

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ

ФГБОУ ВО БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

КАФЕДРА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В АГРОБИЗНЕСЕ  
ПРИРОДООБУСТРОЙСТВЕ И ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Самусенко В. И., Сакович Н. Е.

**ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ДВИГАТЕЛЕЙ  
И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН.  
ОБОСНОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ РЕЖИМОВ  
РАБОТЫ**

Методические указания для выполнения  
практической работы № 1  
по дисциплине: «Эксплуатация машинно-тракторного парка»  
студентам инженерно-технологического института  
по направлению подготовки  
35.03.06 «Агроинженерия»

Брянск 2021

УДК 631.3-1/-9 (076)  
ББК 40.72  
С 17

Самусенко, В. И. Эксплуатационные свойства двигателей и сельскохозяйственных машин. Обоснование энергосберегающих режимов работы: методические указания для выполнения практической работы № 1 по дисциплине «Эксплуатация машинно-тракторного парка» студентам инженерно-технологического института по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия» / В. И. Самусенко, Н. Е. Сакович. - Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2021. - 20 с.

Методические указания предназначены для выполнения практической работы по обоснованию энергосберегающих режимов работы двигателей тракторов и самоходных машин. Для студентов инженерно-технологического института.

Рецензент: к.т.н., доцент Лабух В.М.

Рекомендовано к изданию решением методической комиссией инженерно-технологического института, протокол № 5 от 26 февраля 2021 года.

© Брянский ГАУ, 2021  
© Самусенко В.И., 2021  
© Сакович Н.Е., 2021

## Содержание

	стр.
ЦЕЛЬ РАБОТЫ .....	4
СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ .....	4
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.....	6
ПРИМЕР РАСЧЕТА.....	15
ОТЧЕТ .....	17
ЛИТЕРАТУРА.....	19

**Цель задания** – приобрести навыки самостоятельного выбора режима высокоэффективного использования двигателей тракторов в зависимости от условий выполнения технологической операции.

Поскольку двигатель является источником энергии на агрегате, то в конечном итоге задача сводится к умению реализовать вырабатываемую энергию с наибольшей эффективностью в соответствии с современными требованиями ресурсосбережения.

### **Содержание задания**

1. Выписать из таблицы 1.1 исходные данные по соответствующему варианту задания.

2. Изобразить в тетради регуляторную и перегрузочную (корректорную) ветви регуляторной характеристики дизельного двигателя с всережимным регулятором, а также выбрать взаимосвязанные значения крутящего момента  $M$ , мощности  $N$  и частоты вращения  $n$  для основных граничных режимов работы, записав их в тетради.

3. Рассчитать коэффициенты приспособляемости двигателя по крутящему моменту  $k_M$  и по частоте вращения  $k_n$  и указать направление их изменения с целью улучшения эксплуатационных показателей двигателя и трактора в целом.

4. Определить из условия безостановочной устойчивой работы наибольшее допустимое значение момента сил сопротивления на валу двигателя  $M_y$  и соответствующую ему частоту вращения  $n_y$ .

5. Выбрать оптимальное значение коэффициента загрузки двигателя по мощности  $\epsilon_{Nopt}$  при заданном коэффициенте вариации момента сил сопротивле-

ния  $v_M$  и рассчитать соответствующую частоту вращения  $n_{\text{опт}}$ . Определить также оптимальное значение коэффициента загрузки двигателя по крутящему моменту  $\epsilon_{M\text{опт}}$  и сравнить его с  $\epsilon_{N\text{опт}}$ .

б. Используя нормальный закон распределения момента  $M_c$  сил сопротивления на валу двигателя, определить наименьшее  $M_{c\text{min}}$  ( $M_M$ ) и наибольшее  $M_{c\text{max}}$  ( $M_m$ ) значения. Сделать вывод о необходимости переключения передач трактора в процессе работы.

