

# Показатели рабочего цикла двигателя

## Индикаторная мощность

Количество теплоты  $Q_1$ , выделяющейся при полном сгорании топлива

$$Q_1 = H_u G_T \Rightarrow Q_1 = H_u G_T = \frac{H_u}{\ell_0 \alpha} V_h i \eta_v \rho_B$$

Количество теплоты  $Q_i$ , превращенной в индикаторную работу

$$Q_i = Q_1 \eta_i \Rightarrow Q_i = Q_1 \eta_i = \frac{H_u}{\ell_0 \alpha} V_h i \eta_v \eta_i \rho_B$$

$$N_i = \frac{H_u}{\ell_0 \alpha} V_h \eta_v \eta_i \rho_B \frac{n i}{30 \tau}$$

## Индикаторный КПД

отношение теплоты, преобразованной в индикаторную работу, к общему количеству теплоты выделяющейся при полном сгорании топлива:

$$\eta_i = \frac{Q_i}{Q_1} = \frac{L_i}{G_T H_u}$$

## Удельный индикаторный расход топлива

расход топлива, приходящийся на единицу развиваемой двигателем индикаторной мощности в единицу времени

$$g_i = \frac{G_T 10^3}{N_i} \quad \text{г / кВт} \cdot \text{ч}$$

$$g_i = \frac{3600}{\eta_i H_u} \quad \text{г / кВт} \cdot \text{ч}$$

**Показатели рабочего цикла и двигателя.  
Индикаторные показатели  $g_i$ , г/(кВт ч) и  $\eta_i$ .**

Двигатели	$g_i$ , г/(кВт ч)	$\eta_i$
Четырехтактные с искровым зажиганием без наддува	273-205	0,3-0,4
Четырехтактные дизели без наддува	202-170	0,42-0,5
Четырехтактные дизели с наддувом	202-170	0,42-0,5
Двухтактные дизели без наддува	212-180	0,4-0,47
Двухтактные дизели с наддувом	212-180	0,4-0,47

## Механические потери

*Мощность механических потерь* – мощность затрачиваемая на преодоление внутренних сопротивлений и привод компрессора или продувочного насоса.

$$N_{МП} = N_T + N_{НАС} + N_{ПР} + N_H + N_Г.$$

*$N_T$  - потери мощности на трение*

*$N_{НАС}$  - потери мощности на совершение насосных ходов поршня*

*$N_{ПР}$  - потери мощности на привод вспомогательных механизмов*

*$N_H$  - потери мощности на механический привод нагнетателя*

*$N_Г$  - гидравлические потери мощности*

# Механические потери

Вид механических потерь	$N_{МП}, \%$
Потери мощности на трение: поршень и поршневые кольца – стенки цилиндра подшипники коленчатого вала механизм газораспределения	до 75 42...50 16...19 4...6
Насосные потери	до 15
Общие потери на привод вспомогательных механизмов: жидкостного насоса масляного насоса топливного насоса вентилятора электрооборудования	12...17 2...3 1...2 2 6...8 1...2
Потери на привод нагнетателя	до 10

# Механические потери

Давление механических потерь - удельная работа механических потерь при осуществлении одного цикла или работа механических потерь, приходящаяся на единицу рабочего объема цилиндра.

$$p_M = \frac{L_{МП}}{V_h}$$

Механический КПД  $\eta_M$  - отношение мощности, снимаемой с коленчатого вала (эффективной мощности), к индикаторной мощности двигателя

$$\eta_M = \frac{N_e}{N_i} = \frac{N_i - N_{МП}}{N_i} = 1 - \frac{N_{МП}}{N_i}$$

$$\eta_M = \frac{P_e}{P_i}$$

# Механические потери

Значения механического КПД на номинальном режиме работы

Тип двигателя	$\eta_M$
Четырехтактный карбюраторный	0,7...0,85
Газовый	0,75...0,80
Четырехтактный дизель: без наддува	0,75...0,80
с наддувом	0,78...0,88
Двухтактный дизель: без наддува	0,7...0,8
с наддувом	до 0,92

Основные причины увеличения механических потерь в эксплуатации

- 1. Тепловое состояние двигателя*
- 2. Техническое состояние двигателя.*

# Эффективные показатели двигателя

**Эффективными показателями** называются показатели, характеризующие работу двигателя, которая «снимается» с его коленчатого вала и полезно используется. К числу таких показателей относятся: среднее эффективное давление, эффективная мощность, крутящий момент, эффективный КПД и удельный эффективный расход топлива.

