму.

Достоинство открытых форсунок в их простоте и невысокой стоимости изготовления, но к насосу высокого давления требования при этом резко повышаются.

Закрытые форсунки (рис. 9.1,б) снабжают запорной иглой или клапаном, которые разобщают их полость от полости камеры сгорания. Запорный орган форсунок может управляться автоматически с использованием давления топлива (гидравлический привод) или специальным механизмом. Для форсунок автомобильных дизелей, как правило, применяют гидравлический привод.

По типу распылителей такие форсунки подразделяются на закрытые бесштифтовые и закрытые штифтовые.

Общее устройство бесштифтовой форсунки, применяемой в дизелях с неразделенными камерами сгорания, можно уяснить на примере форсунки четырехтактного двигателя ЯМЗ-236, которая имеет распылитель и запорную иглу, нагружаемую через опорную шайбу пружиной. Направляющая часть иглы выведена из горячей зоны и располагается в отверстии корпуса распылителя с минимальным зазором, образуя таким образом прецизионную пару. Эта пара не должна разукрупняться.

Распылитель и корпус форсунки стянуты накидной гайкой, причем уплотнения стыка между ними достигают только за счет тщательной обработки, включая полировку привалочных поверхностей. Усилие от пружины на запорную иглу передается через нажимной шток или штангу. Затяжку пружины регулируют винтом, фиксируемым контргайкой. Регулировочный винт ввертывают в стакан пружины, на который навинчивают также колпачок, плотно закрывающий внутреннюю полость корпуса форсунки, уплотняемую прокладкой. Существуют конструкции (двигатели КамАЗ), где вместо регулировочного винта для этих целей используются регулировочные шайбы.

Топливо из штуцера через неразборный сетчатый фильтр, состоящий из гнезда и сетки, проходит по каналу в кольцевую канавку на внутреннем торце распылителя и по трем наклонным сверлениям (есть конструкции с двумя и даже одним каналом) поступает в полость носка распылителя. Снизу оно давит на конусную поверхность иглы, а когда усилие от давления превышает силу затяжки пружины, игла поднимается, и топливо через сопловые отверстия впрыскивается в камеру сгорания. Топливо, просочившееся в полость корпуса форсунки, отводится через отверстия в колпачке. Высота подъема иглы составляет 0,2...0,3 мм и ограничивается тем,

что заплечико иглы упирается в торец корпуса форсунки. Затяжка пружины обеспечивает начало подачи топлива под давлением 18...23 МПа.

Клапанные и штифтовые форсунки имеют лишь одно сопловое отверстие с переменной площадью сечения, изменяемой клапаном или штифтом.

У штифтовой форсунки корпус и запирающий пружинный механизм принципиально такие же, как и у нормальной закрытой форсунки. Распылитель отличается конструкцией сопловой части. Сопловое отверстие образуется цилиндрическим штифтом иглы распылителя, входящим в сопловый канал. Конец цилиндрического штифта выполнен в виде двух конусов, соприкасающихся малыми основаниями. При посадке иглы на седло нижний конец штифта выступает относительно торца распылителя на 0,3...0,5 мм, а цилиндрическая часть штифта входит в цилиндрический канал на 0,2...0,3 мм, образуя при таком расположении штифта сопловой кольцевой канал переменного сечения. При впрыске топлива игла поднимается, и площадь поперечного сечения соплового канала изменяется в зависимости от подъема иглы. Факел топлива, впрыскиваемого через штифтовой распылитель, имеет форму полого конуса, вследствие чего увеличивается поверхность его соприкосновения с воздушным зарядом.

Штифтовые форсунки обеспечивают худшее качество распыливания топлива поэтому давление начала впрыска у них ниже — 12,5...13 МПа.

Применяются штифтовые форсунки в дизелях с разделенными камерами сгорания.

Порядок выполнения работы

1. Используя плакаты, схемы и планшеты с отдельными деталями, изучить общее устройство форсунки.

2. Подготовить прибор КП-1609 для проверки форсунки.

Прибор КП-1609 перед началом работы, для контроля его состояния, проверяется на герметичность. Для этого вместо испытуемой форсунки ввертывается специальная заглушка. Затем в приборе создается давление 30 МПа (300 кг/см²). Падение давления с 30 до 25 МПа не должно происходить быстрее, чем за 3 минуты. Для оценки гидроплотности многоструйных распылителей давление в системе с 35 до 30 МПа не

должно происходить быстрее, чем за 15 с; для одноструйных (штифтовых) – с 20 до 18 МПа не быстрее, чем за 5 с.

3. Проверить и, при необходимости, отрегулировать форсунку на давление начала впрыска. Для этого, предварительно сняв колпачок форсунки и открутив контргайку регулировочного винта пружины, присоединяют с помощью маховичка форсунку к прибору. Задавая давление топлива в приборе и следя за стрелкой манометра, определяют, при каком давлении начинается впрыск топлива через форсунку.

В случае отклонения давления впрыска от величины, указанной в технических условиях, вращением регулировочного винта устанавливают его величину.