Таблица 1.1

**Варианты заданий. Основные параметры двигателей тракторов**

№ варианта	Трактор	Двигатель	Исходные данные по двигателям						Удельный расход $g_c$ , г/(кВт ч)
			$N_n$ , кВт	$M_n$ , кН-м	$M_{\text{max}K}$ , Н-м	$n_n$ , об/мин	$n_x$ , об/мин	$n_m$ об/мин	
1	BT3-2032	Д-120	18,4	0,097	0,107	1800	1920	1200	245
2	BT3-2048	Д-130	33,0	0,105	0,119	2000	2150	ИЗО	241
3	T-40MC	Д-144	36,8	0,196	0,226	1975	2150	1200	252
4	ЛТЗ-55А	Д-14432	39,0	0,183	0,210	1800	1950	1270	248
5	ЛТЗ-60АБ	Д-248	42,3	0,218	0,250	2000	2210	1500	229
6	ЛТЗ-155	ЯМЗ-236	110,0	0,613	0,704	1850	2010	1650	255
7	ЮМЗ-6АКМ	Д-65М	46,3	0,272	0,312	1750	2950	1430	235
8	ЮМЗ-8240	Д-243	57,4	0,268	0,308	2200	2370	1400	229
9	Беларус-80	Д-243	57,4	0,268	0,308	2200	2370	1400	229
10	Беларус-82	Д-243	57,4	0,268	0,308	2200	2370	1400	229
11	Беларус-1025	Д-245	73,6	0,345	0,396	2200	2390	1420	236
12	Беларус-1221	Д-260	114,0	0,560	0,644	2100	2300	1460	226
13	Беларус-2022	Д-2604	148,6	0,730	0,870	2100	2340	1450	227
14	Беларус-2522	ДТА-530	176,0	0,846	1,015	2100	2360	1570	246
15	ХТЗ-150-05	СМД-62	121,5	0,596	0,684	2100	2340	1470	329
16	ХТЗ-150-09	ЯМЗ-236	117,6	0,655	0,753	1850	2050	1300	242
17	ХТЗ-17221	ЯМЗ-236	121,3	0,595	0,674	2100	2350	1370	242
18	ХТЗ-2511	Д-120	18,4	0,105	0,113	1800	1980	1200	245
19	ХТЗ-3510	Д-120	18,4	0,105	0,113	1800	1960	1200	245
20	К-744Р	ЯМЗ-238	153,7	0,906	1,080	1750	1980	1250	240
21	К-701	ЯМЗ-240	221,0	1,199	1,323	1900	2170	1290	244
22	К-701М	ЯМЗ-240	246,0	1,335	1,505	1900	2150	1540	258
23	ДТ-75Д	А-41	66,3	0,391	0,463	1750	1940	1260	238
24	T-4A.01	А-01МС	99,3	0,602	0,752	1700	1980	1230	238
25	Аг-ром150ТГ	Д-442	116,0	0,629	0,723	1900	2170	1520	237

26	JD5725	JDPT4	61,8	0,294	0,368	2000	2200	1340	236
27	JD 6920	JDPT6	99,5	0,500	0,625	2100	2300	1407	236
28	JD 7730	JDPT6	138,7	0,683	0,990	2100	2280	1400	240
29	JD 8400	JDPT6	170,2	0,983	1,377	2100	2300	1420	240
30	JD9320	JDPT6	245,2	1,434	1,979	2100	2280	1400	240

### Последовательность выполнения работы с примером расчета

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

Методические указания относятся к дизельным двигателям с всережимными регуляторами, которыми оснащены все тракторы и самоходные сельскохозяйственные машины. Эксплуатационные свойства изучаемых двигателей внутреннего сгорания определяются эффективной мощностью, крутящим моментом, угловой скоростью или частотой вращения, а также часовым и удельным расходом топлива. Эти величины связаны между собой соотношениями:

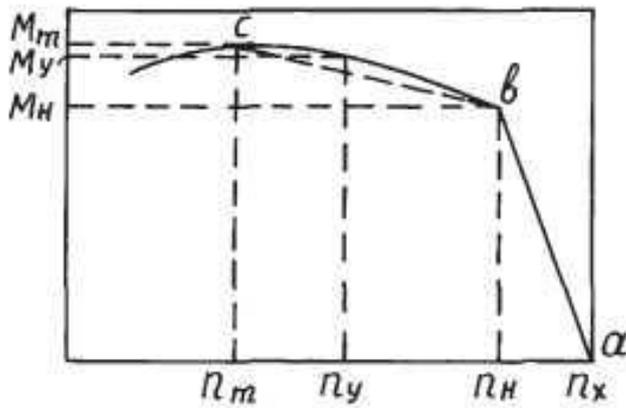
$$g_e = 10^3 G_T / N;$$

$$N_m = M_m \cdot \omega_m = M_m \cdot \frac{\pi \cdot n_m}{30} \approx 0,105 \cdot M_m \cdot n_m.$$

Исходные данные из таблицы 1.1 выписываются в соответствии с номером варианта задания.

