

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 ПОКАЗАТЕЛИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРАКТОРОВ.  
ОБОСНОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ  
И ПОЧВОЗАЩИТНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ**

Учебно-методическое пособие для выполнения  
практической работы № 2  
по дисциплине: «Эксплуатация машинно-тракторного парка»  
студентам инженерно-технологического института  
по направлению подготовки  
35.03.06 «Агроинженерия»

Брянск 2021

УДК 631.372 (076)  
ББК 40.721  
С 17

Самусенко, В. И. Эксплуатационные показатели сельскохозяйственных тракторов. Обоснование энергосберегающих и почвозащитных режимов работы: учебно-методическое пособие для выполнения практической работы № 2 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.

Методическое пособие предназначено для выполнения практической работы по выбору режимов высокоэффективного использования тракторов в зависимости от условий работы.

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
ОТЧЕТ .....	17
ЛИТЕРАТУРА.....	19

**Цель задания** – приобретение навыков самостоятельного выбора режимов высокоэффективного использования тракторов в зависимости от условий работы.

Трактор является промежуточным звеном при передаче энергии от двигателя к рабочим органам сельскохозяйственных машин. Поэтому одной из целей решения соответствующих задач является обоснование такого оптимального скоростного режима, при котором потери энергии при ее передаче к сельскохозяйственной машине будут минимальными с учетом допустимого буксования.

Таким образом, с позиций системного подхода полученный в первом задании оптимальный режим загрузки двигателя дополняется оптимизацией режима работы самого трактора.

## **Содержание задания**

1. Выписать из таблицы 2.1 исходные данные по соответствующему варианту задания.

2. Определить номинальное тяговое усилие заданного трактора  $P_{крн}$  и сравнить с значением, соответствующим его тяговому классу.

3. Определить оптимальный по максимуму тягового КПД энергосберегающий режим работы трактора и соответствующие значения тягового усилия  $P_{кр0}$ , рабочей скорости  $V_0$  и коэффициента буксования  $\delta_0$ .

4. Сравнить  $\delta_0$  с допустимым по агротехническим требованиям буксованием  $\delta_d$  и при  $\delta_0 > \delta_d$  определить допустимые значения тягового усилия трактора  $P_{крд}$  и рабочей скорости  $V_d$ .

5. Показать оптимальные и допустимые по буксованию значения тягового усилия и рабочей скорости (полученные диапазоны  $P_{кр0}$ - $P_{крд}$  и  $V_0$ - $V_d$ ) на тяговой характеристике трактора.

Таблица 2.1

## Варианты заданий

№ варианта	Трактор	Колесная формула	Мощность, кВт	Эксплуатационная масса, кг	Тяговый класс, кН	Энергонасыщенность, кВт/т
1	Беларус-80	4К2	60	3345	14	18,0
2	Беларус-82	4К4	66	3780	14	17,5
3	Беларус-1025	4К2	77	4200	20	18,3
4	Беларус-1025	4К4	77	4345	20	17,7
5	Беларус-1221	4К4	96	5700	20	16,8
6	Беларус-1523	4К4	114	6000	20	19,0
7	Беларус-2102	4К4	156	10 800	40	14,4
8	JD-6620	4К4	65	4650	20	14,0
9	JD-6920SE	4К4	81,5	5900	20	13,8
10	JD-6920	4К4	99,5	6300	30	15,8
11	JD-77300	4К4	138	7770	30	17,7
12	JD-8400	4К4	170,2	8705	40	19,4
13	JD-8520	4К4	199	12 080	50	16,5
14	JD-9320	4К4	245	15 000	50	16,3
15	ХТЗ-150.05	4К4	121,5	8092	30	15,0
16	Т-4А.01	Гусеничный	99,3	9010	40	11,0
17	ДТ-175С	Гусеничный	116	7622	30	15,3
18	ЛТЗ-55А	4К4	39	3157	9	12,3
19	К-701М	4К4	246	12 900	50	19,1
20	ДТ-75Д	Гусеничный	66,3	6420	30	10,4

Продолжение таблицы

21	Т-150	Гусенич- ный	117,6	7460	30	15,8
22	ЛТЗ-60АВ	4К4	42,3	3490	14	12,1
23	ВТЗ-2032	4К2	18,4	1885	6	9,7
24	ВТЗ-2038	4К2	33	2370	6	13,9
25	Т-30А-80	4К4	33	2430	6	13,8
26	Т-40МС	4К2	36,4	2620	9	13,9
27	К-701М	4К4	221,0	13 800	50	16,0
28	ЛТЗ-155	4К4	110	5610	20	19,6
29	К-700М	4К4	246	12 200	50	20,2
30	ДТ-75М	Гусенич- ный	80,8	7205	30	11,2

### Последовательность выполнения работы с примером расчета

Методические указания охватывают все основные типы используемых и перспективных тракторов.