**Среднее эффективное давление** – условное постоянное по величине давление в цилиндре двигателя, при котором работа, произведенная рабочим телом за один такт, равнялась бы эффективной работе двигателя.

$$P_e = \frac{L_e}{V_h} = \frac{L_i - L_{МП}}{V_h}$$

$$P_e = P_i - P_{МП}$$

**Эффективная мощность** – мощность, снимаемая с коленчатого вала двигателя

$$N_e = N_i - N_{мп}$$

$$N_e = \frac{p_e V_h n i}{30 \tau}$$

$$N_e = N_i \cdot \eta_e$$

$$N_e = \frac{H_u}{\ell_0 \alpha} V_h \eta_v \eta_i \eta_e \rho_B \frac{n i}{30 \tau}$$

**Поршневая мощность** – эффективная мощность отнесенная к 1 дм<sup>2</sup> площади сечения цилиндра

$$N_{\Pi} = \frac{N_e}{F_{\Pi} i} = N_l S \quad \text{кВт} / \text{дм}^2$$

**Литровая мощность**

$$N_l = \frac{N_e}{V_h} = \frac{p_e n}{30 \tau} \quad \text{кВт} / \text{л}$$

# Пути повышения мощностных показателей двигателей

$$N_e = \frac{H_u}{\ell_0 \alpha} V_h \eta_v \eta_i \eta_e \rho_B \frac{n_i}{30\tau}$$

Повышение мощности двигателя может быть достигнуто:

- 1) увеличением рабочего объема двигателя;
- 2) повышением частоты вращения коленчатого вала;
- 3) переходом на двухтактный цикл;
- 4) увеличением массы заряда за счет наддува.

# Пути повышения мощностных показателей двигателей

*Увеличение рабочего объема двигателя*

$$V_{\text{Л}} = V_h \cdot i = \frac{\pi D^2}{4} S \cdot i$$

$$G_n = Sn/30$$

$$S/D=1,0\dots 1,4$$

**Крутящий момент** – средний за цикл момент, передаваемый от коленчатого вала силовой передаче автомобиля, – определяется из выражения эффективной мощности

$$N_e = \frac{M_k \omega}{10^3} \quad \omega = \frac{\pi n}{30}$$

$$M_k = \frac{N_e 10^3}{\omega} = \frac{N_e 10^3 30}{\pi n} = 9550 \frac{N_e}{n}$$

$$M_k = 10^3 \frac{p_e V_h i}{\pi \tau}$$

**Эффективный удельный расход топлива** – масса топлива, приходящегося на один киловатт эффективной мощности в течение часа

$$g_e = \frac{G_T 10^3}{N_e} \quad \alpha = \frac{G_B}{l_o G_T} \Rightarrow G_B = \alpha l_o G_T \quad \text{кг / ч}$$

Минутный расход воздуха  $G_{B\text{мин}} = \frac{\alpha l_o G_T}{60} \quad \text{кг / мин}$

