

КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Кафедра «Организации и безопасности движения»

**НАГРУЗОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
ДВИГАТЕЛЯ**

**Методические указания  
к лабораторной работе по дисциплинам  
«Транспортная энергетика»**

Бишкек 2024

УДК 621.43

Рекомендовано к изданию кафедрой организации  
и безопасности движения

Составитель канд. техн., наук, доц. *В. И. Глазунов*

**НАГРУЗОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЯ:** Методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Транспортная энергетика» / Состав. В.И. Глазунов. - Бишкек: КРСУ, 2024. - 11 с.

Рассмотрены цель, задачи и методика проведения лабораторной работы по определению зависимости показателей рабочего процесса автомобильного двигателя внутреннего сгорания, от изменения нагрузки двигателя, при различном открытии дроссельной заслонки, т.е. нагрузочной характеристики двигателя.

Предназначены для студентов всех форм обучения, изучающих дисциплину «Транспортная энергетика» по специальности 240100.01 (190701) - «Организация перевозок и управления на транспорте», 240400.01 (190702) - «Организация и безопасность движения».

## Цель и содержание работы

Цель работы - закрепление материала лекций по теории рабочих процессов автомобильных и тракторных двигателей: экспериментальное исследование влияния нагрузки двигателя на экономические и токсические показатели его рабочего процесса.

С этой целью после изучения общих теоретических положений, изложенных ниже, запускают двигатель, прогревают его на малой нагрузке, выводят на заданный преподавателем скоростной режим и изменяют нагрузку на двигатель для построения нагрузочной характеристики двигателя. По результатам проведенных измерений и расчетов строят графики и оформляют отчет в соответствии с ЕСКД.

Работа рассчитана на 4 часа.

## Краткие теоретические сведения

Нагрузочной характеристикой двигателя называется зависимость экономических и токсических показателей рабочего процесса двигателя ( $G_t$ ,  $g_e$ ,  $\alpha$ ,  $\tau_v$  и др.) от нагрузки при постоянной скорости вращения коленчатого вала, иногда эти характеристики называют дроссельными.

В карбюраторном двигателе уменьшение мощности при постоянном скоростном режиме осуществляются прикрытием дроссельной заслонки карбюратора, - дросселированием. При этом увеличиваются аэродинамические сопротивления, а, следовательно, количество свежего заряда, поступающего в цилиндры, уменьшается. Кроме того, при различных положениях дроссельной заслонки дозирующие системы карбюратора приготавливают топливовоздушную смесь с различным составом. Такой способ регулирования мощности двигателя (изменение количества и качества смеси) называется смешанным.

В настоящее время снимаются следующие виды нагрузочных характеристик:

1. Нагрузочные характеристики, снятые при изменении процента открытия дросселя для различных, но не изменяющихся чисел оборотов коленчатого вала, по которым судят об экономических и токсических параметрах двигателя и работе экономайзера.

2. Нагрузочные скоростные характеристики, снятые не только при изменении процента открытия дросселя, но и изменяющихся одновременно чисел оборотов коленчатого вала. Эти характеристики дают возможность оценить экономические параметры двигателя в эксплуатационных условиях, когда автомобиль разгоняется или движется по дороге с изменяющимися коэффициентами сопротивления.

В процессе работы двигателя в эксплуатационных условиях, ему редко приходится работать с полностью открытой дроссельной заслонкой, т. е. на максимальной мощности. Характер изменения нагрузки двигателя и его скоростного режима при дросселировании показан на рис. 1.

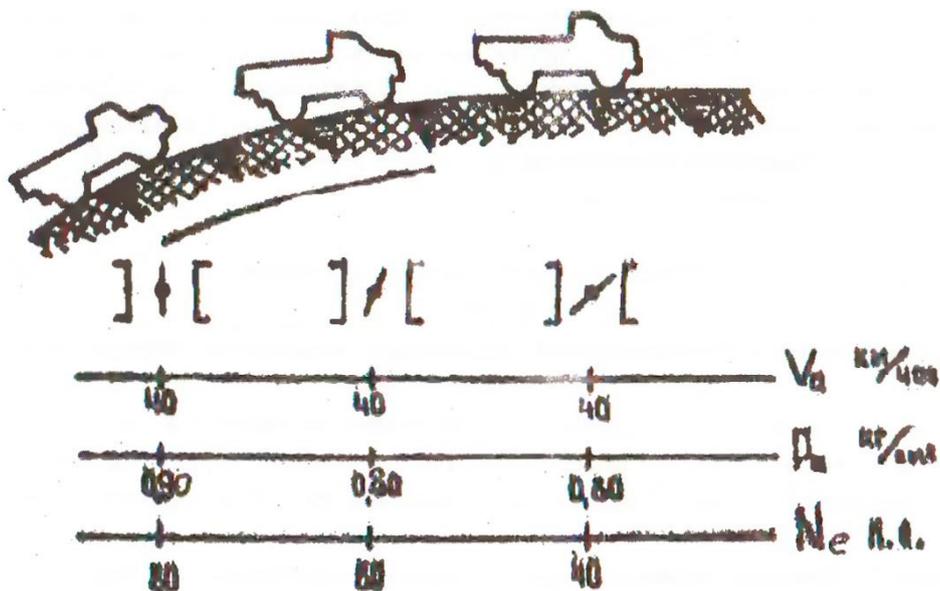


Рис. 1. Изменение нагрузки на двигателях (дросселированием)