*Из таблицы 2.1 выписываем для расчета вариант задания №16.*

№ варианта	Трактор	Колесная формула	Мощность, кВт	Эксплуатационная масса, кг	Тяговый класс, кН	Энергонасыщенность, кВт/т
16	Т-4А.01	Гусенич- ный	99,3	9010	40	11,0

При выполнении технологического процесса мощность от двигателя трактора передается к сельскохозяйственным машинам. В связи с этим одной из задач с позиций ресурсосбережения является обоснование такого скоростного режима, при котором потери мощности в самом тракторе будут минимальными с учетом агротехнических требований на буксование.

Таким образом, с позиций системного подхода полученный в задании 1 оптимальный режим загрузки двигателя дополняется оптимизацией режима работы трактора при ограничении вредного воздействия на почву, связанного с буксованием.

**Номинальным тяговым усилием** в соответствии с принятой в нашей

стране классификацией тракторов называют тяговое усилие трактора базового типа, реализуемое на стерне колосовых нормальной твердости и влажности на суглинистом черноземе при регламентируемом (допустимом по агротехническим требованиям) уровне буксования: **0,15** – для колесных **4К4**; **0,17-0,18** – для колесных **4К2** и **0,05** – для гусеничных тракторов при работе двигателя на регуляторной ветви характеристики.

По указанному показателю выделяют десять классов сельскохозяйственных тракторов: **0,2, 0,6, 0,9, 1,4, 2, 3, 4, 5, 6, 8**. Указанные цифры соответствуют значениям номинальных тяговых усилий тракторов (табл. 2). Для перехода к современной системе (СИ) значения тяговых классов тракторов переводят в килоньютоны (кН) путем умножения на 10. При этом в пределах каждого тягового класса оказываются тракторы определенного диапазона номинальных тяговых усилий  $P_{крн}$ . Соответствующие литературные данные приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2

**Тяговые классы тракторов и соответствующие диапазоны номинальных тяговых усилий**

Тяговый класс трактора	Диапазоны номинальных тяговых усилий $P_{крн}$ , кН	Тяговый класс трактора	Диапазоны номинальных тяговых усилий $P_{крн}$ , кН
2	1,8-5,4	30	27-36
6	5,4-8,1	40	36-45
9	8,1-12,6	50	45-54
14	12,6-18	60	57-72
20	18-27	80	72-108

Верхние границы каждого диапазона в таблице 2.2 также относятся к соответствующему классу тяги.

*Согласно варианту задания №16 тяговому классу 40 соответствует диапазон номинальных тяговых усилий  $P_{крн} = 36...45$  Кн.*

Номинальное тяговое усилие заданного трактора  $P_{крн}$  в указанных ранее условиях рассчитывается по формуле (кН)

$$P_{KPH} = 10^{-3} m g (\varphi_d \lambda - f),$$

где  $m$  – эксплуатационная масса трактора, кг;

$g$  – ускорение свободного падения,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ ;

$\varphi_d$  – коэффициент сцепления движителей трактора с почвой при допустимом буксовании;

$\lambda$  – доля веса трактора, приходящаяся на движители (коэффициент нагрузки ведущих колес);

$f$  – коэффициент сопротивления качению трактора.

При практических расчетах пользуются упрощенным равенством

$$P_{KPH} = G_H \Phi_{KPH} = 10^{-3} m g \Phi_{KPH} \quad , \quad (2.1)$$

$$P_{KPH} = 10^{-3} \cdot 9010 \cdot 9,81 \cdot 0,5 = 44,2 \text{ Кн}$$

где  $G_H$  – номинальный эксплуатационный вес трактора, соответствующий допустимому (номинальному) буксованию, кН;

$\Phi_{KPH}$  – коэффициент использования сцепного веса трактора при допустимом (номинальном) буксовании.