Качество распыливания топлива проверяется при 60-80 качениях рычага прибора в минуту. Начало и конец впрыска должны быть четкими, а впрыск сопровождаться резким звуком.

Результаты проверки заносим в табл. 9.1.

Т а б л и ц а 9.1

№ п/п	Параметры	Марка форсунки			
		№ 1		№ 2	
		до регул.	после рег.	до регул.	после рег.
1	Гидроплотность распылителя, с				
2	Давление начала впрыска, МПа				
3	Качество распыливания				

Контрольные вопросы

1. Какие форсунки применяются для дизелей с разделенной камерой?
2. На какие давления начала впрыска регулируются штифтовые форсунки?
3. Как определяется гидроплотность распылителей?

Лабораторная работа № 10

ПРОВЕРКА И РЕГУЛИРОВКА ТОПЛИВНОГО НАСОСА НА РАВНОМЕРНОСТЬ ПОДАЧИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ

Цель работы: изучение методики и получение практических навыков по проверке и регулировке топливных насосов.

Количество топлива, подаваемого насосом высокого давления в цилиндры двигателя, зависит от нагрузки на двигатель.

Для нормальной работы дизеля на любом режиме необходимо подавать в каждый цилиндр одинаковое количество топлива. Неодинаковая подача топлива отдельными секциями насоса вызывает перегрузку одних цилиндров и недогрузку других. В результате будет общее падение мощности и экономичности двигателя, повышенное изнашивание перегруженных цилиндров, появление дымного выхлопа.

Правилами технического ухода за топливной аппаратурой дизеля предусматривается периодическая проверка общей производительности и равномерности подачи всеми секциями топливного насоса.

Для указанной проверки применяются специальные стенды.

Порядок выполнения работы

1. Используя плакаты, схемы и планшеты с отдельными деталями, изучить общее устройство топливного насоса высокого давления.

2. Провести проверку и регулировку топливного насоса.

Проверка и регулировка топливного насоса на производительность и равномерность подачи по отдельным секциям производится на стенде КИ-22205. Этот стенд состоит из корпуса привода с механическим вариатором, блока электроники, системы топливоподдачи, электрооборудования и приборов.

На переднем листе корпуса привода смонтированы кнопочные станции управления электродвигателями и маховичок для изменения частоты вращения привода стенда (расположен в правом верхнем углу).

На специальной подставке устанавливается блок электроники для измерения и индикации в цифровой форме частоты вращения, углов начала впрыскивания и числа циклов испытываемого топливного насоса. Лицевая панель блока электроники показана на рис. 10.1.

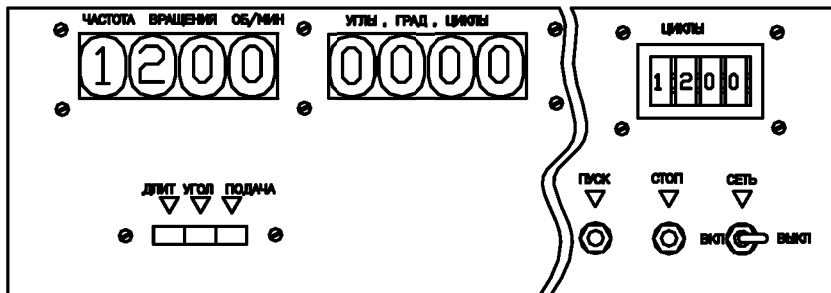


Рис. 10.1. Лицевая панель блока электроники

Проверку и регулировку насоса на стенде проводят на летнем дизельном топливе (ГОСТ 305-82). Насос и регулятор должны быть заправлены маслом, используемым в системе смазывания дизеля. Давление топлива в головке насоса по манометру стенда должно быть 0,07-0,13 МПа.

Рассмотрим порядок выполнения этой работы для насоса 4УТНИ-Т-1111007 (устанавливается на двигателях Д-245.12с автомобилей ЗИЛ-5301). Регулировочные параметры этого насоса заданы техническими условиями ТУ 4571-015 – 11773863 – 00 (табл. 10.1).

Т а б л и ц а 10.1

Регулировочные параметры ТНВД

Режим испытаний	Частота вращения кулачкового вала насоса, $n, \text{мин}^{-1}$	Средняя цикловая подача насоса, $V_{ц}, \text{мм}^3/\text{цикл}$	Нормальная минутная производительность, $q, \text{мл/мин}$	Допустимая неравномерность подачи по секциям, %
1	2	3	4	5
Режим 1 (номинальный)	1200 ± 5	$91,5 \pm 1,4$	$111,5 - 108,1$	2
Режим 2 – холостой ход:		22,5 не более		
а) max	1295–1260		28,6	—
б) min	400–375		9,0–8,44	—

1	2	3	4	5
Начало действия регулятора	1240 ± 5	—	—	—
Полное выключение подачи	не более 1350	—	—	—

Нормальная минутная производительность подсчитывается по формуле

$$q = V_{\text{ц}} n_{\text{н}} / 1000, \text{ мл/мин},$$

где $V_{\text{ц}}$ — средняя цикловая подача топлива, мм³/цикл;

$n_{\text{н}}$ — частота вращения кулачкового вала, об/мин.

