



## Тема 4. Показатели и характеристики поршневых ДВС

### **УЧЕБНЫЕ ВОПРОСЫ:**

1. Показатели поршневых ДВС
2. Эксплуатационные характеристики поршневых ДВС

# 1. ПОКАЗАТЕЛИ ПОРШНЕВЫХ ДВС

## Индикаторные и эффективные показатели поршневого двигателя внутреннего сгорания

В поршневом ДВС осуществляется преобразование теплоты, выделяющейся в результате сгорания топлива, в работу, совершаемую расширяющимися от нагревания продуктами сгорания (рабочим телом). Результат этого преобразования зависит, прежде всего, от теплоты экзотермической реакции окисления введенной в рабочую полость порции топлива. Назовем ее цикловой теплотой ( $Q_{\text{ц}}$ , МДж). Цикловая теплота является тем энергетическим потенциалом, который может быть частично преобразован в работу расширения газа (рабочего тела). Чем больше этот потенциал, тем большую работу можно получить в результате энергопреобразования. Доля цикловой теплоты  $Q_{\text{ц}}$ , которая действительно превращается в работу расширения рабочего тела, оценивается специальным коэффициентом ( $\eta_i$ ) называемым индикаторным коэффициентом полезного действия (КПД). Тогда полезная индикаторная работа цикла ( $L_i$ ) может быть выражена зависимостью

$$L_i = Q_{\text{ц}} \cdot \eta_i$$

Для оценки эффективности энергопреобразования полученную работу относят к рабочему объему цилиндра, т. е. представить ее в виде удельной величины, приходящейся на единицу рабочего объема двигателя. Полученный показатель имеет размерность давления ( $\text{Нм/м}^3 = \text{Н/м}^2$ ), в связи с чем его называют **средним индикаторным давлением**

$$p_i = \frac{L_{ц}}{V_h} \text{ МПа}$$

**Средние индикаторные давления в поршневых ДВС**

| <i>Тип двигателя</i>  | <i><math>p_i</math> МН/м<sup>2</sup></i> | <i>Примечание</i>  |
|---|--|--|
| Двигатели с искровым зажиганием   | 0,8–1,1                                  | Более высокие значения характерны для больших степеней сжатия и двигателей с впрыскиванием топлива |
| Дизели без наддува:<br>– четырёхтактные<br>– двухтактные<br>Дизели с наддувом | 0,7–1,0<br>0,5–0,7<br>1,0–2,5            | Большие значения имеют место при малом коэффициенте избытка воздуха                                |
| Газовые двигатели   | 0,6–0,8                                  | –  |
| Двухтактные карбюраторные двигатели с кривошипно-камерной продувкой           | 0,35–0,45                                | –  |

Мощность, развиваемая рабочим телом внутри цилиндров (цилиндра) двигателя, называется **индикаторной мощностью**. Пользуясь понятием индикаторной работы, для индикаторной мощности можно записать

$$N_i = \frac{L_i}{\tau_{\text{ц}}}, \text{ где } \tau_{\text{ц}} - \text{продолжительность цикла, с.}$$

За единицу индикаторной работы принимают  $1 \text{ кВт}\cdot\text{ч} = 1 \frac{\text{кДж}}{\text{с}} \cdot 3600 \text{ с} = 3,6 \text{ МДж}$ .

Расход топлива, приходящийся на единицу индикаторной работы, называется **индикаторным удельным расходом топлива**. Индикаторный удельный расход топлива ( $g_i$ ) получается делением массового расхода топлива  $G_T$  на индикаторную мощность двигателя. Обычно  $G_T$  измеряют в кг за час работы двигателя, поэтому

$$g_i = \frac{1000 G_{\text{д}}}{N_i} \text{ г}/(\text{кВт}\cdot\text{ч}).$$

Доля затраченной энергии топлива, использованная для осуществления индикаторной работы, называется **индикаторным коэффициентом полезного действия** двигателя. Учитывая предыдущие уравнения, можно сказать, что индикаторный КПД представляет собой отношение индикаторной работы, равной одному кВт·ч, к соответствующей затраченной теплоте топлива. Поскольку для получения такой работы (что эквивалентно 3,6 МДж) затрачивается  $(g_i \cdot Q_u)/1000$  МДж теплоты