На основании обобщения результатов многочисленных тяговых испытаний тракторов по литературным данным рекомендуются следующие значения  $\Phi_{KPH}$  для практических расчетов:

- $\Phi_{KPH} = 0,37-0,39$  – для колесных тракторов 4К2;
- $\Phi_{KPH} = 0,40-0,45$  – для колесных тракторов 4К4;
- $\Phi_{KPH} = 0,50-0,60$  – для гусеничных тракторов.

Подставив значение  $\Phi_{KPH}$  в формулу (2.1), получим расчетное номинальное тяговое усилие трактора  $P_{KPH}$ , которое следует сопоставить с данными таблицы 2.2. Определенное расхождение, естественно, неизбежно, но в целом результаты должны быть близкими.

Энергосберегающий диапазон изменения тяговых усилий трактора находится в зоне  $P_{кр} = P_{кр0} - P_{крд}$  между значениями  $P_{кр0}$  при максимальном тяговом КПД  $\eta_T = \eta_{Тм}$  и  $P_{крд}$  при допустимом буксовании  $\delta = \delta_d$  (значения  $\delta_d$  приведены ранее).

Указанный диапазон изменения  $P_{кр}$  обоснован по следующим соображениям. При максимуме тягового КПД  $\eta_T = \eta_{Тм}$  суммарные непроизводительные потери мощности в самом тракторе на самопередвижение и на буксование будут наименьшими (потери мощности в трансмиссии при установившемся режиме работы можно принять постоянными). Однако трактор используется с сельскохозяйственными машинами, тяговое сопротивление большинства которых возрастает с увеличением скорости трактора и соответственно всего агрегата.

Энергосберегающий режим работы при этом смещается в сторону меньших значений рабочей скорости трактора и агрегата тем значительнее, чем больше влияние скорости на тяговое сопротивление сельскохозяйственной машины. Такое уменьшение скорости возможно только до значений  $V_d$  и  $P_{крд}$ , соответствующих допустимому буксованию  $\delta = \delta_d$ . Как будет показано в последующих заданиях, в диапазоне  $P_{кр} = P_{кр0} - P_{крд}$  трактор работает в энергосберегающем режиме с большинством сельскохозяйственных машин. Если тяговое сопротивление сельскохозяйственной машины мало зависит от скорости, то энергосберегающие режимы трактора и всего агрегата совпадают при  $P_{кр} = P_{кр0}$ .

Необходимо для определения  $P_{кр0}$  выразить тяговый КПД трактора  $\eta_T$  в функции  $P_{кр}$  на основании известного из теории трактора исходного выражения.

$$\eta_T = \eta_{Тр} \eta_f \eta_\delta, \quad (2.2)$$

где  $\eta_T$  – тяговый КПД трактора;

$\eta_{Тр}$ ,  $\eta_f$ ,  $\eta_\delta$  – КПД, учитывающие потери мощности соответственно в трансмиссии, на самопередвижение трактора и на буксование.

Значение  $\eta_{TP}$  для установившегося режима рабочего хода трактора приближенно можно принять постоянным (в расчетах можно принять усредненное значение  $\eta_{TP} = 0,88$ ). Для определения  $\eta_f$  воспользуемся равенством

$$\eta_f = \frac{P_{KP}}{P_K} = \frac{P_{KP}}{P_{KP} + 10^{-3} \cdot m \cdot g \cdot f} = \frac{\Phi_{KP}}{\Phi_{KP} + f}, \quad (2.3)$$

где  $P_{KP}$ ,  $P_K$  – значения тягового усилия и касательной силы трактора, кН;

$\Phi_{KP}$  – коэффициент использования эксплуатационного веса трактора,

$$\Phi_{KP} = P_{KP} / 10^{-3} \text{ mg};$$

$P_f$  – сила сопротивления качению трактора, кН,  $P_f = 10^{-3} \text{ mgf}$ .

$$\Phi_{KP} = 44,2 / 10^{-3} \cdot 9010 \cdot 9,81 = 44,2 / 88,4 = 0,5$$

Определяем значение  $\eta_f$

$$\eta_f = 0,5 / (0,5 + 0,06) = 0,5 / 0,56 = 0,89$$

Значение  $\eta_\delta$  зависит от самого буксования  $\delta$  в виде

$$\eta_\delta = 1 - \delta \quad (2.4)$$

Буксование  $\delta$  при этом также определяется в функции  $\Phi_{KP}$  по эмпирической формуле:

$$\delta = \frac{a \cdot \Phi_{KP}}{b - \Phi_{KP}}, \quad (2.5)$$

где  $a$ ,  $b$  – эмпирические коэффициенты, определяемые по результатам тяговых испытаний тракторов.