Взаимосвязанные значения  $N, M_m, n, G_T, g_e$  изобразить графически на регуляторной характеристике, которую для эксплуатационных расчетов чаще всего строят в функции  $n$  или  $M$ .

Регуляторной ветви на рисунке 1.1 соответствует участок **ab**, а перегрузочной (корректорной) – **bc**.



**Рис. 1.1**  
 Регуляторная характеристика  
 дизеля с всережимным  
 регулятором

Основным граничным режимам работы двигателя соответствуют: точка **a** – режим холостого хода при полной подаче топлива при крутящем моменте  $M_x = 0$ , мощности  $N_x = 0$  и частоте вращения  $n_x$ , точка **b** – режим номинальной (паспортной) загрузки при крутящем моменте  $M_n$ , мощности  $N_n$  и частоте вращения  $n_n$ , точка **c** – режим максимальной перегрузки при наибольшем крутящем моменте  $M_m$ , мощности  $N_m$  и частоте вращения  $n_m$ .

Значения  $n_x$ ,  $n_n$ ,  $n_m$ ,  $M_n$ ,  $M_m$ ,  $N_n$  выбираются непосредственно из таблицы 1.1. Под  $N_n$  подразумевается номинальная эффективная мощность двигателя при номинальной частоте вращения  $n_n$ , полной подаче топлива, нормальных атмосферных условиях, температуре и плотности топлива. При определении  $N_n$  двигатель устанавливается на стенд без вентилятора, воздухоочистителя и другого вспомогательного оборудования.

Эксплуатационная мощность двигателя  $N_3$  определяется в тех же условиях, но с полным комплектом оборудования, включая вентилятор, воздухоочиститель и др.

Мощности  $N_n$  и  $N_3$  различаются незначительно, поэтому в последующих расчетах рассматривается только номинальная мощность  $N_n$ , принимая  $N_n = N_3$ .

Значение мощности  $N_m$  рассчитывается по формуле

$$N_m = M_m \cdot \omega_m = M_m \cdot \frac{\pi \cdot n_m}{30} \approx 0,105 \cdot M_m \cdot n_m, \quad (1.1)$$

где  $\omega$  – угловая скорость, рад/с;

$n_m$  – соответствующая частота вращения, об/мин.

Коэффициенты приспособляемости по крутящему моменту (коэффициент запаса крутящего момента)  $K_M$  и по частоте вращения  $K_n$  в соответствии с теорией трактора определяется в виде соотношений:

$$K_M = \frac{M_m}{M_H}; \quad K_n = \frac{n_H}{n_m}. \quad (1.2)$$

Указанные коэффициенты характеризуют способность двигателя преодолевать временные перегрузки при колебаниях сил сопротивления, действующих на трактор и на рабочую машину. Чем больше значения  $K_M$  и  $K_n$ , тем выше способность двигателя преодолевать временные перегрузки без переключения передач трактора. Соответственно обеспечивается более высокая производительность агрегата, при прочих равных условиях.

На основании опытных данных установлено, что устойчивая работа тракторного двигателя при малой вероятности заглохания обеспечивается при соблюдении условия

$$M_y < 0,97 M_m, \quad (1.3)$$

где  $M_y$  – наибольшее допустимое значение момента сил сопротивления на валу двигателя, кН-м.

Многие современные тракторы оборудованы тахоспидометрами, позволяющие оценивать загрузку двигателя по частоте вращения.