$$\eta_i = \frac{3600}{g_i \cdot H_u}$$

## Характерные значения индикаторного КПД и удельного индикаторного расхода топлива для поршневых ДВС

| Тип двигателя   | $g_p$<br>г/(кВт·ч) | $\eta_i$  |
|---|--------------------|-----------|
| Дизели:<br>четырёхтактные   | 170–188            | 0,45–0,50 |
| двухтактные   | 176–202            | 0,42–0,48 |
| Четырёхтактные двигатели с<br>искровым зажиганием                         | 215–273            | 0,30–0,38 |
| Двухтактные карбюраторные<br>двигатели с кривошипно-камерной<br>продувкой | 409–455            | 0,18–0,20 |

Индикаторные показатели характеризуют процессы, происходящие внутри цилиндра. Воспринимая работу газов (индикаторную работу), механизмы двигателя при их приведении в движение «поглощают» часть этой работы, которая затрачивается на преодоление механических потерь (трение между движущимися деталями т. п.) и может быть оценена механическим КПД двигателя ( $\eta_m$ ). С учетом этих потерь полезная работа, на выходе называемая эффективной работой, составит

$$L_e = L_i \cdot \eta_m \text{ МДж.}$$

Отсюда, удельная эффективная работа, называемая средним эффективным давлением, может быть записана как

$$p_e = p_i \cdot \eta_m \text{ МПа}$$

Тяговая характеристика двигателя обусловлена силовым фактором – крутящим моментом, равным

$$M_k = 9550 \cdot \frac{N_e}{n} \text{ Н} \cdot \text{м}$$

## 2. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОРШНЕВЫХ ДВС

Эксплуатационные характеристики поршневых ДВС определяют путем испытаний, осуществляемых на специальных стендах, позволяющих воспроизводить все поле эксплуатационных режимов работы двигателя и оборудованных комплексом необходимой контрольно-измерительной аппаратуры. Типовые методы испытаний, объем и условия их проведения регламентированы государственными стандартами.

Применительно к поршневым ДВС эти испытания сводятся к определению зависимостей их эффективных показателей: мощности, крутящего момента, часового и удельного расходов топлива от одного из режимных факторов – частоты вращения коленчатого вала или нагрузки. В соответствии с этим различают скоростные и нагрузочные характеристики.

**Скоростной характеристикой** двигателя называют зависимость его эффективных показателей: крутящего момента ( $M_K$ ), мощности ( $N_e$ ), часового ( $G_T$ ) и удельного ( $g_e$ ) расходов топлива от частоты вращения коленчатого вала при фиксированном (неизменном) положении органа, регулирующего подачу топлива. Строго говоря, в этом случае цикловая подача топлива при изменении скоростного режима не остается постоянной и может меняться в соответствии с дозирующими характеристиками топливной аппаратуры.

При установке органа регулирования в положение полной подачи топлива получаемая характеристика будет являться **внешней скоростной**, отображающей максимально возможную мощность и крутящий момент во всем диапазоне рабочих скоростных режимов. При промежуточном положении органа регулирования подачи топлива (дроссельной заслонки), характеристика является **частичной скоростной**.

*Нагрузочные характеристики* представляют собой зависимость часового ( $G_T$ ) и удельного ( $g_e$ ) расходов топлива от нагрузки двигателя при постоянной частоте вращения коленчатого вала. Этот вид характеристик в условиях автомобиля реализуется в случае, когда при изменении дорожного рельефа водитель, воздействуя на педаль управления подачей топлива, поддерживает постоянную скорость движения. Таким образом, независимой переменной (фактором) при определении нагрузочной характеристики является *нагрузка*, которая может быть выражена в виде абсолютных величин *мощности* или *среднего эффективного давления*, но чаще в виде относительных величин, в процентах от максимальных значений мощности или среднего эффективного давления. При этом за 100 % принимается значение мощности, развиваемой двигателем при данной частоте вращения коленчатого вала в режиме полной подачи топлива.