$$\delta = \frac{0,0089 \cdot 0,5}{0,777 - 0,5} = \frac{0,00445}{0,277} = 0,016$$

$$\eta_\delta = 1 - 0,016 = 0,98$$

При этом для всех однотипных тракторов на одном и том же почвенном

фоне значения  $a$  и  $b$  примерно одинаковые, что существенно упрощает практические расчеты.

На основании (2.2)-(2.5) получим значение тягового КПД трактора в функции  $\Phi_{\text{КР}}$

$$\eta_T = \eta_{\text{ТР}} \cdot \left( \frac{\Phi_{\text{КР}}}{\Phi_{\text{КР}} + f} \right) \cdot \left( 1 - \frac{a \cdot \Phi_{\text{КР}}}{b - \Phi_{\text{КР}}} \right). \quad (2.6)$$

В соответствии с формулой (2.2) получим

$$\eta_T = 0,88 \cdot 0,89 \cdot 0,98 = 0,77$$

По условию  $d\eta_T/d\Phi_{\text{КР}} = 0$  получим оптимальное значение  $\Phi_{\text{КРО}}$ , обеспечивающее максимум тягового КПД трактора:

$$\Phi_{\text{КРО}} = \frac{P_{\text{КРО}}}{10^{-3} \cdot m \cdot g} = S \pm \sqrt{S^2 - d}, \quad (2.7)$$

где

$$S = \frac{b \cdot f \cdot (1+a)}{b - (1+a) \cdot (b-f)}; \quad d = \frac{b^2 \cdot f}{b - (1+a) \cdot (b-f)},$$

$$S = \frac{0,777 \cdot 0,06 \cdot (1+0,0089)}{0,777 - (1+0,0089) \cdot (0,777 - 0,06)} = \frac{0,047}{0,054} = 0,87; \quad d = \frac{0,777^2 \cdot 0,06}{0,054} = \frac{0,36}{0,054} = 0,66$$

Перед корнем берется знак «+» при  $S < 0$  и  $d < 0$ , а в остальных случаях знак «-».

Так как у нас значения  $S$  и  $d$  больше 0 перед корнем берем «-». Тогда

$$\Phi_{\hat{E},i} = 0,87 - \sqrt{0,87^2 - 0,66} = 0,87 - \sqrt{0,7569 - 0,66} = 0,87 - \sqrt{0,0969} = 0,87 - 0,311 = 0,56$$

По значению  $\Phi_{\text{кpo}}$  определим соответствующее оптимальное тяговое усилие трактора

$$P_{\text{кpo}} = 10^{-3} m g \Phi_{\text{кpo}}. \quad (2.8)$$

$$P_{\text{кpo}} = 10^{-3} \cdot 9010 \cdot 9,81 \cdot 0,56 = 49,5 \text{ Кн}$$

Численные значения  $a, b$  и  $f$  приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3

**Значения  $a, b, f$**

Тип трактора	Стерня			Поле, подготовленное под посев		
	$a$	$b$	$f$	$a$	$b$	$f$
4К2 с колесами разного размера	0,141	0,615	0,08-0,10	0,248	0,712	0,16-0,20
4К4 с колесами разного размера	0,193	0,919	0,08-0,10	0,212	0,880	0,16-0,20
4К4 с колесами одинакового размера	0,110	0,773	0,08-0,10	0,0834	0,609	0,16-0,20
Гусеничные	0,0089	0,777	0,06-0,08	0,0441	0,869	0,09-0,12

Значение  $\Phi_{\text{крд}}$  при допустимом буксовании получим из формулы (2.5) при  $\delta = \delta_{\text{д}}$ :

$$\Phi_{\text{крд}} = \frac{P_{\text{крд}}}{10^{-3} \cdot m \cdot g} = \frac{b \cdot \delta_{\text{д}}}{a + \delta_{\text{д}}}. \quad (2.9)$$

$$\Phi_{\text{ед.а}} = \frac{0,777 \cdot 0,05}{0,0089 + 0,05} = \frac{0,039}{0,0589} = 0,66$$

