

**Цель работы:** приобрести навыки самостоятельного выбора режима высокоэффективного использования двигателей в зависимости от условий работы.

## 1. СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ

1. По заданному варианту (прил. А) стендовых испытаний тракторного двигателя (прил. Б) построить скоростную характеристику двигателя (в качестве примера работа выполнена по двигателю Д-260.1С2 трактора «Беларус-1221»). Выполнение данной работы ограничим построением только графика крутящего момента (рис. 1).

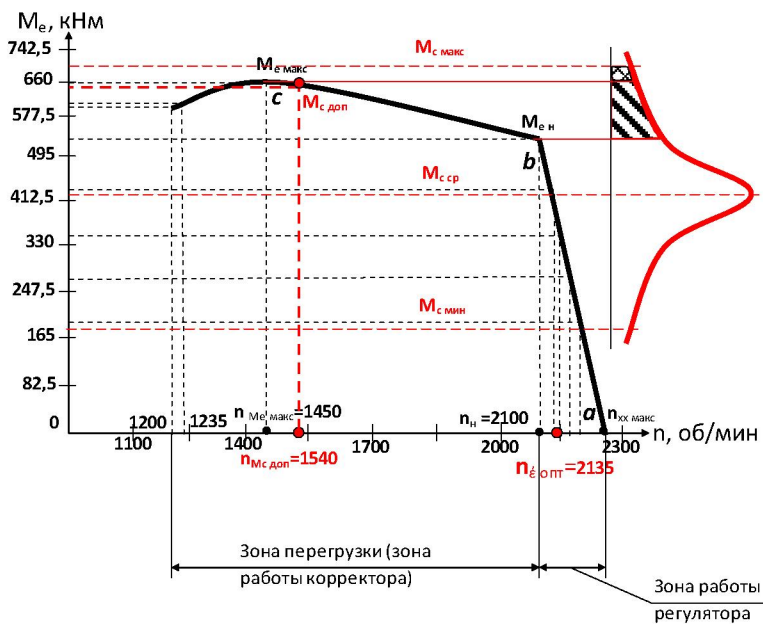


Рис. 1. График зависимости крутящего момента от частоты вращения коленвала двигателя

2. На характеристике отметить режимы: максимального холостого хода двигателя  $n_{\text{хх макс}}$ ; номинального  $n_{\text{н}}$ , максимального крутящего момента  $n_{M_{e \text{ макс}}}$  и обозначить соответствующие зоны (рис. 1).

3. Рассчитать коэффициенты приспособляемости двигателя по крутящему моменту  $k_M$  (формула (4)) и частоте вращения коленвала  $k_n$  (формула (5)), обосновать направления их изменения с целью улучшения эксплуатационных показателей двигателя и трактора в целом.

4. Определить запас крутящего момента двигателя в зоне перегрузки  $\Delta M$  (формула (6)).

5. Определить из условия безостановочной устойчивой работы двигателя наибольшее допустимое значение момента сил сопротивления  $M_{c_{доп}}$  (формула (7)) и соответствующую ему частоту вращения коленвала  $n_{M_{c_{доп}}}$  (формула (9)).

6. Для заданного варианта по прил. В выбрать оптимальное значение коэффициента загрузки двигателя по мощности  $\varepsilon_{N_{опт}}$  при заданном коэффициенте вариации момента сил сопротивления  $\nu_M$  и рассчитать соответствующую частоту вращения коленвала  $n_{\varepsilon_{опт}}$  (формула (12)).

Определить среднее, максимальное и минимальное значения момента сопротивления ( $M_{c_{ср}}$ ,  $M_{c_{мин}}$ ,  $M_{c_{макс}}$  (формулы (15)–(19))) на коленчатом валу двигателя по условию безостановочной работы. Определить также оптимальное значение коэффициента загрузки двигателя по крутящему моменту  $\varepsilon_{M_{опт}}$  (формула (20)) и сравнить его с  $\varepsilon_{N_{опт}}$ .

7. Показать на графике (см. рис. 1) скоростной характеристики двигателя область возможных значений момента сопротивления  $M_c$ , а также построить примерный график нормального закона распределения  $M_c$  как случайной величины. Сделать вывод о необходимости переключения передач трактора в процессе работы.