В основном двигатель работает на частичных нагрузках и режиме холостого хода (см, рис. 1). Из сказанного следует, что регулировка систем питания современных автомобильных двигателей должна быть таковой, чтобы при всех частичных нагрузках приготавливалась бы наиболее экономичная смесь. Если же нужно получить от двигателя максимальную мощность, что требуется в условиях эксплуатации довольно редко, то карбюраторы или другие системы питания должны быть в состоянии приготавливать и мощностную (обогащенную) смесь. Для этой цели служит система экономайзера (эконостата), которая включается в работу почти при полностью открытой дроссельной заслонке: для современных карбюраторов около 80-85% открытия дроссельной заслонки, или соответствующего падения разрежения во впускной системе двигателя.

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

1. Оценить экономичность работы двигателя на различных нагрузочных режимах и сопоставить ее с экономичностью других двигателей.
2. Пронести проверку и анализ мощностей регулировки системы питания (в сравнении с регулировочными характеристиками), в частности, работу системы экономайзера (эконостата).
3. Выбрать наиболее выгодные эксплуатационные режимы работы двигателя.

При построении нагрузочных характеристик, изменение нагрузки двигателя наносится по оси абсцисс либо в абсолютных значениях величин  $M_c$ ,  $N_c$ , либо в относительных - в % от значений открытия дросселя.

Примерный характер изменения основных показателей рабочего процесса двигателя по нагрузочной характеристике приведен на рис. 2.

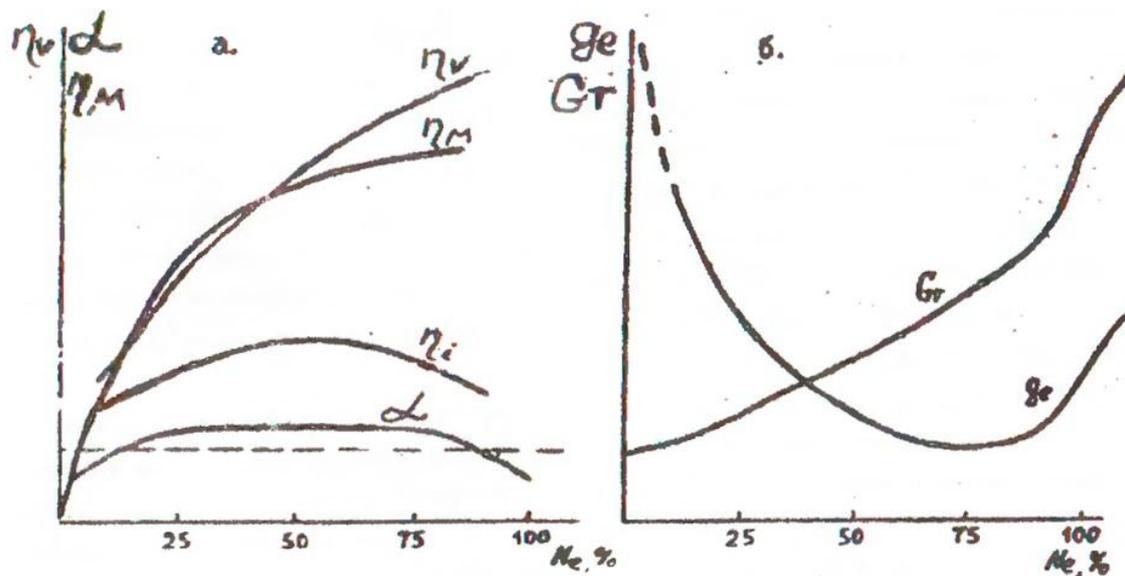


Рис.2 Нагрузочная характеристика бензинового двигателя

Для анализа показателей экономичности воспользуемся известными положениями из теории рабочих процессов ДВС.