3. Заготовить журнал для записи результатов опыта в виде таблицы (табл. 10.2).

Т а б л и ц а 10.2

Режим испытаний	Нормальная минутная производительность одной секции, q , мл/мин	Действительная (замеренная) минутная подача каждой секции				Действительная неравномерность подачи, %	Допустимая неравномерность подачи, %
		1	2	3	4		
1	111,5 – 108,1						2
2,а	28,6						—
2,б	9,0						—

4. Установить рычаг насоса в положение максимальной подачи и определить начало действия регулятора. Для этого включить стенд и, плавно повышая частоту вращения, установить момент начала отрыва основного рычага регулятора от торца головки болта жесткого упора (или по началу отхода рейки насоса). Если необходимо, начало действия регулятора регулируют винтом максимальной час-

тоты: при его ввертывании частота вращения начала действия регулятора уменьшается, при вывертывании регулятор начинает действовать при более высоких частотах вращения кулачкового вала насоса. Значения частоты вращения считываются на лицевой панели блока электроники (рис. 10.1, «частота вращения»).

5. Произвести проверку производительности на номинальном режиме 1. Для этого вращением маховичка устанавливается номинальная частота вращения кулачкового вала насоса. Насосу необходимо дать поработать некоторое время до полного удаления из системы низкого давления пузырьков воздуха.

Установить рычаг регулятора на максимальную подачу топлива и закрепить его при помощи стойки, тяги и специальной гайки.

Переключателем «циклы» следует набрать необходимое число циклов (число равное частоте вращения), далее нажимается клавиша «подача» и кнопка «пуск». Электромагнит через систему рычагов отодвинет заслонку, преграждающую доступ топлива в мензурки, и топливо польется в мерные сосуды. После того как кулачковый вал топливного насоса совершит заданное количество оборотов (число циклов – число впрысков), электромагнит обесточится, и заслонка под действием пружины возвратится в исходное положение. Для подготовки следующего замера необходимо нажать кнопку «стоп».

Уровень топлива в мензурках определяется по нижнему мениску, а объем по шкале, нанесенной на мензурке. Для того чтобы вылить топливо из мензурок, рукоятку моста мензурок следует повернуть по часовой стрелке.

6. Произвести регулировку топливного насоса. Если минутная подача всех или большинства секций отличается от нормальной, то необходимо провести регулировку производительности насоса с помощью винта номинала (при вворачивании винта производительность насоса увеличивается). После регулировки общей производительности обязательна повторная проверка частоты вращения начала действия регулятора.

7. Провести регулировку равномерности подачи топлива по секциям.

По результатам проверки или регулировки производительности насоса на номинальном режиме определяется степень неравномерности подачи по формуле

$$\delta = ((q_{\max} - q_{\min})/q_{\text{ср}}) 100, \%,$$

где $q_{\max}$ — количество топлива, поданное секцией с наибольшей производительностью, мл/мин;

$q_{\min}$ — количество топлива, поданное секцией с наименьшей производительностью, мл/мин;

$q_{\text{ср}}$ — среднее арифметическое из $q_{\max}$ и $q_{\min}$.

Допустимая неравномерность подачи по секциям приведена в табл. 10.1.

8. В случае превышения пределов неравномерности подачи следует произвести соответствующую регулировку производительности отдельных секций. Производительность регулируют разворотом плунжера вокруг оси, т.е. изменением активного хода плунжера. Для этого ослабляется стяжной винт зубчатого венца и чуть поворачивается поворотная втулка гильзы плунжера.

По окончании регулировки насоса на равномерность подачи проводят определение минутной производительности, сравнивая с данными табл. 10.1. В случае необходимости регулировку производительности повторяют.

9. Аналогичным образом произвести проверку ТНВД на режиме 2 (см. табл. 10.1).

Контрольные вопросы

1. Какое влияние оказывает неравномерность подачи топлива по цилиндрам на работу дизеля?
2. Как отрегулировать подачу каждой секции топливного насоса?
3. Как отрегулировать общую производительность топливного насоса?
4. Как определить начало действия регулятора?

Лабораторная работа № 11

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И РЕГУЛИРОВКА УГЛА ОПЕРЕЖЕНИЯ ВПРЫСКА ТОПЛИВА

Цель работы: ознакомление с методами регулировки и определения угла опережения впрыска топлива в статике и динамике.

Угол поворота коленчатого вала от момента начала впрыска топлива в цилиндр до момента прихода поршня в ВМТ называется углом опережения впрыска топлива.

