

ПРЕДИСЛОВИЕ

Основная задача «Практикума по эксплуатации машинно-тракторного парка» (ЭМТП) как научной и учебной дисциплины в современных условиях рыночной экономики и многообразия форм хозяйствования — технико-организационное обеспечение производства растениеводческой продукции с наименьшими затратами соответствующих ресурсов. Под техническим обеспечением подразумевается обоснование для местных условий или ландшафтов оптимальных ресурсосберегающих параметров и режимов работы как машинно-тракторных агрегатов (МТА), так и отдельных машин, используемых в производстве растениеводческой продукции (от подготовки семян и удобрений до уборки урожая и закладки его на хранение).

К данной группе техники относятся также средства поддержания машин в работоспособном состоянии, включая средства технического обслуживания, устранения эксплуатационных отказов, а также материально-технического обеспечения работы агрегатов.

Организационное обеспечение механизированного производства растениеводческой продукции предусматривает создание условий для эффективной взаимосвязанной работы всех машин и агрегатов в каждом технологическом процессе на основе современных методов математического моделирования и оптимального проектирования сложных производственных процессов.

В практикуме рассмотрены прогрессивные методы решения задач ЭМТП с учетом общих принципов операционной технологии выполнения полевых механизированных работ, системного подхода и местных условий.

Все задания практикума в виде трех взаимосвязанных разделов составлены на основе указанных общих принципов с учетом современных требований ресурсосбережения и высокой производительности. В каждом за-

дании предусмотрено до 30 вариантов решения с учетом всех возможных диапазонов изменения действующих внешних факторов, что обеспечит самостоятельную индивидуальную работу каждого студента как при очной, так и заочной формах обучения. В большинстве заданий предусмотрены как упрощенные, так и учебно-исследовательские варианты решения на базе компьютеров.

Первый раздел практикума состоит из восьми заданий, выполняя которые студенты приобретут практические навыки обоснования оптимальных ресурсосберегающих параметров и режимов работы как отдельных двигателей, тракторов и рабочих машин, так и МТА в целом.

Во втором разделе практикума (из тринадцати заданий) изложены методы оптимального проектирования основных технологических процессов в растениеводстве с использованием современных методов математического моделирования и исследования.

В третьем разделе (из семи заданий) изложены методы решения задач обеспечения надежной работы как отдельных агрегатов, так и технологических комплексов и звеньев на основе современных методов теории надежности и резервирования.

Предлагаемые методы решения основных задач механизации сельскохозяйственного производства могут быть широко использованы при курсовом и дипломном проектировании, а также при подготовке бакалавров и магистров по направлению «Агроинженерия». Отличительная особенность практикума — полная автономность его разделов и заданий при наличии всех необходимых нормативных и справочных данных. Предлагаемые методы проектирования производственных процессов могут быть полезны и для специалистов хозяйств, а также в системе повышения квалификации.

Предисловие и задания 1–8 раздела I написаны А. А. Зангиеевым и переработаны А. Н. Скороходовым. Задания 9, 12, 13, 20 раздела II написаны А. А. Зангиеевым, задания 15–19 написаны А. А. Зангиеевым, переработаны А. Н. Скороходовым. Задания 10, 11, 14, 21 раздела II и задания 22–28 раздела III написаны А. Н. Скороходовым.

Раздел I

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ, РАБОЧИХ МАШИН И АГРЕГАТОВ



Задания этого раздела охватывают основные вопросы производственной эксплуатации МТА — обеспечение ресурсосбережения и повышение производительности. С позиций системного подхода в первом блоке из трех заданий студенты должны последовательно самостоятельно освоить методы выбора энергосберегающих режимов работы двигателей, тракторов и рабочих машин.

Второй блок из четырех заданий связан с расчетом параметров МТА, в том числе кинематических, производительности и основных эксплуатационных затрат (трудовых, топливно-энергетических, прямых и приведенных). Во всех заданиях рассмотрены типовые конструкции тракторов и сельскохозяйственных машин.