## 2. УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЯ

При нормальной загрузке двигателя происходит более полное сгорание топлива и, соответственно, уменьшается количество вредных выбросов в атмосферу, что особенно важно с экологической точки зрения.

Эксплуатационные свойства ДВС определяются эффективной мощностью  $N_e$  (кВт), крутящим моментом  $M_e$ , угловой скоростью  $\omega$  или частотой вращения коленчатого вала  $n$ , а также часовым  $G_T$  и удельным  $g_e$  (г/(кВт · ч)) расходом топлива (таблица).

### Параметры скоростной характеристики двигателя

Мощность $N_e$ , кВт	Частота вращения коленвала $n$ , об/мин	Крутящий момент $M_e$ , Н·м	Часовой расход топлива $G_T$ , кг/ч	Удельный расход топлива $g_e$ , г/(кВт·ч)
0	2270	0	8,1	$\infty$
50	2210	216	13,8	276
60	2200	260	16,1	268
80	2180	350	20,6	257
100	2150	444	25,0	250
116	2100	528	28,2	243
100	1450	659	21,3	213
80	1235	619	17,0	213
76,4	1200	608	16,3	214

Эти величины связаны между собой соотношениями:

$$N_e = M_e \omega = M_e \frac{\pi n}{30} = 0,105 M_e n, \quad (1)$$

где  $M_e$  – крутящий момент, кН·м;

$\omega, n$  – угловая скорость, частота вращения коленвала,  $c^{-1}$ , об/мин;

$$g_e = \frac{10^3 G_T}{N_e}, \quad (2)$$

где  $G_T$  – часовой расход топлива, кг/ч;

$N_e$  – эффективная мощность двигателя, кВт.

На рис. 1 регуляторной ветви соответствует отрезок  $ab$ , а перегрузочной (корректорной) ветви – отрезок  $bc$ .

Основным режимам работы двигателя на графике соответствуют точки:  $a$  – режим холостого хода при полной подаче топлива, крутящем моменте  $M_e = 0$ , мощности  $N_e = 0$  и частоте вращения коленвала  $n_{x_{\max}} = 2270$  об/мин;  $b$  – режим номинальной загрузки двигателя при крутящем моменте  $M_{e_{\text{н}}} = 528$  Н·м, номинальной мощности  $N_{e_{\text{н}}} = 116$  кВт и номинальной частоте вращения коленвала  $n_{\text{н}} = 2100$  об/мин;  $c$  – режим максимальной перегрузки двигателя при наибольшем крутящем моменте  $M_{e_{\text{max}}} = 659$  Н·м, соответствующей мощности  $N_e = 100$  кВт и частоте вращения коленвала  $n_{M_{e_{\text{max}}}} = 1450$  об/мин.

Значение мощности  $N_e$ , соответствующей режиму максимальной перегрузки двигателя, можно рассчитать по формуле

$$N_e = 0,105 M_{e_{\max}} n_{M_{e_{\max}}} = 0,105 \cdot 659 \cdot 1450 \cdot 10^{-3} = 100 \text{ кВт.} \quad (3)$$

Большое значение при эксплуатационной оценке двигателей тракторов придается коэффициентам приспособляемости по крутящему моменту и частоте вращения коленвала.

Коэффициенты приспособляемости двигателя по крутящему моменту  $k_M$  и  $k_n$  в соответствии с теорией трактора рассчитывают по формулам:

$$k_M = \frac{M_{e_{\max}}}{M_{e_H}} = \frac{659}{528} = 1,25; \quad (4)$$

$$k_n = \frac{n_H}{n_{M_{e_{\max}}}} = \frac{2100}{1450} = 1,45. \quad (5)$$

Указанные коэффициенты характеризуют способность двигателя преодолевать кратковременные перегрузки при неизбежных колебаниях сил сопротивления, действующих как на трактор, так и на рабочие машины. Чем больше значения  $k_M$  и  $k_n$ , тем дольше двигатель выдерживает временные перегрузки без переключения передач трактора, а следовательно, повышается производительность, сокращается расход топлива, снижается утомляемость тракториста, уменьшается износ механизмов управления трактором.

