

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»**

**Кафедра эксплуатации автомобилей**

**Составитель  
А. С. Березин**

## **НАГРУЗОЧНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАРБЮРАТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ**

**Методические указания к лабораторной работе  
по дисциплине «Силовые агрегаты»**

**Рекомендовано учебно-методической комиссией  
направления подготовки 23.03.03 Эксплуатация  
транспортно-технологических машин и комплексов  
в качестве электронного издания  
для использования в образовательном процессе**

**Кемерово 2019**

## Рецензенты

Подгорный А. И. – кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации автомобилей

Кудреватых А. В. – кандидат технических наук, зав. кафедрой эксплуатации автомобилей

**Березин Александр Сергеевич**

**Нагрузочная характеристика карбюраторного двигателя:** методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Силовые агрегаты» [Электронный ресурс] для обучающихся направления подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» всех форм обучения / сост.: А. С. Березин; КузГТУ. – Кемерово, 2019.

Приведено содержание лабораторной работы, материал, необходимый для успешного изучения дисциплины.

Назначение издания – помощь обучающимся в получении знаний по дисциплине «Силовые агрегаты» и организация лабораторных работ.

© КузГТУ, 2019  
© Березин А. С.,  
составление, 2019

## 1. ЦЕЛИ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Цели работы** – закрепление материала лекций по теории рабочих процессов автомобильных двигателей, экспериментальное исследование влияния нагрузки двигателя на показатели его рабочего процесса.

После изучения теоретических положений, изложенных ниже, запускают двигатель, выводят его на заданный преподавателем скоростной режим и измеряют необходимые для построения нагрузочной характеристики показатели двигателя. По результатам измерений и расчётов оформляют отчёт.

Работа рассчитана на 2 часа.

## 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Нагрузочной характеристикой называется **зависимость показателей рабочего процесса двигателя ( $G_t$ ,  $g_e$ ,  $\alpha$ ,  $\eta_v$  и др.) от нагрузки при постоянной скорости вращения коленчатого вала.**

Автомобильный карбюраторный двигатель в эксплуатации сравнительно редко развивает полную мощность (режим разгона, движение в тяжёлых дорожных условиях или с максимальной скоростью) и подавляющую часть времени работает при неполных (частичных) нагрузках,

В карбюраторном двигателе уменьшение мощности при постоянном скоростном режиме осуществляется прикрытием дроссельной заслонки карбюратора – дросселированием. При этом уменьшаются плотность, а следовательно, и вес свежего заряда, поступающего в цилиндр. Кроме того, при различных положениях дроссельной заслонки дозирующие системы карбюратора приготавливают топливовоздушную смесь с различным составом. Такой способ регулирования мощности двигателя (изменением количества и качества смеси) называется смешанным.

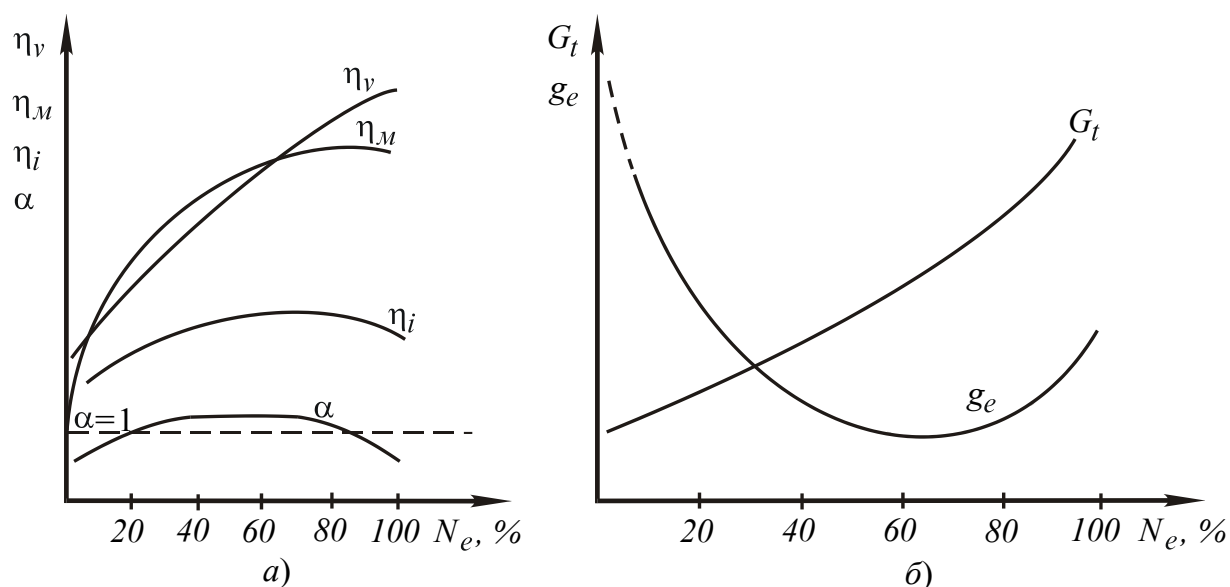
Серия нагрузочных характеристик двигателя, полученная для различных скоростей вращения коленчатого вала, позволяет:

- оценить экономичность работы двигателя на различных нагрузках и сопоставить её с экономичностью других двигателей;

- провести проверку и анализ установленных регулировок систем питания и зажигания (в сравнении с регулировочными характеристиками);

- выбрать наиболее выгодные эксплуатационные режимы работы двигателя.