Необходимо в связи с этим определить частоту вращения вала двигателя  $n_y$ , соответствующую в формуле (1.3) наибольшему значению

$$M_y = 0,97M_m.$$

Для этого используются аналитические зависимости между крутящим моментом  $M$  на валу двигателя и частотой вращения  $n$ . Для этого график зависимости  $M = f(n)$  на регуляторной характеристике рассматриваем приближенно в виде двух прямолинейных участков:  $ab$  – регуляторная ветвь и  $bc$  – перегрузочная ветвь.

На участке  $ab$  крутящий момент в любой  $i$ -й точке можно рассчитать по формуле

$$M_{iab} = M_H - (n_x - n_i) / (n_x - n_H). \quad (1.4)$$

Аналогичным образом можно установить зависимость между  $M_i$  и  $n_i$  на участке  $bc$  в виде

$$M_{ibc} = M_H + (M_m - M_H) \cdot \left( \frac{n_H - n_i}{n_H - n_m} \right). \quad (1.5)$$

Приняв в этом равенстве  $M_{ibc} = M_{ym} = 0,97M_m$ , получим соответствующую частоту вращения

$$n_y = n_H - \left( \frac{0,97 \cdot M_m - M_H}{M_m - M_H} \right) \cdot (n_H - n_m). \quad (1.6)$$

Сопоставляя значение  $n_y$  из формулы (1.6) с показателями тахоспидометра в процессе работы, можно подбирать такие передачи трактора и соответ-

ствующие скорости, при которых фактическая частота вращения вала двигателя  $n_i$  будет удовлетворять требованию устойчивой работы по условию  $n_i \geq n_y$ .

Режим загрузки двигателя наиболее полно характеризуется коэффициентом загрузки по мощности

$$\varepsilon_N = \frac{N_\varepsilon}{N_H}, \quad (1.7)$$

где  $N_H$ ,  $N_\varepsilon$  – номинальная мощность и мощность при данном коэффициенте загрузки, кВт.

Под оптимальным (наилучшим) в общем случае подразумевается такой режим загрузки двигателя, при котором выбранный технико-экономический показатель работы двигателя, трактора или соответствующего агрегата в целом достигают экстремального (максимального или минимального) значения. Чаще в качестве такого критерия оптимальности применяют минимум удельного (на единицу выполненной работы) расхода топлива, который примерно соответствует минимальному расходу топлива двигателем  $g_{\min}$  в расчете на единицу эффективной мощности.

Оптимальное значение  $\varepsilon_{N_{\text{opt}}}$  зависит от конструкции двигателя, особенностей регуляторной характеристики, характера внешней нагрузки и т. д. Чем больше не-равномерность внешней нагрузки, характеризуемой коэффициентом вариации момента сил сопротивления  $\nu_m$ , тем меньше должно быть значение  $\varepsilon_{N_{\text{opt}}}$ , так как требуется больший запас мощности для преодоления перегрузок. Вследствие отсутствия надежных аналитических методов решения значения  $\varepsilon_{N_{\text{opt}}}$  обычно определяют экспериментальным путем. Такие опытные значения для  $\varepsilon_{N_{\text{opt}}}$  основных типов эксплуатируемых тракторных двигателей по литературным данным приведены в таблице 1.2 в зависимости от значения  $\nu_m$ . Для двигателей новых тракторов приведены ориентировочные значения  $\varepsilon_{N_{\text{opt}}}$  в учебных целях и отмечены индексом (y).

Таблица 1.2

Значения коэффициента загрузки двигателя в зависимости от коэффициента вариации момента сил сопротивления  $\nu_m$ , обеспечивающие минимальный удельный расход топлива  $g_{emin}$