Запас крутящего момента двигателя в зоне перегрузки  $\Delta M$ , который может быть использован для преодоления кратковременных случайных перегрузок, возникающих вследствие непостоянства тягового сопротивления рабочих машин, определяется разностью значений крутящего момента максимального и номинального:

$$\Delta M = M_{e_{\max}} - M_{e_H} = 659 - 528 = 131 \text{ Н} \cdot \text{м.} \quad (6)$$

В условиях эксплуатации нагрузку двигателя рекомендуется подбирать таким образом, чтобы максимальный момент двигателя  $M_{e_{\max}}$  и сил сопротивления  $M_{c_{\max}}$  удовлетворяли условию

$$M_{c_{\max}} \leq 0,97M_{e_{\max}} \leq 0,97M_{e_n} k_M.$$

Это условие называется условием безостановочной работы двигателя.

Тогда наибольшее допустимое значение момента сил сопротивления на валу двигателя будет равно:

$$M_{c_{\text{доп}}} = 0,97M_{e_{\max}} = 0,97M_{e_n} k_M = 0,97 \cdot 528 \cdot 1,25 = 640,2 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (7)$$

Все современные тракторы оборудованы тахоспидометрами, позволяющими оценивать загрузку двигателя по частоте вращения коленвала. В связи с этим необходимо определить частоту вращения вала двигателя  $n_{M_{c_{\text{доп}}}}$ , соответствующую режиму допустимой перегрузки  $M_{c_{\text{доп}}}$ .

Для этого воспользуемся формулой, описывающей зависимость крутящего момента на корректорной ветви скоростной характеристики от частоты вращения коленвала:

$$M_{i_n} = M_{e_n} + (M_{e_{\max}} - M_{e_n}) \frac{n_n - n_i}{n_n - n_{M_{e_{\max}}}}. \quad (8)$$

В этой формуле принимаем  $M_{i_n} = M_{c_{\max}} = 0,97M_{e_{\max}}$ . Тогда соответствующая данному режиму частота вращения вала двигателя будет равна:

$$\begin{aligned} n_{M_{c_{\text{доп}}}} &= n_n - \left( \frac{0,97M_{e_{\max}} - M_{e_n}}{M_{e_{\max}} - M_{e_n}} \right) (n_n - n_{M_{e_{\max}}}) = \\ &= 2100 - \left( \frac{640,2 - 528}{659 - 528} \right) \cdot (2100 - 1450) = 1541 \text{ об / мин}. \end{aligned} \quad (9)$$

Принимаем 1540 об/мин.

Сравнивая значение  $n_{M_{c_{\text{доп}}}}$  с показаниями тахоспидометра в процессе работы, можно подбирать такие передачи трактора, при которых фактическая частота вращения вала двигателя  $n_i$  будет удовлетворять условию устойчивой работы без заглохания:  $n_i \geq n_{M_{c_{\text{доп}}}}$ .

Определим оптимальный режим работы двигателя трактора «Беларус-1221» на вспашке при коэффициенте вариации момента сил сопротивления  $v_M = 20\%$ .

Под оптимальным (наилучшим) следует подразумевать такое значение коэффициента загрузки двигателя по мощности  $\varepsilon_{N_{\text{опт}}}$ , при котором удельный расход топлива  $g_e$  минимален. Значение  $g_{e_{\text{мин}}}$  зависит от конструктивных особенностей самого двигателя и закономерностей изменения действующих сил сопротивления. Чем больше неравномерность этих сил, тем меньше должен быть коэффициент загрузки двигателя  $\varepsilon_N$ , так как требуется больший запас мощности для преодоления временных перегрузок. Неравномерность сил сопротивления характеризуется коэффициентом вариации момента этих сил на валу двигателя  $v_M$ . При этом каждому значению  $v_M$  соответствует такой оптимальный коэффициент загрузки двигателя  $\varepsilon_{N_{\text{опт}}}$ , при котором имеет место минимальный удельный расход топлива  $g_{e_{\text{мин}}}$ . Однако аналитические методы определения  $g_{e_{\text{мин}}}$  в функции  $v_M$  пока не разработаны из-за весьма сложного характера этой зависимости, поэтому при практических расчетах обычно используют приближенные опытные значения  $\varepsilon_{N_{\text{опт}}}$ .

В общем виде коэффициент загрузки двигателя по мощности определяют по зависимости

$$\varepsilon_N = \frac{N_i}{N_{e_H}}, \quad (10)$$

где  $N_i$  – текущее значение мощности двигателя при  $i$ -й загрузке, кВт.