Угол опережения впрыска топлива оказывает большое влияние на мощностные и экономические показатели дизеля. Несвоевременный впрыск топлива вызывает понижение мощности и экономичности и сопровождается заметным дымлением и перегревом или повышением жесткости работы двигателя. У каждого типа двигателя угол опережения впрыска топлива устанавливается одинаковым для всех цилиндров. В процессе эксплуатации этот угол может изменяться. Поэтому необходимо периодически проверять угол опережения впрыска и при необходимости регулировать его. Допускаемое отклонение от оптимального угла – $\pm 0,5$ градуса поворота кулачкового вала топливного насоса. Работа по установке правильного угла опережения впрыска топлива складывается из двух операций:

а) установка одинаковых угловых интервалов между впрысками отдельных секций насоса;

б) соединение кулачкового вала топливного насоса с коленчатым валом, обеспечивая установку нужного угла опережения впрыска топлива. В настоящей лабораторной работе выполняется первая часть.

Порядок выполнения работы

а) Регулировка при помощи стробоскопа.

Для регулировки насоса на одинаковые углы опережения впрыска снятый с двигателя насос устанавливается на стенд типа СТДА. Угол опережения впрыска проверяют при помощи стробоскопического устройства, которым оснащен стенд, выдерживая номинальную частоту вращения кулачкового вала топливного насоса. Принципиальная схема стробоскопического устройства приведена на рис. 11.1.

При воздействии струи топлива на подвижной контакт датчика происходит замыкание контакта Д соответствующей секции. При включенном тумблере этой секции конденсатор C_2 положительной обкладкой подключается к сетке лампы L_2 и отпирает ее. При этом конденсатор C_2 разряжается на первичную обмотку трансформатора Тр-2 через лампу L_2 , а во вторичной обмотке трансформатора индуцируется положительный импульс, который проходит через конденсатор C_5 и поджигает лампу-вспышку L_7 . В это время накопительный конденсатор C_2 разряжается на импульсную лампу L_1 , вызывая световую вспышку. После окончания впрыска контакты датчика размыкаются, тиратрон L_2 запирается, и схема приходит в исходное положение.



На диске, жестко закрепленном на валу привода, имеется восемь радиальных прорезей. Они расположены так, что в момент начала впрыска топлива одна из них находится против окошка, прорезанного в неподвижном диске. Частые вспышки лампы создают впечатление, что прорезь, освещенная изнутри лампой, неподвижна. Положение прорези относительно неподвижной шкалы указывает начало впрыска.

1. Заготовить журнал по форме.

№ опытов	Секции насоса			
	1	2	3	4

2. Пустить стенд в работу. По тахометру стенда вариатором установить номинальную частоту вращения кулачкового вала насоса.

3. Внешний рычаг регулятора закрепить на упоре максимальной частоты вращения.

4. Включить стробоскопическое устройство (тумблеры «сеть», «лампа»), а затем поочередно включить тумблеры отдельных секций насоса.

5. Определить по делению шкалы неподвижного диска, находящегося против светящейся линии, угол опережения впрыска топлива для каждой секции. При необходимости произвести регулировку.

Изменение угла опережения впрыска у отдельных секций насоса производят при помощи регулировочного болта на толкателе. С выворачиванием болта плунжер занимает высокое исходное положение в начале хода нагнетания. В результате этого он станет раньше перекрывать впускное окно, а следовательно, раньше будет начинаться подача. Для уменьшения угла опережения подачи болт вворачивается.

После регулировки необходимо убедиться в том, что плунжер не упирается в седло нагнетательного клапана, поворачивая кулачковый вал насоса вручную.

б) Регулировка при помощи моментоскопа («мениска»).

Регулировка при помощи моментоскопа может быть выполнена непосредственно на двигателе без снятия топливного насоса или на стенде, позволяющем проворачивать вал насоса вручную.

Последовательность определения угла при работе на стенде:

1. Удалить воздух из системы с помощью подкачивающего насоса.
2. На штуцер секции насоса установить моментоскоп.
3. Рычаг управления подачей топлива отвести в положение максимальной подачи.
4. Вращать вал топливного насоса до появления из стеклянной трубки струи топлива без пузырьков воздуха.
5. Встряхнуть стеклянную трубку, вылив из нее часть топлива.

6. Медленно поворачивать вал насоса в направлении вращения его на двигателе, следить за уровнем топлива в стеклянной трубке. В момент начала подъема уровня топлива в трубке, что свидетельствует о начале подачи топлива секций насоса, вращение вала прекратить.

7. Определить положение подвижной щели относительно нулевого деления неподвижного лимба в момент начала подачи в трубке. Кроме того, отметить и записать показания шкалы подвижного лимба относительно нулевого деления неподвижного лимба. Опыт повторить трижды.

8. Аналогичные опыты провести по остальным секциям насоса.

9. По результатам замеров определить угловые интервала между подачами отдельных секций, учитывая порядок работы двигателя. В случае, если угловые интервалы выходят за пределы допуска, необходима регулировка.

Контрольные вопросы

1. Дать определение угла опережения впрыска.
2. Через сколько градусов угла поворота кулачкового вала должен подавать топливо отдельными секциями четырехплунжерный насос ?
3. Чем объясняется запаздывание момента подачи топлива у насосов с изношенными плунжерными парами при проверке моментоскопом?
4. Как регулируется угол опережения впрыска топлива?
5. Как работает стробоскоп?