При построении таких характеристик изменение нагрузки двигателя наносится по оси абсцисс либо в абсолютных значениях величин  $P_e$ ,  $(M_e)$  или  $N_e$ , либо в относительных – в процентах от значений  $M_e(P_e)$  или  $N_e$ , соответствующих полному открытию дросселя. Примерный характер изменения основных показателей рабочего процесса двигателя по нагрузочной характеристике приведен на рисунке.



Для анализа характера изменения по нагрузочной характеристике часового расхода топлива  $G_t$  и удельного эффективного расхода топлива  $g_e$  воспользуемся аналитическими зависимостями, известными из теории рабочих процессов ДВС:

$$g_e = A \frac{1}{\eta_i \eta_M}; \quad (1)$$

$$G_t = B \frac{\eta_v}{\alpha} n, \quad (2)$$

где  $A$  и  $B$  – константы.

Изменение часового расхода топлива по нагрузочной характеристике карбюраторного двигателя определяется, как следует из формулы (2), значением коэффициента наполнения и составом смеси  $\alpha$  ( $n = \text{const}$ ).

Характер изменения  $\alpha$  по нагрузочной характеристике в основном определяется характеристиками дозирующих систем карбюратора. Максимальная мощность двигателя может быть получена при работе его на обогащённой смеси  $\alpha = 0,85 \div 0,9$ . Такой состав смеси называется мощностным, его обеспечивают главная дозирующая система и экономайзер, включающийся при открытии дроссельной заслонки, на режиме, близком к максимальному. Однако при этом из-за неполного сгорания топлива индикаторный КПД заметно уменьшается (см. рис. 1).

На средних нагрузочных режимах необходимость в обогащении смеси отпадает, поэтому экономайзер отключается, а главная дозирующая система приготавливает обеднённую экономичную смесь  $\alpha = 1,15 \div 1,20$ . Это приводит к увеличению индикаторного КПД.

На малых нагрузочных режимах и холостом ходу приходится вновь обогащать смесь до  $\alpha = 0,6 \div 0,8$ . Это вызвано тем, что при дросселировании снижаются давление и температура конца сжатия, а также увеличивается относительное количество остаточных газов ( $\gamma_r$ ) в смеси. Такая смесь плохо воспламеняется, и период задержки её воспламенения увеличивается. Для обеспечения устойчивой работы двигателя на таких режимах система холостого хода обогащает смесь, что приводит к уменьшению индикаторного КПД.

Второй фактор, влияющий на величину часового расхода топлива, – коэффициент наполнения (см. формулу (2)). По мере открытия дроссельной заслонки гидравлическое сопротивление системы впуска уменьшается, коэффициент наполнения увеличивается и пропорционально ему увеличивается часовой расход топлива.

Как следует из формулы (1), удельный эффективный расход топлива определяется величиной, обратной произведению  $\eta_i \eta_m$ . Характер и причины изменения индикаторного КПД были рас-

смотрены выше. Механический КПД двигателя определяется по формуле

$$\eta_m = 1 - \frac{P_m}{P_i} \quad (3)$$

и достигает наибольших значений при полностью открытой дроссельной заслонке. По мере прикрытия заслонки механический КПД быстро уменьшается. Это вызвано тем, что с прикрытием дросселя резко уменьшается среднее индикаторное давление, величина же среднего давления механических потерь остаётся приблизительно постоянной, так как  $n = \text{const}$ .

Таким образом, относительные потери, затрачиваемые на трение в двигателе, по мере уменьшения нагрузки всё время возрастают.

На режиме холостого хода, когда вся индикаторная работа затрачивается только на преодоление сил трения ( $P_i = P_m$ ), механический КПД двигателя становится равным нулю.

Наименьший удельный эффективный расход топлива по нагрузочной характеристике достигается при максимальном значении произведения  $\eta_i \eta_m$  на режимах, близких к полному открытию дросселя, но до включения экономайзера, когда карбюратор подаёт в двигатель обеднённую смесь. При переходе к полным нагрузкам, несмотря на увеличение  $\eta_m$ , удельный эффективный расход топлива увеличивается вследствие снижения  $\eta_i$ , вызванного обогащением смеси.