Двигатель	Значения $\nu_m$ , %		
	10	20	30
	оптимальные значения $\epsilon_{Nopt}$		
Д-21А	0,921	0,836	0,750
Д-120	0,925 (y)	0,838 (y)	0,760 (y)
Д-144	0,906 (y)	0,837 (y)	0,756 (y)
Д-65М	0,920 (y)	0,824 (y)	0,730 (y)
Д-240	0,905	0,811	0,718
Д-245	0,906 (y)	0,813 (y)	0,719 (y)
Д-260Т	0,907 (y)	0,814 (y)	0,719 (y)
Д-144-32	0,905 (y)	0,822 (y)	0,728 (y)
Д-65М1Л	0,921 (y)	0,823 (y)	0,729 (y)
СМД-25 (Д-181Т)	0,907 (y)	0,812 (y)	0,719 (y)
СМД-19Т	0,928 (y)	0,838 (y)	0,756 (y)
СМД-62	0,927	0,838	0,755
ЯМЗ-238НБ	0,904	0,805	0,698
ЯМЗ-240БМ	0,923	0,837	0,752
ЯМЗ-8481.10	0,924 (y)	0,837 (y)	0,753 (y)
А-41	0,920 (y)	0,828 (y)	0,740 (y)
Д-440	0,921 (y)	0,829 (y)	0,741 (y)
Д-241Л	0,905 (y)	0,812 (y)	0,719 (y)
СМД-60	0,926	0,830	0,752
СМД-66	0,927 (y)	0,837 (y)	0,754 (y)
А-01М	0,920 (y)	0,827 (y)	0,748 (y)
Д-460.1	0,922 (y)	0,829 (y)	0,747 (y)

Выбрав из таблицы 1.2 оптимальное значение коэффициента загрузки  $\epsilon_{Nopt}$  ( $\epsilon_{NO}$ ) заданного двигателя, необходимо рассчитать соответствующую частоту вращения вала двигателя  $n_{opt}$  ( $n_{eo}$ ) чтобы по показателям тахоспидометра можно было выбрать соответствующий оптимальный режим работы двигателя и трактора в целом.

Определяем по таблице 1.2 значение  $\epsilon_{Nopt}$  при коэффициенте вариации момента сил сопротивления  $\nu_M = 20\%$ .

$$\epsilon_{Nopt} = 0,837$$

Поскольку  $\epsilon_{Nopt} < 1$ , то значение  $n_{\epsilon opt}$  следует рассчитывать на основании формулы (1.4) для регуляторной ветви.

Равенство (1.7) при  $\epsilon_N = \epsilon_{Nopt}$  с учетом (1.1), (1.4) можно представить в виде

$$\epsilon_{NO} = \frac{N_{\epsilon 0}}{N_H} = \frac{M_{\epsilon 0} \cdot n_{\epsilon 0}}{M_H \cdot n_H} = \frac{n_X n_{\epsilon 0} - n_{\epsilon 0}^2}{n_X \cdot n_H - n_H^2}, \quad (1.8)$$

где  $M_{\epsilon 0}$  – значение крутящего момента при  $n_i = n_{\epsilon 0}$ , кН-м.

При этом оптимальному режиму работы двигателя соответствует частота вращения

$$n_{\epsilon 0} = 0,5 \cdot n_X + \sqrt{0,25 \cdot n_X^2 - \epsilon_{NO} \cdot (n_X \cdot n_H - n_H^2)}. \quad (1.9)$$

Значение  $n_{\epsilon 0}$  в процессе работы можно поддерживать по тахоспидометру путем соответствующего изменения скорости движения трактора и всего агрегата.

Более эффективным, естественно, является автоматическое поддержание значения  $n_{\epsilon 0}$  путем бесступенчатого изменения скорости движения трактора, однако такие устройства не на всех современных отечественных тракторах установлены. Оптимальный коэффициент загрузки двигателя по крутящему моменту  $\epsilon_{MO}$  определяется с учетом (1.8) из равенства

$$\epsilon_{MO} = \frac{M_{\epsilon 0}}{M_H} = \epsilon_{NO} \cdot \frac{n_H}{n_{\epsilon 0}}. \quad (1.10)$$

На регуляторной ветви имеем  $n_H < n_{\varepsilon 0}$ , поэтому  $\varepsilon_{M0} < \varepsilon_{N0}$ . Равенство  $\varepsilon_{M0} = \varepsilon_{N0}$  имеет место только при  $n_H = n_{\varepsilon 0}$ . При нормальной загрузке двигателя значения  $n_H$  и  $n_{\varepsilon 0}$  близки между собой, поэтому в практических расчетах можно приближенно принять  $\varepsilon_{M0} = \varepsilon_{N0}$ .