Исходя из заданного значения коэффициента вариации момента сил сопротивления для двигателя Д-260.1С2 трактора «Беларус-1221»  $v_M = 20\%$  оптимальное значение коэффициента загрузки двигателя по мощности будет равно  $\varepsilon_{N_{\text{опт}}}$  (прил. В).

Для обеспечения данного значения коэффициента загрузки двигателя рассчитаем соответствующую частоту вращения его коленвала, чтобы по показаниям тахоспидометра поддерживать оптимальный режим работы. Поскольку  $\varepsilon_{N_{\text{опт}}} < 1$ , то для расчета  $n_{e_{\text{опт}}}$  воспользуемся формулой

$$\varepsilon_{N_{\text{опт}}} = \frac{N_{e_{\text{опт}}}}{N_{e_H}} = \frac{M_{e_{\text{опт}}} - n_{e_{\text{опт}}}}{M_{e_H} - n_H} = \frac{n_{\times \times \text{max}} - n_{e_{\text{опт}}} - n_{e_{\text{опт}}}^2}{n_{\times \times \text{max}} n_H - n_H^2}. \quad (11)$$

Откуда

$$n_{\varepsilon_{\text{опт}}} = 0,5n_{\times \times \text{max}} + \sqrt{0,25n_{\times \times \text{max}}^2 - \varepsilon_{N_{\text{опт}}} (n_{\times \times \text{max}} n_{\text{н}} - n_{\text{н}}^2)}. \quad (12)$$

Подставляя численные значения, получим:

$$n_{\varepsilon_{\text{опт}}} = 0,5 \cdot 2270 + \sqrt{0,25 \cdot 2270^2 - 0,814 \cdot (2270 \cdot 2100 - 2100^2)} = 2133,8 \text{ об/мин.}$$

Принимаем  $n_{\varepsilon_{\text{опт}}} = 2135 \text{ об/мин.}$

Сопоставляя это значение с показаниями тахоспидометра, можно поддерживать оптимальный режим работы двигателя за счет переключения передач трактора.

Используя нормальный закон распределения, находят наименьшее  $M_{\text{сmin}}$  и наибольшее  $M_{\text{сmax}}$  значения момента сил сопротивления на валу двигателя:

$$M_{\text{сmin}} = M_{\text{сcp}} - 3\sigma_{\text{м}}; \quad (13)$$

$$M_{\text{сmax}} = M_{\text{сcp}} + 3\sigma_{\text{м}}; \quad (14)$$

где  $M_{\text{сcp}}$  – математическое ожидание момента сил сопротивления, Н·м;

$\sigma_{\text{м}}$  – среднее квадратическое отклонение момента, Н·м.

Значение  $M_{\text{сcp}} = M_{\varepsilon_{\text{опт}}}$  с учетом формулы определения оптимального коэффициента загрузки двигателя по крутящему моменту

$$\varepsilon_{M_{\text{опт}}} = \frac{M_{\varepsilon_{\text{опт}}}}{M_{\varepsilon_{\text{н}}}} = \varepsilon_{N_{\text{опт}}} \frac{n_{\text{н}}}{n_{\varepsilon_{\text{опт}}}}$$

примет вид

$$M_{\text{сcp}} = M_{\varepsilon_{\text{н}}} \frac{\varepsilon_{N_{\text{опт}}} n_{\text{н}}}{n_{\varepsilon_{\text{опт}}}}, \quad (15)$$

$$M_{\text{сcp}} = 528 \cdot \frac{0,814 \cdot 2100}{2135} = 422,8 \text{ Н·м.}$$

Коэффициент вариации и среднее квадратическое отклонение момента сил сопротивления связаны соотношениями:

$$v_{\text{м}} = \frac{\sigma_{\text{м}}}{M_{\text{сcp}}} 100; \quad (16)$$

$$\sigma_M = \frac{M_{\text{ср}}}{100} v_M. \quad (17)$$

С учетом этих соотношений получаем наименьшее и наибольшее значения момента сил сопротивления на валу двигателя:

$$M_{\text{сmin}} = M_{\text{ср}} \left(1 - \frac{3v_M}{100}\right) = 422,8 \cdot \left(1 - \frac{3 \cdot 20}{100}\right) = 169,12 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad (18)$$

$$M_{\text{сmax}} = M_{\text{ср}} \left(1 + \frac{3v_M}{100}\right) = 422,8 \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot 20}{100}\right) = 676,48 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (19)$$

Если  $M_{\text{сmax}} \leq M_{\text{сдоп}}$ , то в процессе работы не требуется переключать передачи трактора из-за перегрузки двигателя; если же наоборот, как в нашем случае,  $676,6 > 640,2$ , это говорит о возможном переключении передач в процессе работы.