Лабораторная работа № 12

УСТРОЙСТВО И РАБОТА КАРБЮРАТОРА

Цель работы: ознакомление с устройством и принципом работы карбюратора.

Система питания карбюраторного двигателя состоит из системы питания топливом и воздухом и включает в себя топливный бак, топливные фильтры, топливопроводы, топливный подкачивающий насос, карбюратор, ограничитель частоты вращения, воздушный

фильтр впускной и выпускной трубопроводы, глушитель. Основным узлом системы питания, обеспечивающим приготовление горючей смеси определенных составов для разных режимов работы двигателя, является *карбюратор*.

Схема простейшего карбюратора и его характеристика (зависимость коэффициента избытка воздуха от разрежения в диффузоре карбюратора), данные в контрольных вопросах настоящей работы, студенту известны из учебной литературы и лекционного материала. Недостатки простейшего карбюратора устраняются в реальных конструкциях. Усложнение конструкции карбюратора основывалось на требованиях, предъявляемых условиями надежной эксплуатации автомобиля (табл. 12.1).

Т а б л и ц а 12.1

Требования к конструкции карбюратора и их обеспечение

Требования к конструкции карбюратора	Обеспечение требований
Предотвращение обогащения состава смеси вследствие засорения воздушного фильтра	Сообщение полости поплавковой камеры с входным патрубком карбюратора посредством балансировочной трубки
Приготовление обогащенной смеси при запуске и прогреве двигателя	Установка воздушной заслонки
Приготовление обогащенной смеси на режиме холостого хода	Применение специальных устройств холостого хода, обеспечивающих обогащение смеси путем использования разрежения за дросселем
Приготовление горючей смеси экономичного состава на режиме частичных нагрузок двигателя	Применение главных дозирующих систем, обеспечивающих корректирование состава смеси в диапазоне частичных нагрузок
Приготовление обогащенной горючей смеси для получения максимальной мощности на режиме полных нагрузок	Применение экономайзера Применение эконостата
Предотвращение обеднения горючей смеси при резком открытии дроссельных заслонок	Применение насоса-ускорителя

Порядок выполнения работы

В качестве объектов для изучения выдаются карбюраторы типа К-126, ВАЗ-2101. Используя разрезные макеты карбюраторов, плакаты и справочную литературу, изучить конструкцию карбюратора, найти элементы всех систем карбюратора и изучить их функционирование на конкретных режимах работы двигателя.

Содержание отчета включает структурную схему системы питания карбюраторного двигателя с указанием всех ее элементов, назначение карбюратора, схему систем изучаемого карбюратора по указанию преподавателя и ответ на контрольные вопросы, указанные ниже.

Контрольные вопросы

1. Определить тип изучаемого карбюратора с учетом направления потока горючей смеси, количества смесительных камер и способа их включения.

2. Как функционируют устройства, обеспечивающие требования к конструкции карбюратора (см. табл. 12.1)?

3. Какой способ компенсации состава горючей смеси применен в главной дозирующей системе?

4. Как предотвращается переобогащение смеси на режиме запуска двигателя?

5. Что называется жиклером?

6. Какими винтами регулируется состав горючей смеси на холостом ходу?

7. Как достигается плавный переход от режима холостого хода к режиму работы под нагрузкой?

8. В чем отличие между экономайзером и эконостатом?

9. На рис.12.1 показана принципиальная конструктивная схема простейшего карбюратора и его характеристика. Нанести на график требуемую характеристику карбюратора, вытекающую из условий:

а – обогащение топливовоздушной смеси при пуске двигателя;

б – обеднение смеси на средних нагрузках;

в – обогащение смеси на режимах полной мощности.

Дополнить схему простейшего карбюратора соответствующими конструктивными элементами, удовлетворяющими требованиям а, б, в и привести их принятые технические названия (на примере изучаемого карбюратора).