Распределение момента сил сопротивления на валу двигателя приближенно можно принять нормальным. При этом наименьшее  $M_{CM}$  и наибольшее  $M_{cm}$  его значения определяются из равенств:

$$M_{CM} = M_C - 3\zeta_M; \quad M_{cm} = M_C + 3\zeta_M, \quad (1.11)$$

где  $M_C$  – математическое ожидание момента сил сопротивления, кН-м;

$\zeta_M$  – среднее квадратическое отклонение, кН-м.

Значение  $M_C = M_{\varepsilon 0}$  с учетом (1.9) можно определить на основании (1.8) в виде

$$\bar{M}_c = \frac{\varepsilon_{N0} \cdot M_H \cdot n_H}{n_{\varepsilon 0}}. \quad (1.12)$$

Коэффициент вариации  $v_M$  и среднее квадратическое отклонение  $\zeta_M$  связаны соотношениями:

$$v_M = \frac{\zeta_M}{M_c} \cdot 100; \quad \zeta_M = \frac{\bar{M}_c v_M}{100}. \quad (1.13)$$

При этом равенства (1.11) соответственно примут вид:

$$M_{CM} = \bar{M}_c \cdot \left(1 - \frac{3v_M}{100}\right); \quad M_{cm} = \bar{M}_c \cdot \left(1 + \frac{3v_M}{100}\right). \quad (1.14)$$

Если  $M_{cm} < M_y$ , то в процессе работы не требуется переключать передачи трактора из-за перегрузки двигателя и наоборот.

Если получено значение  $M_{cm} > M_y$ , то это свидетельствует о том, что оптимальный коэффициент перегрузки  $\varepsilon_{N0}$  не может гарантировать полное исключение чрезмерных перегрузок из-за случайного характера изменения сил сопротивления. Будет весьма мала только вероятность таких перегрузок. Если стремиться к полному исключению таких перегрузок путем уменьшения  $\varepsilon_N$ , то возрастает вероятность работы двигателя со средней недогрузкой и, как следствие, ухудшение его технико-экономических показателей.

Кроме рассмотренной нормальной регуляторной характеристики двигателя, получаемой на стенде при полной подаче топлива, в эксплуатационных условиях используют также частичные характеристики, получаемые при пониженной подаче топлива из-за невозможности полной загрузки двигателя. Регуляторные ветви частичных характеристик примерно параллельны линии **ab** (с левой стороны) на рисунке 1.1, а укороченные корректорные ветви совпадают с линией **bc**.

Для экономии топлива и энергии на частичном режиме рекомендуется включить соответствующую более высокую скорость при одновременном уменьшении подачи топлив. Диапазон практического использования частичных режимов работы ограничен тем обстоятельством, что при этом укорачивается корректорная ветвь регуляторной характеристики и ухудшается способность двигателя устойчиво преодолевать кратковременные перегрузки. Полученные закономерности справедливы и для двигателей самоходных сельскохозяйственных машин, так как на них также установлены дизельные двигатели с всережимными регуляторами.

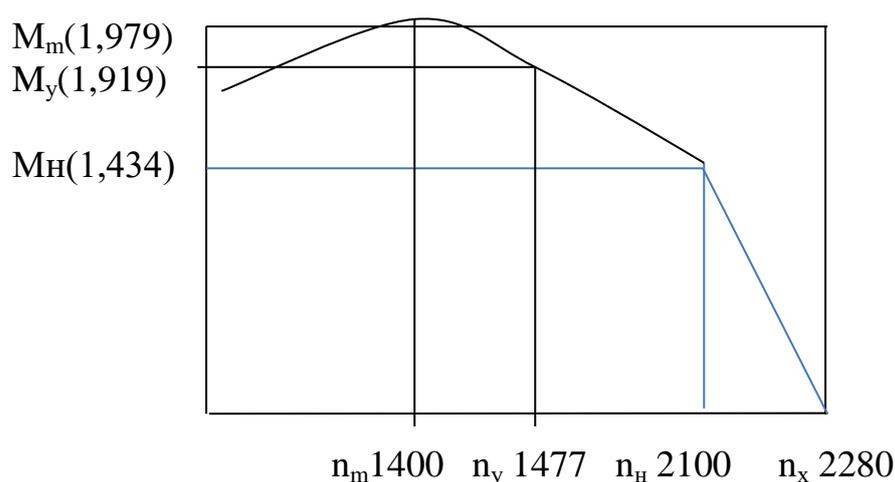
При компьютерном варианте выполнения задания в качестве исследовательской работы студенты могут составить математические модели полных регуляторных характеристик двигателей со всеми эксплуатационными показателями, а также вероятностные модели сил сопротивления с последующим анализом полученных многовариантных решений.