Изменение часового расхода топлива по нагрузочной характеристике бензинового двигателя определяется, как известно, значением коэффициента наполнения и составом смеси, а ( $n = \text{const}$ ). Характер изменения  $\alpha$ , по нагрузочной характеристике в основном определяется характеристиками дозирующих систем карбюратора. Максимальная мощность двигателя может быть получена при работе его на обогащенной смеси с  $\alpha = 0,95 \dots 0,9$ . такой состав смеси называется мощностным, его обеспечивают главная дозирующая система карбюратора и экономайзера, включающийся при открытии дроссельной заслонки, близком к максимальному т.е. порядка (80...85) %. Однако, при этом, из-за неполного сгорания топлива, индикаторный КПД двигателя уменьшается (см. рис. 2а).

При работе двигателя на средних нагрузочных режимах необходимости в обогащении смеси нет, поэтому экономайзер отключается, а главная дозирующая система приготавливает обедненную (экономичную) горючую смесь с  $\alpha = 1,10 \dots 1,20$ . Это приводит к некоторому увеличению индикаторного КПД. Переход от мощностного состава смеси к экономическому отражается на нагрузочной характеристике значительным снижением расхода топлива (ступень на графике). В некоторых карбюраторах, например ДААЗ - 2105. Функции экономайзера выполняет вторая камера, при включении которой уменьшается разрежение во впускном патрубке и включается экономайзер с пневмоприводом. Вступление этой камеры в работу сопровождается обогащением смеси подобно тому, как это происходит в карбюраторе с механическим экономайзером.

На малых нагрузочных режимах и холостом ходу приходится вновь обогащать смесь до  $\alpha = 0,65 \dots 0,75$ . это вызвано тем, что при дросселировании снижаются давление и температура конца сжатия, а также увеличивается в цилиндрах относительное количество остаточных газов. Такая смесь плохо

воспламеняется, период задержки ее воспламенения увеличивается и сгорает она менее активно. 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. рис. 2а). По мере открытия дроссельной заслонки гидравлическое сопротивление системы впуска уменьшается, коэффициент наполнения увеличивается и пропорционально ему увеличивается часовой расход топлива (см. рис.).

Механический КПД двигателя 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 меняется незначительно, т.к.  $p = \text{const}$ . Таким образом, относительные потери, затрачиваемые на трение в двигателе, по мере уменьшения нагрузки все время возрастают,

В силу того, что на режиме холостого хода двигатель расходует то или иное количество топлива: (около 15...20 % от часовых расходов при полном открытии дросселя): для легковых - это (0,4 ...0,6 кг/ч), - для грузовых автомобилей и автобусов - (1,4...2 кг/ч), кривые часовых расходов топлива начинаются не из начала координат, а удельные расходы топлива, соответственно, равны бесконечности т.к., эффективная мощность на режиме холостого хода равна нулю.

Увеличение часовых расходов топлива по мере открытия дроссельной заслонки происходит почти по прямолинейному закону до момента вступления в работу системы экономайзера. Включение экономайзера характеризуется резким увеличением («ступенькой») часовых и удельных расходов топлива. По величине крутизны кривых и их высоте можно судить о плавности вступления в работу системы экономайзера и ее производительности (см. рис. 2б).

Из изложенного следует, что максимальная экономичность двигателя будет как раз перед моментом вступлением в работу экономайзера, т.к. после вступления его в работу часовые и удельные расходы топлива (при дальнейшем открытии дроссельной заслонки) будут возрастать с учетом появившейся «ступеньки».

По мере прикрывания дроссельной заслонки все более возрастают аэродинамические сопротивления во впускной системе двигателя. Это приводит к снижению коэффициента наполнения и, как следствие, к ухудшению процесса сгорания рабочей смеси, снижению мощности двигателя и резкому увеличению удельных расходов топлива и токсичности отработавших газов по СО и СН.

Для лучшей оценки двигателя снимается не одна, а серия нагрузочных характеристик для различных чисел оборотов коленчатого вала, наиболее часто встречающихся в эксплуатационных условиях данного типа двигателя.

Кривые часовых расходов топлива на нагрузочных характеристиках двигателя располагаются тем выше, чем больше частота вращения коленчатого

пала. Это объясняется тем, что при увеличении частоты вращения коленчатого вала увеличивается разрежение во впускной системе, а также еще потому, что при увеличении частоты вращения коленчатого вала возрастают механические потери двигателя, а все это приводит к увеличению часовых расходов топлива.

На режиме холостого хода вся индикаторная работа двигателя затрачивается только на преодоление сил трения ( $P_1=P_M$ ), т.е. механических потерь и механический КПД двигателя становится равным нулю. Эффективная мощность двигателя при этом также равна нулю.

Наименьший удельный эффективный расход топлива по нагрузочной характеристике достигается при максимальных значениях индикаторного и механического КПД на режимах, близких к полному открытию дросселя, но до включения экономайзера, когда карбюратор приготавливает обеденную смесь. При переходе к полным нагрузкам, несмотря на увеличение механического КПД, удельный эффективный расход топлива увеличивается вследствие снижения индикаторного КПД, 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 экономичности двигателя при снижении нагрузки является уменьшение механического КПД. Снижению экономичности на малых нагрузках способствует также и уменьшение индикаторного КПД.