Затем можно рассчитать соответствующее допустимое тяговое усилие трактора:

$$P_{\text{КРД}} = 10^{-3} \cdot m \cdot g \cdot \left( \frac{b \cdot \delta_{\text{Д}}}{a + \delta_{\text{Д}}} \right). \quad (2.10)$$

$$P_{\text{КРД}} = 10^{-3} \cdot 9010 \cdot 9,81 \cdot 0,66 = 58,3 \text{ Кн}$$

На основании (2.8), (2.10) получим искомый энергосберегающий диапазон изменения тяговых усилий трактора:

$$P_{\text{КР}} = P_{\text{КР0}} \dots P_{\text{КРД}} \quad (2.11)$$

$$P_{\text{КР}} = 49,5 \dots 58,3 \text{ Кн}$$

в пределах которого в последующем должны рассчитываться соответствующие агрегаты.

Максимальное значение тягового КПД трактора  $\eta_{\text{Т0}}$ , соответствующее  $P_{\text{КР0}}$ , получим из формулы (2.6) при  $\varphi_{\text{КР}} = \varphi_{\text{КР0}}$ , определяемом из (2.7), а значение  $\eta_{\text{ТД}}$  при допустимом буксовании из (2.6) при  $\varphi_{\text{КР}} = \varphi_{\text{КРД}}$  из (2.9).

$$\eta_{\text{Т0}} = 0,88 \cdot \left( \frac{0,56}{0,56 + 0,06} \right) \cdot \left( 1 - \frac{0,0089 \cdot 0,56}{0,777 - 0,56} \right) = 0,88 \cdot 0,90 \cdot 0,98 = 0,78$$

$$\eta_{\text{ТД}} = 0,88 \cdot \left( \frac{0,66}{0,66 + 0,06} \right) \cdot \left( 1 - \frac{0,0089 \cdot 0,66}{0,777 - 0,66} \right) = 0,88 \cdot 0,92 \cdot 0,95 = 0,76$$

При  $\varphi_{\text{КР}} = \varphi_{\text{КР0}}$  можно определить также буксование  $\delta_0$ , соответствующее максимуму тягового КПД трактора:

$$\delta_0 = \frac{a \cdot \varphi_{\text{КР0}}}{b - \varphi_{\text{КР0}}}. \quad (2.12)$$

$$\delta_0 = \frac{0,0089 \cdot 0,56}{0,777 - 0,56} = \frac{0,004984}{0,217} = 0,023$$

Для определения энергосберегающего диапазона рабочих скоростей трактора  $V_O$  и  $V_D$ , соответствующих  $P_{KPO}$  и  $P_{KPD}$ , воспользуемся с учетом (2.3) равенством

$$P_{KP} = P_K - 10^{-3} \cdot m \cdot g \cdot f = \frac{N_H \cdot \epsilon_N \cdot \eta_{TP}}{v_T} - 10^{-3} \cdot m \cdot g \cdot f, \quad (2.13)$$

где  $N_H$  – номинальная мощность двигателя трактора (выбирается из табл. 2.1),

кВт;  $\epsilon_N$  – коэффициент загрузки двигателя;

$v_T$  – теоретическая скорость трактора, м/с.

Рабочая  $V$  и теоретическая  $v_T$  скорости связаны соотношением

$$V = v_T (1 - \delta). \quad (2.14)$$

Приближенно с учетом данных таблицы 1.2 из задания 1 для  $\epsilon_N$  можно принять значение  $\epsilon_N = 0,90$ .

Значения скоростей  $V_O$  и  $V_D$  на основании формул (2.13), (2.14) определяются из равенств:

$$v_O = \frac{N_H \cdot \epsilon_N \cdot \eta_{TP} \cdot (1 - \delta_O)}{P_{KPO} + 10^{-3} \cdot m \cdot g \cdot f} = \frac{\Theta \cdot \epsilon_N \cdot \eta_{TP} \cdot (1 - \delta_O)}{g \cdot (\varphi_{KPO} + f)}; \quad (2.15)$$

$$V_O = \frac{11 \cdot 0,9 \cdot 0,88 \cdot (1 - 0,023)}{9,81 \cdot (0,56 + 0,06)} = \frac{8,51}{6,08} = 1,40 \text{ м/с}$$

$$v_{\text{д}} = \frac{N_{\text{н}} \cdot \varepsilon_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot (1 - \delta_{\text{д}})}{P_{\text{крд}} + 10^{-3} \cdot m \cdot g \cdot f} = \frac{\mathcal{E} \cdot \varepsilon_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot (1 - \delta_{\text{д}})}{g \cdot (\varphi_{\text{крд}} + f)}, \quad (2.16)$$

$$V_{\text{д}} = \frac{11 \cdot 0,9 \cdot 0,88 \cdot (1 - 0,05)}{9,81 \cdot (0,66 + 0,06)} = \frac{8,23}{7,06} = 1,16 \text{ м/с}$$