Вообще значение  $M_{\text{сmax}} \geq M_{\text{сдоп}}$  свидетельствует о том, что оптимальный коэффициент загрузки двигателя по мощности  $\varepsilon_{N_{\text{опт}}}$  не гарантирует полного исключения чрезмерных кратковременных перегрузок двигателя, но вероятность их будет весьма мала.

Оптимальный коэффициент загрузки двигателя по крутящему моменту определяют по уравнению

$$\varepsilon_{M_{\text{опт}}} = \varepsilon_{N_{\text{опт}}} \frac{n_H}{n_{\varepsilon_{\text{опт}}}} = 0,814 \cdot \frac{2100}{2135} = 0,8. \quad (20)$$

На регуляторной ветви  $ab$   $n_H \leq n_{\varepsilon_{\text{опт}}}$ , чему соответствует  $\varepsilon_M \leq \varepsilon_N$ . Соотношение  $\varepsilon_M = \varepsilon_N$  имеет место только при  $n_H = n_{\varepsilon_{\text{опт}}}$ . При нормальной загрузке двигателя значения  $n_H$  и  $n_{\varepsilon_{\text{опт}}}$  близки между собой, поэтому приблизительно равны между собой  $\varepsilon_M$  и  $\varepsilon_N$  (как в нашем случае 0,8 и 0,814).

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сергеев, В. С. Технология механизированных работ в растениеводстве: учеб. пособие / В. С. Сергеев, Г. А. Валоженич, А. Е. Улахович. – Минск: Экоперспектива, 2009. – 120 с.
2. Техническое обеспечение земледелия: учеб. пособие / А. В. Новиков [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2006. – 384 с.
3. Сборник задач по техническому обеспечению процессов в земледелии: учеб. пособие / В. С. Сергеев [и др.]. – Минск: Экоперспектива, 2009. – 152 с.
4. Зангиев, А. А. Эксплуатация машинно-тракторного парка: учеб. пособие / А. А. Зангиев, А. В. Шпилько, А. Г. Левшин. – Москва: КолосС, 2008. – 320 с.
5. Иофинов, С. А. Эксплуатация машинно-тракторного парка / С. А. Иофинов, Г. П. Лышко. – Москва: Колос, 1984. – 420 с.
6. Эксплуатация машинно-тракторного парка: учеб. пособие для с.-х. вузов / под ред. Ю. В. Будько. – Минск: Ураджай, 1991. – 287 с.
7. Аллилуев, В. А. Практикум по эксплуатации машинно-тракторного парка / В. А. Аллилуев, А. Д. Ананьин, А. Х. Морозов. – Москва: Агропромиздат, 1987. – 156 с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

### Исходные данные

Номер варианта	Двигатель	Коэффициент вариации момента сил сопротивления $v_{\text{мс}}$ %
1	Д-242	10
2	Д-242	20
3	Д-242	30
4	Д-243	10
5	Д-243	20
6	Д-243	30
7	Д-244	10
8	Д-244	20
9	Д-244	30
10	Д-245	10
11	Д-245	20
12	Д-245	30
13	Д-245.5	10
14	Д-245.5	20
15	Д-245.5	30
16	Д-260.1	10
17	Д-260.1	20
18	Д-260.1	30
19	Д-260.2	10
20	Д-260.2	20
21	Д-260.2	30
22	Д-260.4	10
23	Д-260.4	20
24	Д-260.4	30
25	LDW1503NR	10
26	LDW1503NR	20
27	LDW1503NR	30
28	DDC S40E	10
29	DDC S40E	20
30	DDC S40E	30
31	ЯМЗ-240	10
32	ЯМЗ-240	20
33	ЯМЗ-240	30