Цикловой расход воздуха  $G_{B\text{цикл}} = \frac{G_{B\text{мин}}}{z} = \frac{\alpha l_o G_T \tau}{60 \cdot 2n} \quad \text{кг / цикл}$

$$z = \frac{2n}{\tau} \quad \text{цикл / мин}$$

Расход воздуха, который теоретически может размеситься в цилиндрах двигателя при нормальных условиях

$$G'_B = \frac{V_h i \rho_B}{1000} \quad \text{кг / цикл}$$

**Эффективный КПД** – это отношение количества теплоты  $L_e$ , преобразованной в полезную эффективную работу на валу двигателя при сгорании в его цилиндрах 1 кг топлива, к теплоте сгорания топлива  $H_u$ :

$$\eta_e = \frac{L_e}{Q_1} = \frac{L_i - L_M}{Q_1} = \frac{L_i \eta_M}{Q_1} = \eta_i \eta_M$$

$$\eta_i = \eta_t \eta_o \quad \eta_e = \eta_t \eta_o \eta_M$$

$$\eta_e = \frac{3600}{H_u g_e}$$

## Значения эффективных показателей различных двигателей на номинальном режиме работы

Двигатели	$p_e$ , МПа	$g_e$ , г/кВт ч	$\eta_e$
Четырехтактные с искровым зажиганием без наддува	0,75-0,85	327-324	0,25-0,35
Четырехтактные дизели без наддува	0,65-0,8	235-202	0,36-0,42
Четырехтактные дизели с наддувом	1,2-1,8	223-188	0,38-0,45
Двухтактные дизели без наддува	0,4-0,6	257-223	0,33-0,38
Двухтактные дизели с наддувом	0,8-1,3	223-248	0,35-0,41

# ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ДВИГАТЕЛЯ

Уравнение внешнего теплового баланса в абсолютных величинах

$$Q = Q_e + Q_{охл} + Q_M + Q_г + Q_{нс} + Q_{ост},$$

В процентном отношении уравнение теплового баланса

$$q_e + q_{охл} + q_M + q_{газ} + q_{нс} + q_{ост} = 100\%,$$

$$q_e = \frac{Q_e}{Q} 100\%; \quad q_{охл} = \frac{Q_{охл}}{Q} 100\%; \quad q_M = \frac{Q_M}{Q} 100\%;$$

$$q_г = \frac{Q_г}{Q} 100\%; \quad q_{нс} = \frac{Q_{нс}}{Q} 100\%; \quad q_{ост} = \frac{Q_{ост}}{Q} 100\%.$$

# ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ДВИГАТЕЛЯ

Общее количество теплоты  $Q$  за 1ч работы определяется по низшей теплотворной способности топлива  $H_u$  и часовому расходу топлива двигателем  $G_m$

$$Q = H_u G_T \quad \text{кДж / ч}$$

Количество полезно используемой теплоты, эквивалентное эффективной работе двигателя за 1 ч

$$Q_e = Q \eta_e = H_u G_T \eta_e \quad \text{кДж / ч}$$

Тепловые потери в охлаждающую среду

$$Q_{охл} = c_{охл} (t_{вых} - t_{вх}) G_{охл} \quad \text{кДж / ч}$$

Тепловые потери в систему смазки

$$Q_m = c_m (t_{вых} - t_{вх}) G_m \quad \text{кДж / ч}$$

# ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ДВИГАТЕЛЯ

Потери теплоты с отработавшими газами

$$Q_2 = c_p (t_{газ} - t_o) (G_в + G_T) \quad \text{кДж / ч}$$

Потери теплоты вследствие неполноты сгорания топлива определяются только для карбюраторных двигателей при коэффициенте избытка воздуха  $\alpha < 1$

$$Q_{нс} = 120(1 - \alpha) l_o G_T \quad \text{кДж / ч}$$

**Процентное соотношение составляющих теплового баланса автотракторных двигателей при работе их на режиме максимальной мощности, %**

Тип двигателя	$q_e$	$q_{охл}$	$q_g$	$q_{нс}$	$q_{ост}$
Карбюраторный	20-48	13-27	35-50	0-45	3-8
Дизель:					
без наддува	30-43	17-35	25-45	0-5	2-5
с наддувом	35-45	12-25	25-40	0-5	2-5

# ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЕЙ

**Характеристикой двигателя** называется графически выраженная зависимость основных показателей его работы от эксплуатационных, конструктивных и др. факторов.