где  $\mathcal{E}$  – энергонасыщенность трактора,  $\mathcal{E} = N_{\text{н}} / (10^{-3} \text{ м})$ , кВт/т.

Энергосберегающий диапазон скоростей при этом составит

$$V = V_{\text{д}} \dots V_{\text{о}}. \quad (2.17)$$

$$V = 1,16 \dots 1,40 \text{ м/с.}$$

Из полученных результатов следует, что энергосберегающий диапазон скоростей для однотипных тракторов на одинаковых почвенных фонах и при равных энергонасыщенностях будет один и тот же, что существенно облегчает практические расчеты.

Диапазоны энергосберегающих значений тяговых усилий  $R_{\text{кр}} = R_{\text{кро}} - R_{\text{крд}}$  и рабочих скоростей  $V = V_{\text{д}} - V_{\text{о}}$  показаны на рисунке 2.1 на примерной тяговой характеристике трактора.

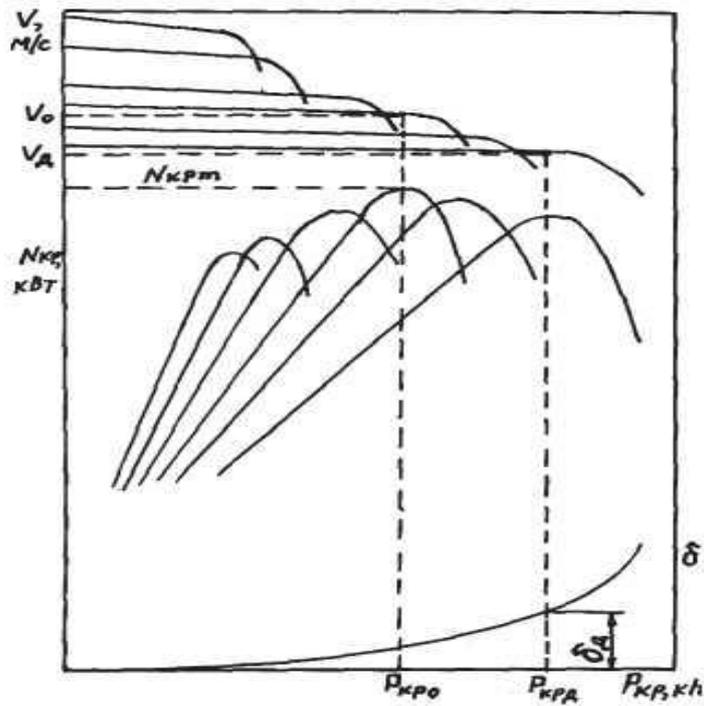


Рис. 2.1  
Общий вид тяговой характеристики трактора

Значения  $P_{кр0}$  и  $V_0$  примерно соответствуют передаче, на которой тяговая мощность  $N_{кр}$  имеет наибольшее значение  $N_{кр} = N_{крm}$ , а значения  $P_{крд}$  и  $V_d$  определяются при  $\delta = \delta_d$ , как показано на рисунке.

Если имеется опытная тяговая характеристика трактора на данном почвенном фоне, то приближенные значения  $P_{кр0}$ ,  $V_0$ ,  $\delta_0$  и  $P_{крд}$ ,  $V_d$ ,  $\delta_d$  выбираются непосредственно по тяговой характеристике, а значения  $\eta_{то}$  и  $\eta_{тд}$  рассчитываются по формулам:

$$\eta_{то} \approx \frac{N_{крm}}{N_H \cdot \epsilon_N}; \quad \eta_{тд} \approx \frac{P_{крд} \cdot V_d}{N_H \cdot \epsilon_H}. \quad (2.18)$$

Если описанный энергосберегающий режим работы трактора в диапазоне  $P_{кр} = P_{кр0} - P_{крд}$  не может быть реализован по агротехническим или другим причинам, то за пределы указанного диапазона можно переходить только при значениях  $P_{кр} < P_{кр0}$  и соответственно  $V > V_0$ , т. е. в сторону повышенных ско-

ростей при обеспечении требуемого качества работы. При необходимости возможен и переход на частичный режим работы двигателя, описанный в предыдущем задании. Во всех указанных случаях удельный расход энергии и топлива на единицу объема выполненной работы будет больше по сравнению с оптимальным режимом работы двигателя и трактора.