**Параметры внешних скоростных характеристик тракторных двигателей**

Показатель	Значения показателя											
<b>Д-244</b>												
Частота вращения коленчатого вала, мин <sup>-1</sup>	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1650	1700	1750	1780	1825
Крутящий момент, Н · м	263	261	259	256	252	248	243	240	236	142	85	0
Мощность, кВт	27,5	30,1	32,5	34,8	36,9	39,0	40,7	41,5	42,0	26,0	15,8	0
Часовой расход топлива, кг/ч	7,0	7,4	7,7	8,1	8,4	8,8	9,1	9,3	9,5	6,7	5,0	2,5
Удельный расход топлива, г/(кВт · ч)	253,0	244,3	237,2	231,6	227,6	225,2	224,3	224,5	225,0	257,7	317,7	+∞
<b>Д-242</b>												
Частота вращения коленчатого вала, мин <sup>-1</sup>	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1850	1870	1933
Крутящий момент, Н · м	278	276	274	271	267	262	256	251	244	152	116	0
Мощность, кВт	29,1	31,8	34,4	36,9	39,1	41,2	42,9	44,7	46,0	29,4	22,7	0
Часовой расход топлива, кг/ч	7,7	8,1	8,5	8,8	9,2	9,5	9,8	10,2	10,5	7,6	6,4	2,8
Удельный расход топлива, г/(кВт · ч)	263,0	253,8	246,0	239,7	234,7	231,2	229,0	228,3	229,0	258,7	284,0	+∞
<b>Д-243</b>												
Частота вращения коленчатого вала, мин <sup>-1</sup>	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2270	2320	2362
Крутящий момент, Н · м	286	285	284	282	279	276	272	267	260	148	67	0
Мощность, кВт	41,9	44,8	47,6	50,2	52,6	54,9	57,0	58,7	59,9	35,2	16,3	0
Часовой расход топлива, кг/ч	10,1	10,5	10,9	11,3	11,7	12,1	12,5	12,9	13,2	9,0	6,0	3,5
Удельный расход топлива, г/(кВт · ч)	240,3	234,6	229,8	225,9	222,9	220,8	219,6	219,4	220,0	255,9	369,0	+∞

Показатель	Значения показателя											
<b>Д-245,5</b>												
Частота вращения коленчатого вала, мин <sup>-1</sup>	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1850	1870	1933
Крутящий момент, Н · м	386	384	382	379	375	370	364	358	350	218	166	0
Мощность, кВт	40,4	44,2	48,0	51,6	55,0	58,1	61,0	63,7	66,0	42,2	32,5	0
Часовой расход топлива, кг/ч	10,1	10,6	11,2	11,7	12,2	12,7	13,2	13,8	14,3	10,3	8,7	3,7
Удельный расход топлива, г/(кВт · ч)	249,3	240,5	233,2	227,1	222,4	219,0	217,0	216,3	217,0	244,4	268,3	+∞
<b>Д-245</b>												
Частота вращения коленчатого вала, мин <sup>-1</sup>	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2270	2320	2365
Крутящий момент, Н · м	375	373	370	367	363	358	352	344	334,3	192	91	0
Мощность, кВт	55,0	58,6	62,0	65,3	68,4	71,2	73,7	75,6	77,0	45,6	22,1	0
Часовой расход топлива, кг/ч	13,8	14,3	14,8	15,4	15,9	16,4	16,8	17,3	17,6	12,1	8,1	4,6
Удельный расход топлива, г/(кВт · ч)	250,1	244,2	239,2	235,1	232,0	229,8	228,6	228,3	229,0	265,0	368,6	+∞
<b>Д-260.2С</b>												
Частота вращения коленчатого вала, мин <sup>-1</sup>	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2050	2100	2150	2200	2255
Крутящий момент, Н · м	500	498	492	482	473	462	449	443	436,5	296	155	0
Мощность, кВт	73,3	78,2	82,4	85,8	89,2	91,9	94,0	95,1	96,0	66,6	35,7	0
Часовой расход топлива, кг/ч	17,8	18,6	19,2	19,7	20,3	20,7	21,2	21,4	21,7	16,5	11,4	5,7
Удельный расход топлива, г/(кВт · ч)	242,8	237,3	232,9	229,5	227,1	225,7	225,3	225,5	226,0	248,3	318,7	+∞