**ГОСТ 18509-88** «Дизели тракторные и комбайновые. Методы стендовых испытаний».

**ГОСТ 14846-81** «Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний».

# ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЕЙ

**Характеристикой двигателя** называется графически выраженная зависимость основных показателей его работы от эксплуатационных, конструктивных и др. факторов.

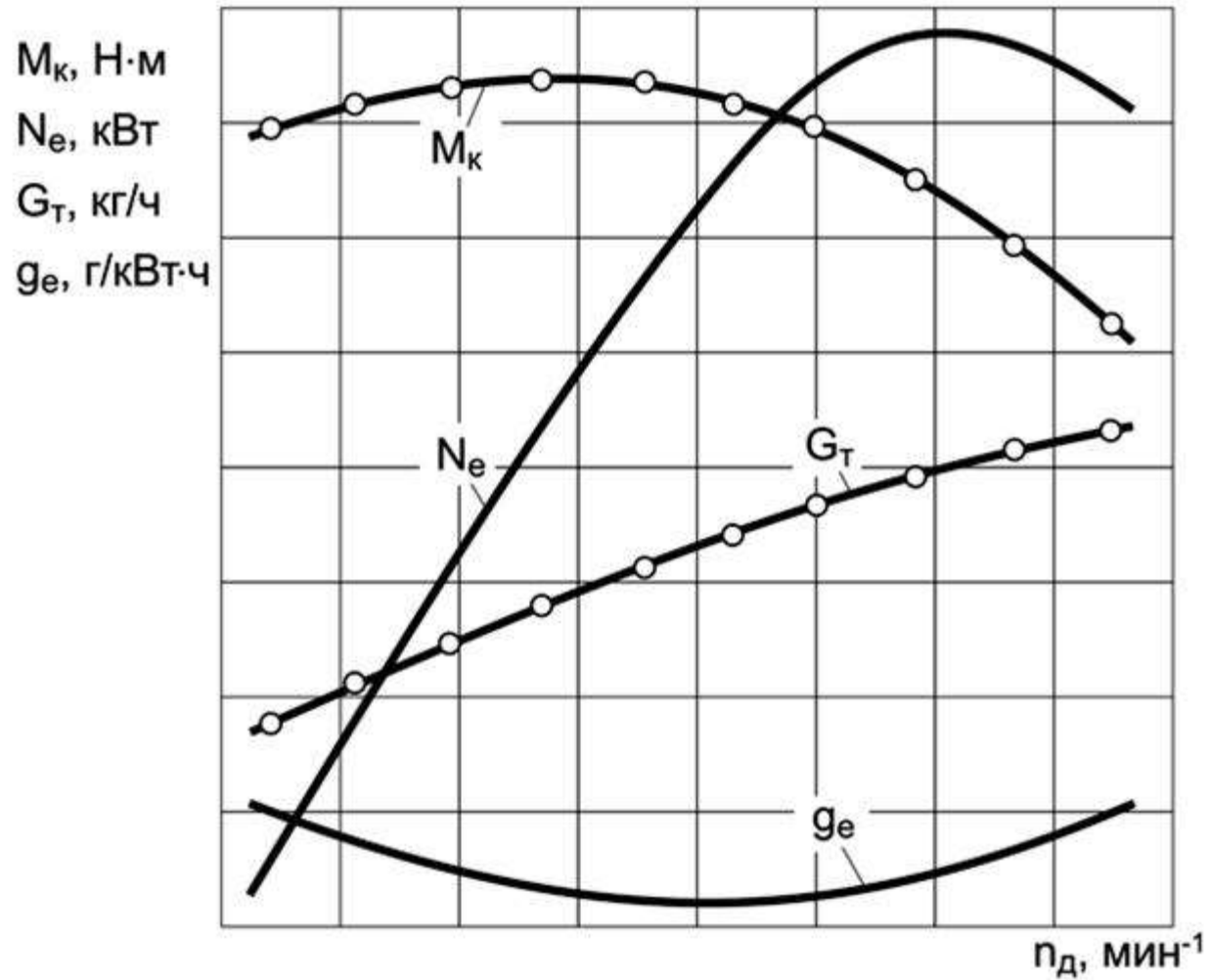
**ГОСТ 18509-88** «Дизели тракторные и комбайновые. Методы стендовых испытаний».