При выполнении данного задания на компьютере в качестве исследовательской студенческой работы следует получить закономерности изменения определяемых параметров и показателей работы трактора для всего диапазона изменения действующих факторов с последующим научным анализом и практическими рекомендациями под руководством преподавателя.

Например, можно проанализировать влияние на показатели работы трактора массы балласта, а также дополнительной нагрузки на ходовую часть трактора, создаваемой устройствами типа гидроувеличителя сцепного веса (ГСВ).

Для этого в соответствующих равенствах эксплуатационный вес трактора  $G=10^{-3}mg$  упрощенно следует представить в виде

$$G= 10^{-3}g(m_0+ m_\delta) + P_\Gamma, \quad (2.19)$$

где  $m_\delta$  – общая масса балластных грузов, кг;

$P_\Gamma$  – нормальная нагрузка на ходовую часть трактора, создаваемая ГСВ, кН;

$m_0$  – эксплуатационная масса трактора без балластных грузов, кг.

Изменяя  $m_\delta$  и  $P_\Gamma$  в соответствующих пределах, можно обосновать желаемый энергосберегающий режим работы трактора.

При более точных расчетах, естественно, следует учитывать перераспределение веса трактора между осями и другие факторы, включая вопросы устойчивости и управляемости в соответствии с теорией трактора.

## Отчет

Результаты расчетов по пунктам, включая исходные данные, представить в виде таблицы 2.4.

Таблица 2.4

### Результаты расчетов

№ пункта	Наименование и обозначение показателя или параметра	Результат расчета с указанием размерности
1	Трактор	Т-4А.01
2	Мощность, $N_H$	99,3, кВт
3	Эксплуатационная масса, $m$	9010, кг
4	Тяговый класс	40, кН
5	Энергонасыщенность, $\Theta$	11,0 кВт/т
6	Диапазон номинальных тяговых усилий, $R_{KPH}$	36...45 кН
7	Номинальное тяговое усилие, $R_{KPH}$	44,2 кН
8	Коэффициент использования эксплуатационного веса трактора, $\Phi_{KP}$	0,5
9	КПД, учитывающий потери мощности на самоперемещение, $\eta_f$	0,89
10	Буксование движителей, $\delta$	0,016
11	КПД, учитывающий потери мощности на буксование, $\eta_\delta$	0,98
12	Тяговый КПД трактора, $\eta_T$	0,77
13	$S$	0,87
14	$d$	0,66
15	Оптимальное значение $\Phi_{KPO}$	0,56
16	Оптимальное тяговое усилие, $R_{KPO}$	49,5 кН
17	Допускаемое значение $\Phi_{KPD}$	0,66
18	Допускаемое тяговое усилие, $R_{KPD}$	58,3 кН
19	Энергосберегающий диапазон тяговых усилий, $R_{KPO} \dots R_{KPD}$	49,5...58,3 кН

## Продолжение таблицы

20	Максимальное значение тягового КПД трактора, $\eta_{\text{Том}}$	0,78
21	Допускаемое значение тягового КПД трактора, $\eta_{\text{Тд}}$	0,76
22	Буксование, $\delta_{\text{О}}$	0,023
23	Оптимальная рабочая скорость, $V_{\text{О}}$	1,4 м/с
24	Допускаемая рабочая скорость, $V_{\text{д}}$	1,16 м/с
25	Энергосберегающий диапазон рабочих скоростей, $V_{\text{д}} - V_{\text{О}}$	1,16...1,4 м/с

## 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 ПОКАЗАТЕЛИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРАКТОРОВ.  
ОБОСНОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ  
И ПОЧВОЗАЩИТНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ**

Учебно-методическое пособие для выполнения  
практической работы № 2  
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. № 6878.

---

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