Завершающее восьмое задание этого раздела связано с обоснованием оптимальных ресурсосберегающих параметров и режимов работы основных типов МТА в зависимости от условий работы. Практически в каждом из указанных заданий предусмотрен исследовательский вариант решения с использованием компьютера для подготовки студенческого научного доклада.

ЗАДАНИЕ 1

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

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 .

Таблица 1.1

Варианты заданий. Основные параметры двигателей тракторов

№ варианта	Трактор	Двигатель	Исходные данные по двигателю				$\Psi_{\text{длительный}}$ g_e^r , г/(кВт·ч)		
			$N_{\text{Н}}^r$ кВт	M_{N}^r кН·м	M_{m^r} кН·м	$n_{\text{Н}}^r$ об/мин			
1	БТЗ-2032	Д-120	18,4	0,097	0,107	1800	1920	1200	245
2	БТЗ-2048	Д-130	33,0	0,105	0,119	2000	2150	1130	241
3	Т-40МС	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	ЯМЗ8423	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	Т-4А.01	А-01МС	99,3	0,602	0,752	1700	1980	1230	238
25	Агром150ТГ	Д-442	116,0	0,629	0,723	1900	2170	1520	237
26	JD 5725	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	JD 9320	JDPT6	245,2	1,434	1,979	2100	2280	1400	240

5. Выбрать оптимальное значение коэффициента загрузки двигателя по мощности ε_{NO} при заданном коэффициенте вариации момента сил сопротивления v_M и рассчитать соответствующую частоту вращения n_{e0} . Определить также оптимальное значение коэффициента загрузки двигателя по крутящему моменту ε_{MO} и сравнить его с ε_{NO} .

6. Используя нормальный закон распределения момента M_c сил сопротивления на валу двигателя, определить наименьшее M_{CM} и наибольшее M_{cm} значения. Сделать вывод о необходимости переключения передач трактора в процессе работы.

Методические указания

При нормальной загрузке 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 .

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_H , мощности N_H и частоте вращения n_H , точка c — режим максимальной перегрузки при наибольшем крутящем моменте M_m , мощности N_m и частоте вращения n_m .

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

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

Мощности N_H и N_ϑ различаются незначительно, поэтому в последующих расчетах рассматривается только номинальная мощность N_H , принимая $N_H \approx N_\vartheta$.

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 ω_m — 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 определяются в виде соотношений:

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

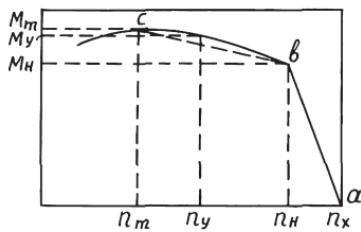


Рис. 1.1
Регуляторная характеристика
дизеля с всережимным
регулятором

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

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

где M_y — наибольшее допустимое значение момента сил сопротивления на валу двигателя, кН·м.

Многие современные тракторы оборудованы тахоспидометрами, позволяющими 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

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

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 $M_{ibc} = M_{ym} = 0,97 \cdot M_m$, 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 соответствующие 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

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

где N_H , N_ε — 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 $g_e \rightarrow \min$ в расчете на единицу эффективной мощности.

Оптимальное значение ϵ_{NO} зависит от конструкции двигателя, особенностей регуляторной характеристики, характера внешней нагрузки и т. д. Чем больше неравномерность внешней нагрузки, характеризуемой коэффициентом вариации момента сил сопротивления v_M , тем меньше должно быть значение ϵ_{NO} , так как требуется больший запас мощности для преодоления перегрузок. Вследствие отсутствия надежных аналитических методов решения значения ϵ_{NO} обычно определяют экспериментальным путем. Такие опытные значения ϵ_{NO} для основных типов эксплуатируемых тракторных двигателей по литературным

данным приведены в таблице 1.2 в зависимости от значения v_M . Для двигателей новых тракторов приведены ориентировочные значения ε_{NO} в учебных целях и отмечены индексом (у).