**ГОСТ 14846-81** «Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний».

## Характеристики АТД

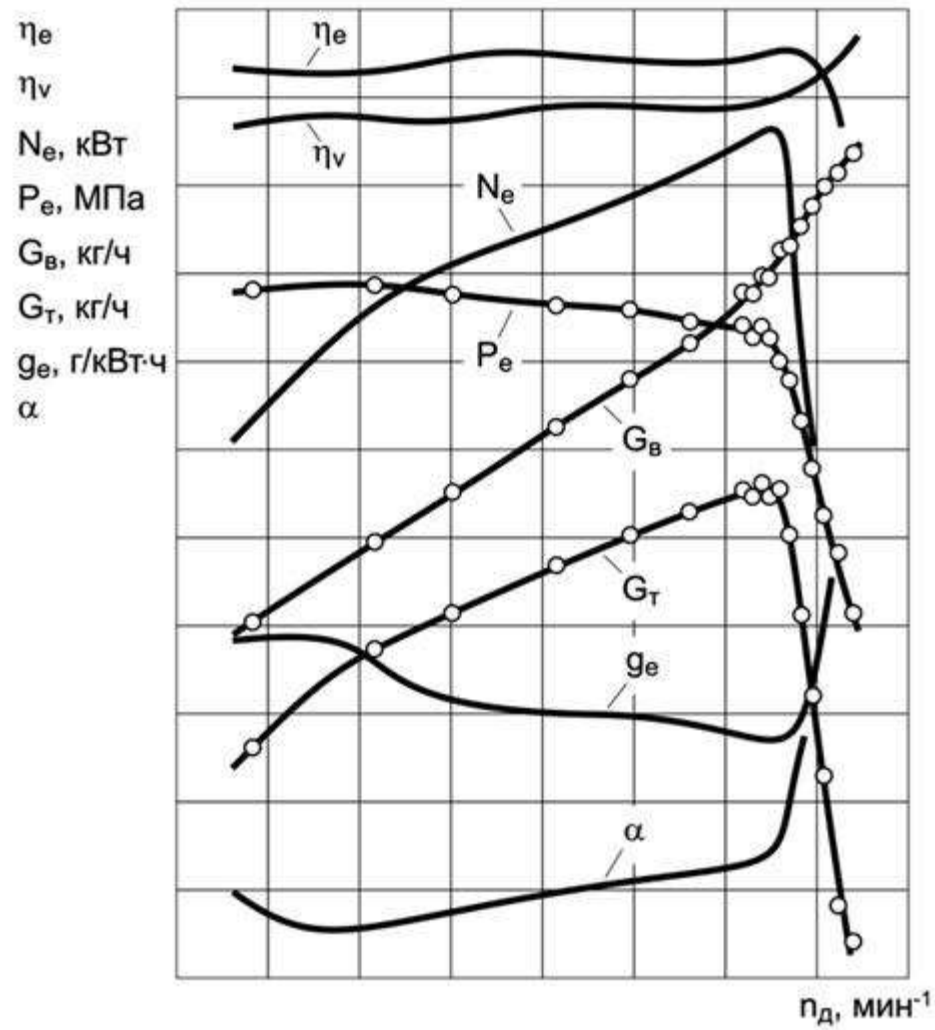
1. По составу смеси
2. По углу опережения зажигания в карбюраторном двигателе или углу опережения впрыска в дизеле
3. Нагрузочные
4. Скоростные
5. Регуляторные
6. Холостого хода
7. Многопараметровые