### **Порядок выполнения работы**

После прогрева двигателя на малой нагрузке до оптимального температурного режима, полностью открывают дроссельную заслонку. Одновременно регулировкой тормоза реостатом устанавливают скорость вращения коленчатого вала, при которой намечено снимать характеристику. После стабилизации теплового режима начинают снимать нагрузочную характеристику и измеряют следующие величины:

- показания весов тормоза;
- время расхода порции топлива;
- процент открытия дросселя;
- температуру отработавших газов;
- процент CO и CH в ОГ.

После записи измеренных 2-3 раза параметров устанавливают следующий режим работы двигателя, для чего несколько уменьшают угол открытия дроссельной заслонки карбюратора. Скорость вращения коленчатого вала двигателя поддерживают постоянным путем снижения тормозного момента (жидкостным реостатом).

После стабилизации теплового режима двигателя на установленной нагрузке вновь производят замеры. Таким образом изменяя нагрузку двигателя до режима холостого хода, получают 5...8 точек нагрузочной характеристики. С

целью наиболее точного выявления режима, при котором наблюдается наилучшая экономичность двигателя, в области нагрузок от  $N_{e \max}$  до 50 %  $N_{e \max}$  число замеров увеличивают, выявляя момент включения (отключения) экономайзера (эконостата).

По результатам испытаний, после обработки опытных данных, по соответствующим формулам строят графические зависимости часового расхода топлива, удельного эффективного расхода топлива, кривые изменения CO-, CH-компонентов, 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.
2. Часовые расходы топлива при различных открытиях дроссельной заслонки карбюратора.
3. Часовой расход топлива на режиме холостого хода.
4. Коэффициенты избытка воздуха, соответствующие работе при полностью открытом дросселе, при минимальном удельном эффективном расходе топлива и на холостом ходу,
5. Момент включения в работу экономайзера (эконостата).

### Обработка результатов и оформление отчета

Отчет должен содержать протокол испытаний с результатами измерений и вычислений, а также графики на миллиметровой бумаге 210x2997 мм. Образец протокола испытаний предоставлен ниже.

#### Протокол испытаний

Двигатель \_\_\_\_\_

Температура воздуха \_\_\_\_\_ °С

Атмосферное давление \_\_\_\_\_ мм.рт.ст.

Частота вращения

коленчатого вала

$n_e$  об/мин=

P, кг	$\tau_c$	$\tau_{ср.}$	$T_{г.}$ °С	$G_T,$ кг/ч	$g_e,$ г/л.с.ч	$N_e,$ л.с.	▲ G, гр	CO, % CH, %	α	Dp %

Эффективная мощность двигателя:

$$N_e = \frac{P \cdot n}{1000} \text{ л.с.}$$

где P- показание весов тормоза, кг;

n- частота вращения коленчатого вала, об/мин.

Часовой расход топлива вычисляют по формуле:

$$G_T = 3,6 \frac{\Delta G}{\tau} \text{ кг/ч}$$

где  $G_T$  - вес порции топлива, г;

$\tau$  - время расхода порции топлива, с.

Удельный эффективный расход топлива вычисляют по формуле:

$$g_e = \frac{G_T \cdot 10^1}{N_e} \cdot \text{г/л.с.ч.}$$

На миллиметровой бумаге необходимо построить графики зависимости  $G_T$ ,  $g_e$ ,  $CO$ ,  $\alpha$ ,  $t_r$  от нагрузки двигателя.

### Контрольные вопросы

1. Что называется нагрузочной характеристикой?
2. Объясните характер изменения показателей рабочего процесса двигателя по нагрузочной характеристике.
3. Характерные точки 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 то слова «экономия»?
6. Что такое мощностной и экономичный состав смеси?
7. Что такое смешанное регулирование, количественное регулирование мощности двигателя, качественное регулирование, количественное регулирование? В каких двигателях применяются эти способы регулирования?
8. Почему на графиках часового и удельного расхода топлива имеются «ступеньки» и от чего зависит их крутизна и величина?
9. Почему на малых нагрузках часовые расходы топлива уменьшаются, а удельные - резко увеличиваются?

Составитель *Владимир Иванович Глазунов*

НАГРУЗОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
ДВИГАТЕЛЯ

Методические указания  
к лабораторной работе по дисциплине  
«Транспортная энергетика»

Подписано к печати 08.04.2024.

Формат 60x84 1/16.

Офсетная печать.

Объем 0,75 п.л.

Тираж 100 экз.

Заказ 143/1

Отпечатано в типографии КРСУ