При прикрытии дросселя удельный эффективный расход топлива возрастает от значения  $g_{e_{\min}}$  и по мере приближения к режиму холостого хода стремится к бесконечности. В этом случае основной причиной ухудшения экономичной работы двигателя при снижении нагрузки является уменьшение  $\eta_m$ ; снижению экономичности на малых нагрузках способствует также и уменьшение индикаторного КПД.

### 3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

После прогрева двигателя на малой нагрузке полностью открывают дроссельную заслонку. Одновременно регулировкой

тормоза устанавливают скорость вращения коленчатого вала, при которой намечено снимать характеристику. После стабилизации теплового режима измеряют следующие величины: показание весов тормоза  $P$ , время  $\tau$  расхода двигателем порции топлива  $\Delta G$ , часовой расход воздуха  $G_B$  (показания дифференциального манометра  $h$ ). После записи измеренных параметров устанавливают следующий режим работы двигателя, для чего несколько уменьшают угол открытия дроссельной заслонки карбюратора. Скорость вращения коленчатого вала двигателя поддерживают постоянной посредством тормозной нагрузки после стабилизации скоростного и теплового режимов работы двигателя на установленной нагрузке производят замеры. Таким образом, изменяя нагрузку двигателя до режима холостого хода, получают 6–8 точек по нагрузочной характеристике. С целью наиболее точного выявления режима, при котором наблюдается наилучшая экономичность работы двигателя, в области нагрузок от  $N_{e_{\max}}$  до 50 %  $N_{e_{\max}}$  число нагрузочных режимов увеличивают.

По результатам испытаний после обработки опытных данных по соответствующим формулам строят графические зависимости изменения часового, удельного эффективного расхода топлива, коэффициента избытка воздуха и коэффициента наполнения от нагрузки двигателя.

При построении нагрузочной характеристики двигателя должны быть выявлены следующие характерные точки:

- 1) минимальный удельный эффективный расход топлива  $g_{\min}$  ;
- 2) часовой расход топлива при полном открытии дроссельной заслонки карбюратора  $G_{t_{\max}}$  ;
- 3) часовой расход топлива на режиме холостого хода  $G_{t_{\min}}$  ;
- 4) коэффициенты избытка воздуха, соответствующие работе при полностью открытом дросселе, при минимальном удельном эффективном расходе топлива и на холостом ходу.

#### 4. ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЁТУ

Отчёт должен содержать протокол испытаний с результатами измерений и вычислений, а также графические зависимости  $G_t(N_e)$ ,  $g_e(N_e)$ ,  $\eta_v(N_e)$ ,  $\alpha(N_e)$  на миллиметровой бумаге стандартным форматом. Вычисления произвести по следующим формулам.

Эффективная мощность

$$N_e = \frac{Pn}{1000} \text{ л. с.},$$

где  $P$  – усилие на весах тормоза, кг;  $n$  – скорость вращения коленчатого вала, об/мин;

Часовой расход топлива

$$G_t = 3,6 \cdot \frac{\Delta G}{t} \text{ кг/ч},$$

где  $\Delta G$  – измеряемая порция топлива, г;  $t$  – время расхода порции топлива, с.

Часовой расход воздуха

$$G_B = 9,2\sqrt{h} \text{ кг/ч},$$

где  $h$  – разность уровней столбиков жидкости в дифференциальном манометре, мм.

Удельный эффективный расход топлива

$$g_e = \frac{G_t \cdot 10^3}{N_e} \text{ г/(л. с.} \cdot \text{ч)}.$$

Коэффициент наполнения

$$\eta_v = \frac{33,3G_B}{V_{\text{л}} n \rho_B},$$

где  $V_{\text{л}} = 1,478$  л – литраж двигателя;  $\rho_B$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>.

Плотность воздуха

$$\rho_B = 0,4645 \cdot \frac{P_B}{273 + t_B} \text{ кг/м}^3,$$

где  $P_B$  – атмосферное давление, мм рт. ст.;  $t_B$  – температура воздуха, °С.

Коэффициент избытка воздуха



$$\alpha = \frac{G_B}{l_0 G_t},$$

где  $l_0 \sim 15$  кг/кг – теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива.

## 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется нагрузочной характеристикой?
2. Объясните характер изменения показателей рабочего процесса двигателя по нагрузочной характеристике (рис. 1).
3. Какие данные можно получить из нагрузочной характеристики?
4. Какие дозирующие системы имеются в карбюраторе и на каких нагрузочных режимах они работают?
5. Почему экономайзер, служащий для обогащения смеси, получил название от слова «экономия»?
6. Что такое мощностной и экономичный состав смеси?
7. Что такое смешанное регулирование мощности двигателя, качественное регулирование, количественное регулирование? В каких двигателях применяются эти способы регулирования?

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей / под ред. А. С. Орлина, М. Г. Круглева. – Москва: Машиностроение, 1983. – 372 с.
2. Двигатели внутреннего сгорания: в 3 кн. Кн. 1. Теория рабочих процессов / под ред. В. Н. Луканина. – Москва: Высш. шк., 1995. – 368 с.