Пример расчета варианта задания № 30.

1. Выписываем из таблицы 1.1 исходные данные варианта №30.

№ варианта	Трактор	Двигатель	Исходные данные по двигателям						Удельный расход $g_e$ , г/(кВт ч)
			$N_n$ , кВт	$M_n$ , кН-м	$M_{max}$ , кН-м	$n_n$ , об/мин	$n_x$ , об/мин	$n_m$ , об/мин	
30	JD9320	JDPT6	245,2	1,434	1,979	2100	2280	1400	240

2. Строим регуляторную характеристику двигателя в функции частоты вращения в соответствии с данными варианта.



3. Значение мощности  $N_m$  при наибольшем крутящем моменте  $M_m$  рассчитываем по формуле (1.1)

$$N_m = 0,105 \cdot 1,979 \cdot 1400 = 290,913 \text{ кВт}$$

4. Коэффициенты приспособляемости по крутящему моменту (коэффициент запаса крутящего момента)  $k_m$  и по частоте вращения  $k_n$  определяем по формуле (1.2)

$$K_m = \frac{1,979}{1,434} = 1,380; \quad K_n = \frac{2100}{1400} = 1,5$$

5. Определяем крутящий момент соответствующий устойчивой работе двигателя по формуле (1.3)

$$M_y = 0,97 \cdot 1,979 = 1,919$$

6. Определяем устойчивую частоту вращения вала двигателя  $n_y$ , соответствующую в формуле (1.3) наибольшему значению  $M_m$  по формуле (1.6)

$$n_{\delta} = 2100 - \left( \frac{0,97 \cdot 1,979 - 1,434}{1,979 - 1,434} \right) \cdot (2100 - 1400) = 2100 - \left( \frac{0,485}{0,545} \right) \cdot 700 = 2100 - 0,889 \cdot 700 = 2100 - 623 = 1477 \text{ об/мин}$$

7. Определяем по таблице 1.2 значение  $\epsilon_{N_{opt}}$  при коэффициенте вариации момента сил сопротивления  $v_m = 20\%$ .

$$\epsilon_{N_{opt}} = 0,837$$

8. Оптимальному режиму работы двигателя соответствует оптимальная частота вращения, которую определяем по формуле (1.9)

$$n_{\epsilon_0} = 0,5 \cdot 2280 + \sqrt{0,25 \cdot 2280^2 - 0,837 \cdot (2280 \cdot 2100 - 2100^2)} = 1140 + \sqrt{1299600 - 0,837 \cdot (4788000 - 4410000)} = 1140 + \sqrt{1299600 - 0,837 \cdot 378000} = 1140 + \sqrt{1299600 - 316386} = 1140 + \sqrt{983214} = 1140 + 990 = 2130 \text{ об/мин}$$

9. Подставив значение  $n_{\epsilon_0}$  в формулу (1.8) получим

$$\epsilon_{NO} = \frac{2280 \cdot 2130 - 2130^2}{2280 \cdot 2100 - 2100^2} = \frac{4856400 - 4536900}{4788000 - 4410000} = \frac{319500}{378000} = 0,845$$

10. Оптимальный коэффициент загрузки двигателя по крутящему моменту  $\epsilon_{MO}$  определяется с учетом (1.8) по формуле (1.10)

$$\epsilon_{MO} = 0,845 \cdot \frac{2100}{2130} = \frac{1774,5}{2130} = 0,833$$

11. Значение  $M_c = M_{\epsilon 0}$  с учетом (1.9) определяем на основании (1.8) по формуле (1.12)

$$\bar{M}_c = \frac{0,845 \cdot 1,434 \cdot 2100}{2130} = \frac{2545}{2130} = 1,195 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