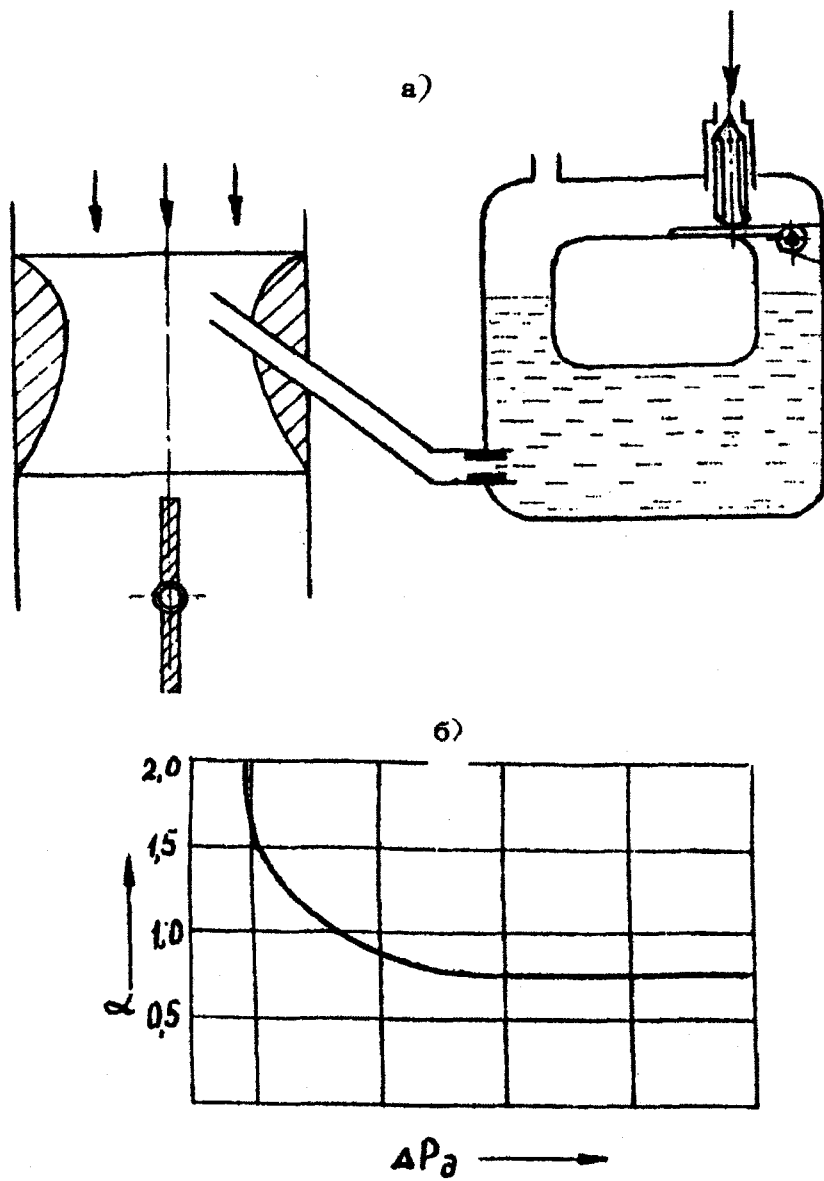


Рис. 12.1. Принципиальная схема карбюратора и его характеристика

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНТРА МАССЫ ШАТУНА. ПРИВЕДЕНИЕ МАССЫ ШАТУНА К ДВУМ МАССАМ

Цель работы: изучение экспериментальных методов определения центра массы тела сложной геометрической формы, приобретение навыков определения центра массы шатуна и приведения массы шатуна к двум массам.

Во время работы поршневого двигателя шатун совершает сложное плоскопараллельное движение в плоскости, перпендикулярной к оси коленчатого вала. Согласно теореме о плоском движении тела, шатун может быть заменен системой, состоящей из любого числа сосредоточенных произвольных по величине масс, жестко связанных между собой и расположенных в плоскости качания шатуна (плоскости симметрии). Чтобы такая замена была динамически эквивалентной, необходимо соблюдение следующих условий [1]:

1. Сумма всех масс должна быть равна массе шатуна.
2. Общий центр системы заменяющих масс должен совпадать с центром массы шатуна (и совершать движение по его закону).
3. Сумма моментов всех заменяющих масс относительно оси, проходящей через центр массы шатуна (и перпендикулярной к плоскости качания) должна быть равна моменту инерции массы шатуна относительно той же оси.

Динамически эквивалентной заменяющей системой для шатуна может быть система из двух масс, размещенных на одной прямой (продольной оси симметрии шатуна), а именно: массы m_A , размещенной на оси поршневой головки, и массы m_B , размещенной на оси кривошипной головки. В этом случае перечисленные условия динамической эквивалентности описываются следующей системой уравнений:

$$m_{\text{ш}} = m_A + m_B; \quad m_A \cdot l_A = m_B (L - l_A);$$

$$I_{\text{ш}} = m_A \cdot l_A^2 + m_B (L - l_A)^2.$$

Решение этой системы уравнений относительно заменяющих масс имеет вид

$$m_A = m_{\text{ш}}(L - l_A)/L; \quad m_B = m_{\text{ш}} \cdot l_A / L,$$

где $m_{\text{ш}}$ – масса шатуна;

$I_{\text{ш}}$ – момент инерции массы шатуна относительно оси, проходящей через центр массы и перпендикулярной плоскости качания;

L – длина шатуна (расстояние вдоль шатуна между осями поршневой и кривошипной головок);

l_A – координата центра массы шатуна (расстояние от оси поршневой головки до центра массы).

Как видно из записанных решений, для определения масс m_A и m_B необходимо знать $m_{\text{ш}}$, L и l_A .

Следовательно, для замены массы шатуна динамически эквивалентной системой сосредоточенных масс необходимо найти центр массы шатуна, т.е. определить координату l_A центра массы на продольной оси симметрии.