# Скоростные характеристики



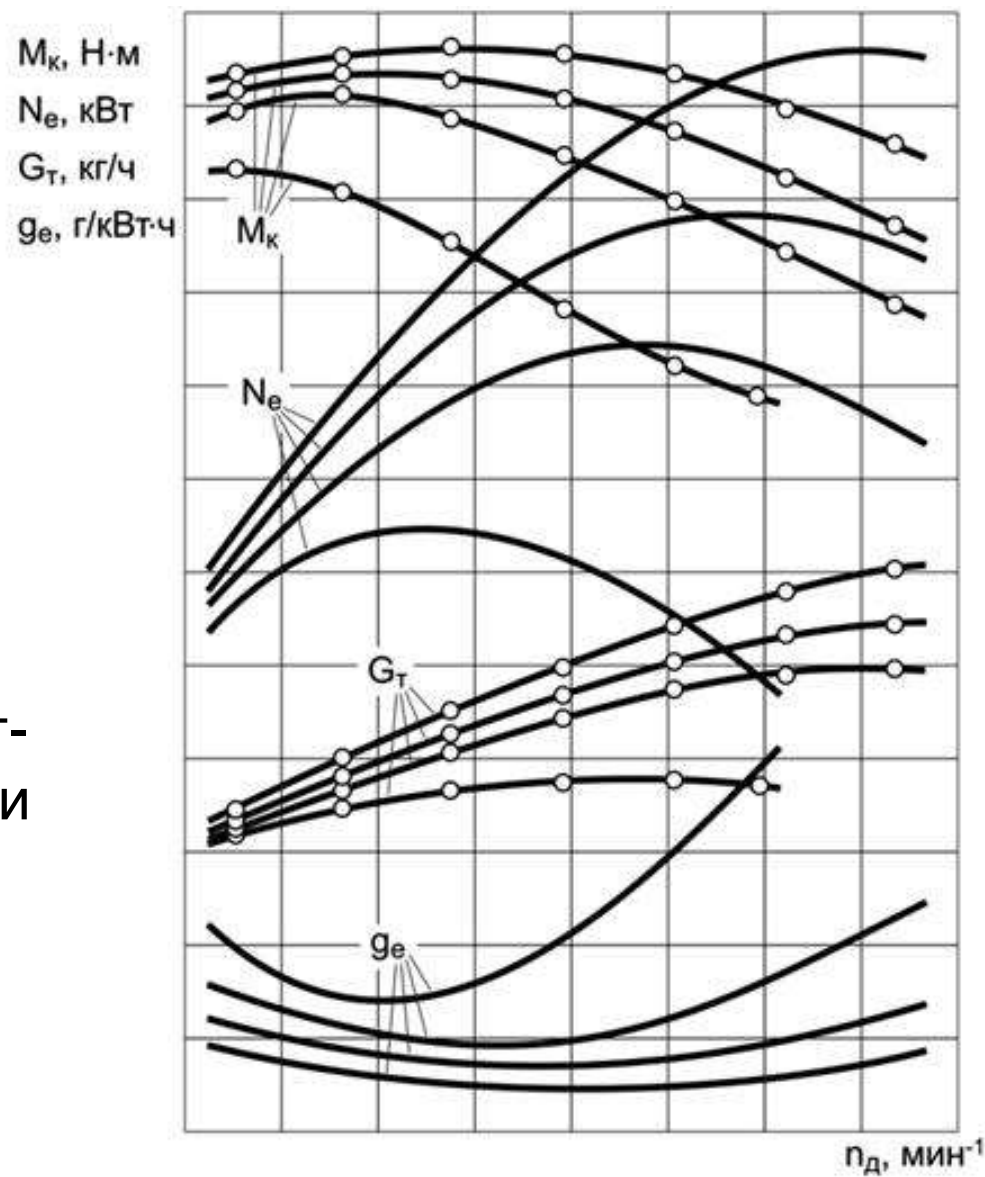
Скоростная характеристика карбюраторного двигателя