12. Коэффициент вариации  $\nu_M$  и среднее квадратическое отклонение  $\xi_M$  определяем по формуле (1.13)

$$\xi_M = \frac{1,195 \cdot 20}{100} = \frac{23,9}{100} = 0,239$$

13. Определяем наименьшее и наибольшее значения крутящего момента по формуле (1.14)

$$M_{cm} = 1,195 \cdot \left(1 - \frac{3 \cdot 20}{100}\right) = 1,195 \cdot (1 - 0,6) = 1,195 \cdot 0,4 = 0,478 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{cm} = 1,195 \cdot (1 + 0,6) = 1,195 \cdot 1,6 = 1,912 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

**Так как  $M_{cm} < M_y$ , (как в нашем примере) то в процессе работы не требуется переключать передачи трактора из-за перегрузки двигателя и наоборот.**

### **Отчет**

Результаты расчетов представить в виде таблицы.

Итоговые результаты расчетов по пунктам, включая исходные данные, оформить в виде таблицы 1.3.

Таблица 1.3

№ пункта	Наименование и обозначение показателя или параметра	Результат расчета с указанием размерности
1	Трактор	JD9320
2	Двигатель	JDPT6
3	Номинальная мощность	245,2 кВт
4	Номинальный крутящий момент, Мн	1,434 Нм
5	Максимальный крутящий момент, Мп	1,979 Нм
6	Номинальная частота вращения,	2100 об/мин
7	Частота вращения на холостом ходу,	2280 об/мин
8	Максимальная частота вращения,	1400 об/мин
9	Максимальная мощность,	290,913 кВт
10	Коэффициент приспособляемости по крутящему моменту, $K_m$	1,380
11	Коэффициент приспособляемости по частоте вращения, $K_p$	1,5
12	Крутящий момент соответствующий устойчивой работе двигателя, $M_u$	1,919 Нм
13	Коэффициент вариации, $v_m$	20%
14	Коэффициент загрузки двигателя, $\epsilon_{Nopt}$	0,837
15	Частота вращения соответствующая устойчивой работе двигателя, $n_v$	1477 об/мин
16	Частота вращения соответствующая оптимальной работе двигателя, $n_{\epsilon 0}$	2130 об/мин
17	Коэффициент загрузки двигателя на оптимальном режиме работы по мощности, $\epsilon_{NO}$	0,845
18	Среднее значение момента сил сопротивления, $M_c$	1,195 Нм
19	Среднее квадратическое отклонение, $\zeta_m$	0,239
20	Наименьшее значение $M_{cm}$	0,478 Нм
21	Наибольшее значение $M_{cm}$	1,912 Нм

Практическое применение рассматриваемых в данном задании методов обеспечивает более полное использование мощности двигателя при одновременном уменьшении расхода топлива и улучшении экологических показателей за счет снижения вредных выбросов в атмосферу.

## Литература

1. Зангиев А.А., Скороходов А.Н. Практикум по эксплуатации машинно-тракторного парка: учеб. пособие. 2-е изд., испр. и доп. СПб.: Изд-во «Лань», 2016. 464 с.
2. Зангиев А.А., Лышко Г.Д., Скороходов А.Н. Производственная эксплуатация машинно-тракторного парка. М.: Колос, 1996. 320 с.
3. Зангиев А.А., Шпилько А.В., Левшин А.Г. Эксплуатация машинно-тракторного парка. М.: КолосС, 2003. 320 с.
4. Скороходов А.Н., Левшин А.Г. Выбор оптимальных параметров и режимов работы МТА: практикум. М.: Триада, 2012. Ч. 1. 75 с.

Учебное издание

Самусенко Владимир Иванович  
Сакович Наталия Евгениевна

**ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ДВИГАТЕЛЕЙ  
И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН.  
ОБОСНОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ РЕЖИМОВ  
РАБОТЫ**

Методические указания для выполнения  
практической работы № 1  
по дисциплине: «Эксплуатация машинно-тракторного парка»  
студентам инженерно-технологического института  
по направлению подготовки  
35.03.06 «Агроинженерия»

Редактор Осипова Е.Н.

---

Подписано к печати 22.03.2021 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Усл. п. л. 1,16. Тираж 25 экз. Изд. № 6879.

---

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