Одним из способов определения центра массы шатуна является метод взвешивания на рычажных весах с помощью двух призматических опор, одна из которых размещается на чашке весов, а другая (регулируемая по высоте) – на неподвижном основании (рис. 13.1). Расстояние между вершинами призм обеих опор должно быть равным длине шатуна L . При взвешивании продольная ось симметрии шатуна должна располагаться горизонтально, что достигается регулировкой высоты неподвижной опоры. До размещения шатуна на призмах предварительно уравнивается масса подвижной призматической опоры путем размещения соответствующей массы (гири) на другой чашке весов. Затем шатун подвешивается на призмах опор (поршневая головка – на подвижной опоре) и путем уравнивания гирями на другой чашке весов определяется масса верхней части шатуна m_A . После этого на тех же весах (предварительно сняв подвижную опору) путем взвешивания определяют массу шатуна $m_{\text{ш}}$.

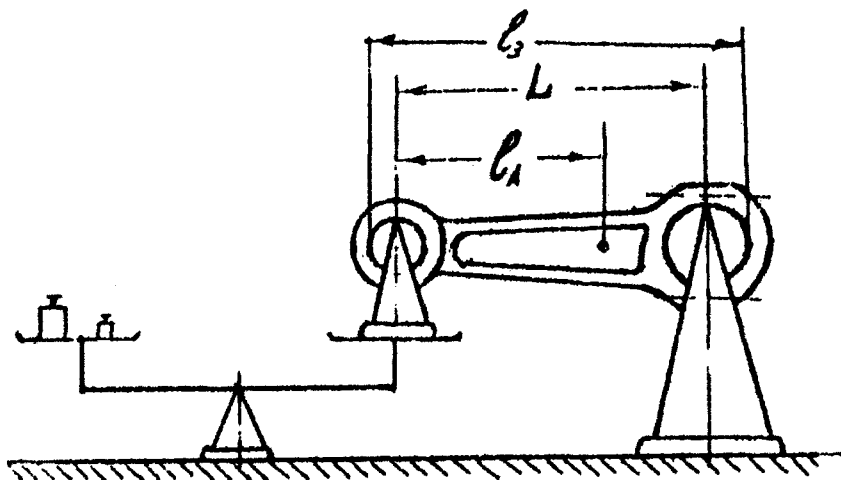


Рис. 13.1. Схема взвешивания шатуна

Определив таким образом массы m_A и $m_{\text{ш}}$ и зная длину шатуна, вычисляется координата центра массы l_A по формуле

$$l_A = L(1 - (m_A/m_{\text{ш}})).$$

Кроме того, вычисляется масса нижней части шатуна m_B по формуле

$$m_B = m_{\text{ш}} - m_A.$$

Оборудование рабочего места

1. Комплект шатунов в сборе.
2. Рычажные весы и комплект гирь.
3. Призматические опоры.
4. Штангенциркуль, линейка.

Порядок выполнения работы

1. Установить на лабораторном столе и отрегулировать рычажные весы.
2. Выбрать (или получить у преподавателя) комплект шатунов в сборе с крышкой нижней головки и шатунными болтами.
3. Измерить диаметры отверстий верхней d_B и нижней d_H головок шатуна.
4. Измерить расстояние l_3 (см. рис. 13.1) и вычислить длину шатуна L по формуле

$$L = l_3 - ((d_B / 2) + (d_H / 2)).$$

5. Взвесить шатун на рычажных весах, т.е. определить массу шатуна в сборе $m_{\text{ш}}$.
6. Установить призматические опоры, как показано на рис. 13.1, выдерживая горизонтальным расстояние L между опорными ребрами призм.
7. Уравновесить массу подвижной опоры, размещенной на чашке весов, путем размещения соответствующей массы (гири) на другой чашке весов.
8. Подвесить на призматических опорах шатун в сборе и произвести взвешивание верхней части шатуна, определив тем самым массу m_A .
9. Вычислить массу нижней части шатуна m_B по формуле

$$m_B = m_{\text{ш}} - m_A.$$

10. Вычислить доли верхней части массы шатуна $m_A / m_{\text{ш}}$ и нижней части массы шатуна $m_B / m_{\text{ш}}$.
11. Вычислить координату центра массы шатуна на продольной оси симметрии l_A , определив тем самым центр массы шатуна, по формуле

$$l_A = L (1 - (m_A / m_{\text{ш}})).$$

12. Разобрать измерительную установку, положить на установленные места шатун, комплект гирь, призматические опоры, сдать инструмент преподавателю.

Контрольные вопросы

1. Какие геометрические размеры характеризует шатун?
2. Какова необходимость приведения массы шатуна к динамически эквивалентной двухмассовой системе?
3. Каков порядок определения центра массы шатуна методом взвешивания?