<b>Д-260.1С</b>												
Частота вращения коленчатого вала, мин <sup>-1</sup>	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2050	2100	2150	2200	2255
Крутящий момент, Н · м	615	614	610	602	590	572	546	534	523	354	186	0
Мощность, кВт	90,2	96,4	102,2	107,2	111,2	113,8	114,3	114,6	115,0	79,7	42,8	0
Часовой расход топлива, кг/ч	21,4	22,4	23,3	24,1	24,7	25,1	25,2	25,3	25,4	19,4	13,3	6,7
Удельный расход топлива, г/(кВт · ч)	237,5	232,1	227,7	224,4	222,0	220,7	220,3	220,5	221,0	243,0	312,0	+∞
<b>LDW1503NR</b>												
Частота вращения коленчатого вала, мин <sup>-1</sup>	1900	2200	2400	2500	2600	2700	2800	2900	3000	3080	3150	3221
Крутящий момент, Н · м	87,0	86,0	84,7	83,6	82,4	81,3	80,2	79,3	78,3	50,0	25,2	0
Мощность, кВт	17,3	19,8	21,3	21,9	22,4	23,0	23,5	24,1	24,6	16,1	8,3	0
Часовой расход топлива, кг/ч	4,1	4,5	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	3,9	2,7	1,4
Удельный расход топлива, г/(кВт · ч)	236,3	225,0	219,9	218,0	216,7	215,8	215,4	215,4	216,0	241,5	319,6	+∞
<b>DDC S40E</b>												
Частота вращения коленчатого вала, мин <sup>-1</sup>	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2050	2100	2200	2270	2320	2362
Крутящий момент, Н · м	1114,0	1077,0	1040,0	1002,0	962,0	925,0	904,0	884,0	846,5	480,7	219,5	0
Мощность, кВт	175,0	180,4	185,1	188,9	191,4	193,7	194,1	194,4	195,0	114,3	53,3	0
Часовой расход топлива, кг/ч	40,7	41,1	41,4	41,7	41,9	42,1	42,2	42,3	42,5	29,0	19,3	11,2
Удельный расход топлива, г/(кВт · ч)	232,4	227,7	223,8	220,8	218,8	217,6	217,4	217,4	218,0	253,5	362,4	+∞

Показатель	Значения показателя											
<b>Д-260.4С</b>												
Частота вращения коленчатого вала, мин <sup>-1</sup>	1500	1600	1650	1700	1800	1900	1950	2000	2100	2150	2200	2255
Крутящий момент, Н · м	807,0	803,0	800,0	796,0	785,0	765,0	752,0	740,0	709,5	480,6	251,8	0
Мощность, кВт	126,8	134,5	138,2	141,7	148,0	152,2	153,5	155,0	156,0	108,2	58,0	0
Часовой расход топлива, кг/ч	29,3	30,5	31,1	31,7	32,7	33,4	33,7	34,0	34,3	26,1	18,0	9,0
Удельный расход топлива, г/(кВт · ч)	231,0	226,7	224,9	223,4	221,0	219,7	219,4	219,3	220,0	241,6	310,0	+∞
<b>ЯМЗ-240Б</b>												
Частота вращения коленчатого вала, мин <sup>-1</sup>	1000	1200	1500	1750	1900	2000	2050	2150				
Крутящий момент, Н · м	1120	1200	1214	1185	1110	735	479	0				
Мощность, кВт	118,0	151,3	191,0	215,5	221,0	154,6	103,0	0				
Часовой расход топлива, кг/ч	31,2	37,6	45,5	51,9	54,0	45,0	37,5	22,5				
Удельный расход топлива, г/(кВт · ч)	265	249	239	241	245	283	364	+∞				

## Оптимальные коэффициенты загрузки двигателя

Двигатель	Коэффициент загрузки $\varepsilon_{N_{\text{опт}}}$ при коэффициенте вариации $\nu_M, \%$		
	10	20	30
Д-242	0,905	0,811	0,718
Д-243	0,905	0,812	0,719
Д-244	0,906	0,837	0,756
Д-245	0,906	0,813	0,719
Д-245.5	0,907	0,814	0,719
Д-260.1	0,922	0,829	0,747
Д-260.2	0,924	0,830	0,748
Д-260.4	0,926	0,832	0,750
LDW1503NR	0,904	0,805	0,698
DDC S40E	0,920	0,834	0,751
ЯМЗ-240	0,923	0,837	0,752