Таблица 1.2

Значения коэффициента загрузки двигателя ε_{NO} в зависимости от коэффициента вариации момента сил сопротивления v_M , обеспечивающие минимальный удельный расход топлива $g_e \rightarrow \min$

Двигатель	Значения v_M , %		
	10	20	30
	оптимальные значения ε_{NO}		
Д-21А	0,921	0,836	0,750
Д-120	0,925 (у)	0,838 (у)	0,760 (у)
Д-144	0,906 (у)	0,837 (у)	0,756 (у)
Д-65М	0,920 (у)	0,824 (у)	0,730 (у)
Д-240	0,905	0,811	0,718
Д-245	0,906 (у)	0,813 (у)	0,719 (у)
Д-260Т	0,907 (у)	0,814 (у)	0,719 (у)
Д-144-32	0,905 (у)	0,822 (у)	0,728 (у)
Д-65М1Л	0,921 (у)	0,823 (у)	0,729 (у)
СМД-25 (Д-181Т)	0,907 (у)	0,812 (у)	0,719 (у)
СМД-19Т	0,928 (у)	0,838 (у)	0,756 (у)
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 (у)	0,837 (у)	0,753 (у)
А-41	0,920 (у)	0,828 (у)	0,740 (у)
Д-440	0,921 (у)	0,829 (у)	0,741 (у)
Д-241Л	0,905 (у)	0,812 (у)	0,719 (у)
СМД-60	0,926	0,830	0,752
СМД-66	0,927 (у)	0,837 (у)	0,754 (у)
А-01М	0,920 (у)	0,827 (у)	0,748 (у)
Д-460.1	0,922 (у)	0,829 (у)	0,747 (у)

Выбрав из таблицы 1.2 оптимальное значение коэффициента загрузки ε_{NO} заданного двигателя, необходимо рассчитать соответствующую частоту вращения вала двигателя n_{e0} , чтобы по показателям тахоспидометра можно было выбрать соответствующий оптимальный режим работы двигателя и трактора в целом.

Поскольку $\varepsilon_{NO} < 1$, то значение $n_{\varepsilon O}$ следует рассчитывать на основании формулы (1.4) для регуляторной ветви.

Равенство (1.7) при $\varepsilon_N = \varepsilon_{NO}$ с учетом (1.1), (1.4) можно представить в виде

$$\varepsilon_{NO} = \frac{N_{\varepsilon O}}{N_H} = \frac{M_{\varepsilon O} \cdot n_{\varepsilon O}}{M_H \cdot n_H} = \frac{n_X n_{\varepsilon O} - n_{\varepsilon O}^2}{n_X \cdot n_H - n_H^2}, \quad (1.8)$$

где $M_{\varepsilon O}$ — значение крутящего момента при $n_i = n_{\varepsilon O}$, кН·м.

При этом оптимальному режиму работы двигателя соответствует частота вращения

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

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

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

$$\varepsilon_{MO} = \frac{M_{\varepsilon O}}{M_H} = \varepsilon_{NO} \cdot \frac{n_H}{n_{\varepsilon O}}. \quad (1.10)$$

На регуляторной ветви имеем $n_H \leq n_{\varepsilon O}$, поэтому $\varepsilon_{MO} \leq \varepsilon_{NO}$. Равенство $\varepsilon_{MO} = \varepsilon_{NO}$ имеет место только при $n_H = n_{\varepsilon O}$. При нормальной загрузке двигателя значения n_H и $n_{\varepsilon O}$ близки между собой, поэтому в практических расчетах можно приближенно принять $\varepsilon_{MO} \approx \varepsilon_{NO}$.

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:

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

где \bar{M}_c — математическое ожидание момента сил сопротивления, кН·м; ζ_M — среднее квадратическое отклонение, кН·м.

Значение $\bar{M}_c = M_{\varepsilon_0}$ с учетом (1.9) можно определить на основании (1.8) в виде

$$\bar{M}_c = \frac{\varepsilon_{NO} \cdot M_H \cdot n_H}{n_{\varepsilon_0}}. \quad (1.12)$$

Коэффициент вариации v_M и среднее квадратическое отклонение ζ_M связаны соотношениями:

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

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 $M_{cm} \leq M_y$, 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 ε_{NO} 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 ε_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*.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно
в интернет-магазине
«Электронный универс»
e-Univers.ru