Л и т е р а т у р а

1. Автомобильные двигатели / Под ред. М.С.Ховаха. – М.: Машиностроение, 1977. – 591 с.
2. Адамов В.М., Якубенко Г.Я., Кухаренок Г.М. Лабораторный практикум по курсу "Теория автомобильных и тракторных двигателей". – Мн.: БПИ, 1985. – 53 с.
3. Вершина Г.А., Якубенко Г.Я. Методическое пособие по курсам "Теория рабочих процессов ДВС" и "Динамика ДВС" для студентов специальности Т.05.10.00. – Мн.: ЗАО "Техноперспектива", 2001. – 85 с.
4. 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.
5. Райков И.Я., Рывтинский Г.Н. Конструкция автомобильных и тракторных двигателей. – М.: Высш. школа, 1986. – 351 с.
6. Якубенко Г.Я., Цаюн Н.П. Методическое пособие по курсу "Термодинамика и транспортные двигатели" для студентов заочной формы обучения. – Мн.: БГПА, 1998. – 48 с.

тормозных испытаний двигателя _____, № _____
 барометрическое давление _____ мм рт.ст., температура окружающего воздуха _____ °C,
 влажность воздуха _____ %, топливо _____
 тормоз _____, характеристика _____

№ замера	Частота вращения n , мин ⁻¹	Показания весового механизма тормоза P , Н	Изменяемый параметр	Расход за G_0 , г	Время расхода t_0 , с	Температура выхлопных газов t_g , К	Давление p_m , МПа	Температура t_m , °С	Приведенная мощность N_p , кВт	Приведенный крутящий момент M_p , Н · м	Расход топлива G_p , кг/ч	Удельный эффективный расход топлива g_e , г/кВт · ч	Температура вых. Воды t_w , °С	Примечание
----------	--	--	---------------------	---------------------	-------------------------	---------------------------------------	----------------------	------------------------	----------------------------------	---	-----------------------------	---	----------------------------------	------------

ПРОТОКОЛ №

тормозных испытаний двигателя _____, № _____, тормоз _____
 топливо _____, температура воздуха _____ °С, барометрическое давление _____ мм рт.ст.,
 характеристика _____ с составлением теплового баланса _____

№ замера	Показания весового механизма P, H	Частота вращения $n, \text{мин}^{-1}$	Мощность $N_e, \text{кВт}$	Приведенная мощность $N_{пр}, \text{кВт}$	Температура			Расход воды			Расход топлива			$q_{охл}, \%$	$q_{гр}, \%$	$q_{нec}, \%$	$q_{ост}, \%$	Примечание
					$t_{вых}, ^\circ\text{C}$	$t_{вх}, ^\circ\text{C}$	$t_p, ^\circ\text{C}$	$\Delta G_{охл}, \text{кг}$	$l, \text{с}$	$G_{охл}, \text{кг/ч}$	$G_o, \text{г}$	$l, \text{с}$	$G_T, \text{кг/ч}$					

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Наименование организации _____ место проведения _____ число, месяц, год _____		Наименование характеристики _____ двигатель _____ марка и номер _____	
Условия испытаний: _____ _____ Диаграмма			
Протокол № _____	Испытания проводили: _____ должность Ф.И.О.		Рис. _____

Содержание

Предисловие.....	3
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ.....	3
2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ.....	4
ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ.....	10
Лабораторная работа № 1. Оборудование и приборы для стендовых испытаний автомобильных двигателей.....	10
Лабораторная работа № 2. Скоростные характеристики.....	18
Лабораторная работа № 3. Нагрузочная характеристика дизеля.....	24
Лабораторная работа № 4. Регулировочная характеристика по углу опережения зажигания.....	27
Лабораторная работа № 5. Исследование теплового баланса двигателя.....	31
Лабораторная работа № 6. Кривошипно-шатунный механизм.....	35
Лабораторная работа № 7. Проверка и регулировка зазоров в клапанном газораспределительном механизме.....	38
Лабораторная работа № 8. Смазочная система.....	40
Лабораторная работа № 9. Устройство и регулировка форсунки дизеля.....	42
Лабораторная работа № 10. Проверка и регулировка топливного насоса на равномерность подачи и производительность.....	47
Лабораторная работа № 11. Определение и регулировка угла опережения впрыска топлива.....	51
Лабораторная работа № 12. Устройство и работа карбюратора.....	55
Лабораторная работа № 13. Определение центра массы шатuna. Приведение массы шатuna к двум массам.....	59
Л и т е р а т у р а.....	63
П Р И Л О Ж Е Н И Я.....	64

Учебное издание

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Методические указания
к контрольной и лабораторным работам
по дисциплине “Автомобильные двигатели”
для студентов специальностей 1 – 37 01 06 “Техническая
эксплуатация автомобилей” и 1 – 37 01 07 “Автосервис”
заочной формы обучения

Составители: КУХАРЕНОК Георгий Михайлович
РУСЕЦКИЙ Игорь Константинович

Редактор А.М. Кондратович. Корректор М.П. Антонова
Компьютерная верстка А.Г. Гармазы

Подписано в печать 30.12.2004.

Формат 60x84 1/16. Бумага типографская № 2.

Печать офсетная. Гарнитура Таймс.

Усл.печ.л. 3,9. Уч.-изд.л. 3,1. Тираж 300. Заказ 137.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

Лицензия № 02330/0056957 от 01.04.2004.

220013, Минск, проспект Ф.Скорины, 65.