# Скоростные характеристики



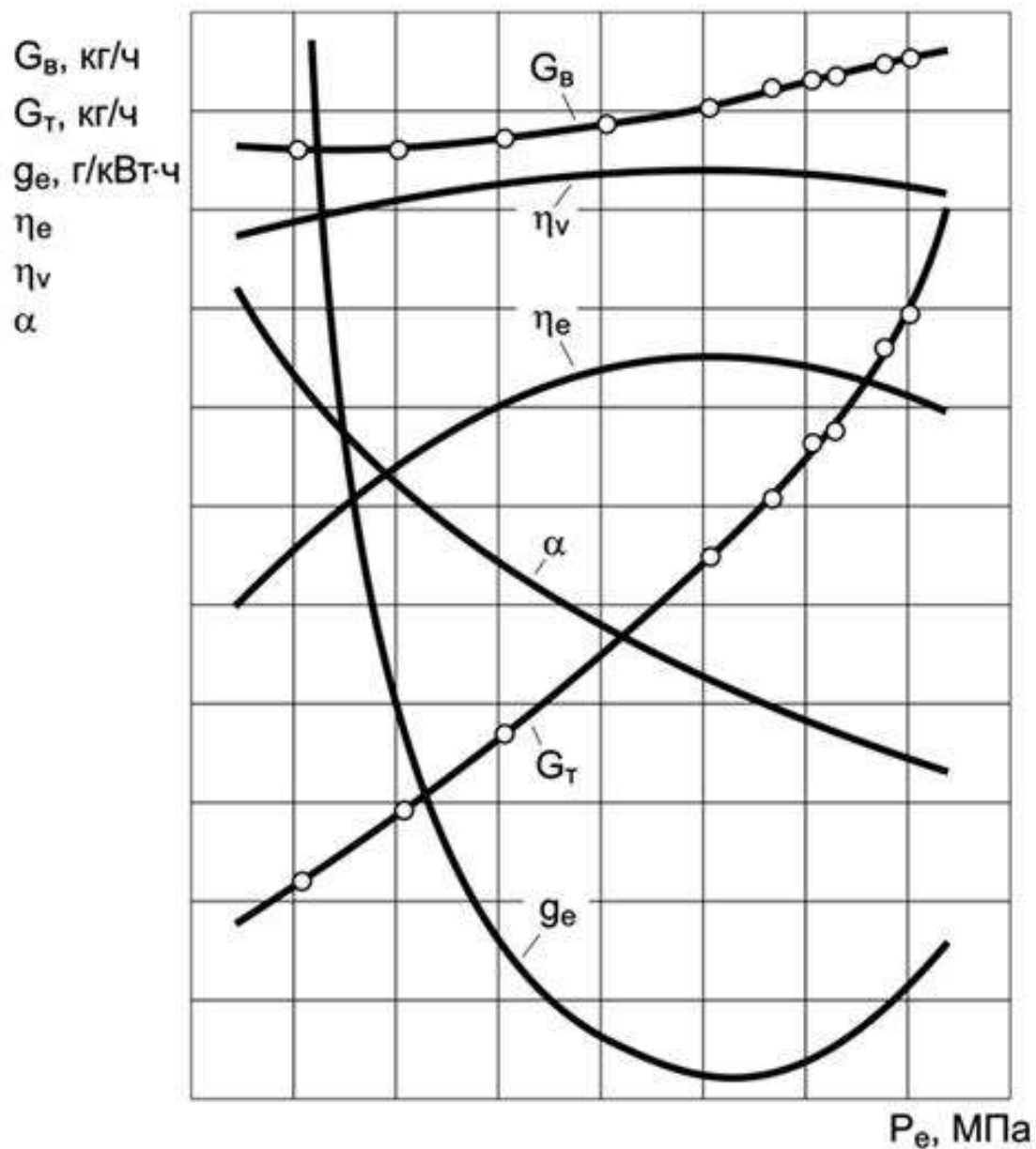
Скоростная характеристика дизеля

# Частичная скоростная характеристика



Частичные скоростные характеристики двигателя с ИЗ

# Нагрузочные характеристики



Нагрузочная характеристика дизеля

# Регулировочная характеристика бензинового двигателя по составу смеси

$\alpha_N$  – регулировка на наибольшую мощность,  $\alpha_э$  – регулировка на наибольшую экономичность

